O'REILLY®

Python и DevOps

Ключ к автоматизации Linux

Ной Гифт, Кеннеди Берман
Альфредо Деза, Григ Георгиу

Python for DevOps

Learn Ruthlessly Effective Automation

Noah Gift, Kennedy Behrman,
Alfredo Deza, and Grig Gheorghiu

Beijing • Boston • Farnham • Sebastopol • Tokyo

O'REILLY®

Python и DevOps

Ключ к автоматизации Linux

Ной Гифт, Кеннеди Берман
Альфредо Деза, Григ Георгиу

ПИТЕР®

Санкт-Петербург • Москва • Минск

2022

ББК 32.973.2-018.1
УДК 004.43
П12

Ной Гифт, Кеннеди Берман, Альфредо Деза, Григ Георгиу

П12 Python и DevOps: Ключ к автоматизации Linux. — СПб.: Питер, 2022. — 544 с.: ил. — (Серия «Бестселлеры O'Reilly»).

ISBN 978-5-4461-2929-4

За последнее десятилетие технологии сильно изменились. Данные стали хитом, облака — вездесущими, и всем организациям понадобилась автоматизация. В ходе таких преобразований Python оказался одним из самых популярных языков программирования. Это практическое руководство научит вас использовать Python для повседневных задач администрирования Linux с помощью наиболее удобных утилит DevOps, включая Docker, Kubernetes и Terraform.

16+ (В соответствии с Федеральным законом от 29 декабря 2010 г. № 436-ФЗ.)

ББК 32.973.2-018.1
УДК 004.43

ISBN 978-1492057697 англ.

Authorized Russian translation of the English edition of Python for DevOps
ISBN 9781492057697

ISBN 978-5-4461-2929-4

Краткое содержание

Оглавление

Предисловие

Однажды, когда Ной[1] купался, его накрыла волна и, не дав вдохнуть, потащила в открытый океан. Лишь только он смог вдохнуть немного воздуха, его накрыла следующая, почти отняв остатки сил. И потащила еще дальше. Только он начал переводить дух, еще одна волна рухнула сверху. Чем больше он сопротивлялся волнам, тем больше тратил сил. В какой-то момент Ной засомневался, что ему удастся выжить: ему нечем было дышать, все тело болело, и он в ужасе думал, что вот-вот утонет. Близость смерти помогла ему сфокусироваться на единственном, что могло его спасти: нужно беречь силы и не бороться с волнами, а использовать их силу.

Участие в стартапе, где не практикуют DevOps, во многом напоминает этот день на пляже. Существуют проекты, в которых разработчикам приходится гореть на работе месяцами: все делается вручную, оповещения будят их каждую ночь, не позволяя выспаться. Единственный выход из этой трясины — внедрить DevOps.

Нужно сделать один шажок в правильную сторону, потом еще один, и так до тех пор, пока не наступит ясность. Во-первых, настройте сервер сборки, начните тестировать код и автоматизируйте выполняемые вручную задачи. Делайте хоть что-то, что угодно, главное — делайте. Выполните первое действие правильно и не забудьте про автоматизацию.

Зачастую стартапы и прочие компании попадают в ловушку «поиска супергероев». «Нам нужен специалист по производительности», потому что он решит наши проблемы с производительностью. «Нам нужен директор по прибыли», потому что он решит все наши проблемы с продажами. «Нам нужны специалисты по DevOps», потому что они решат наши проблемы с развертыванием.

Ной рассказывает: «В одной компании я работал над проектом с отставанием от графика более чем на год, причем веб-приложение переписывали трижды на различных языках программирования. Для завершения очередной версии всего лишь нужен был “специалист по производительности”. Я помню, что был единственным

[1] Один из авторов этой книги. — *Примеч. пер.*

достаточно храбрым или глупым, чтобы задать вопрос: “А кто такой специалист по производительности?” Мне ответили: “Это специалист, который отвечает за работу системы в целом”. В этот момент я понял, что они искали супергероя, который их спасет. Синдром найма супергероев — лучший способ понять, что с новым программным продуктом или стартапом что-то сильно не так. Никакой новый сотрудник не спасет компанию, если сначала она не спасет себя сама».

В других компаниях Ною также приходилось слышать похожие фразы: «Если бы нам только удалось нанять ведущего специалиста по Erlang», или «Если бы нам только удалось нанять кого-нибудь, кто обеспечил бы нам прибыль», или «Если бы нам только удалось нанять разработчика на Swift» и т. д. Подобный наем — последнее, что нужно вашему стартапу или продукту. А на самом деле нужно выяснить, что же именно с ними не так настолько, что их может спасти только супергерой.

В компании, которая хотела нанять специалиста по производительности, оказалось, что реальная проблема заключалась в недостаточном техническом контроле. За него отвечали не те, кто должен был (и они перекрикивали тех, кто мог исправить ситуацию). Проблему удалось решить без всякого супергероя, достаточно оказалось убрать из проекта плохого исполнителя, прислушаться к сотруднику, который с самого начала знал, как можно решить проблему, убрать объявление о вакансии, совершать по одному правильному действию за раз и внедрить компетентное управление технологическим процессом.

Никто не спасет вас и ваш стартап, вы и ваша команда должны позаботиться о себе сами за счет качественной командной работы, качественного технологического процесса и веры в себя. Ваших проблем не решит наем новых сотрудников, выпутаться из них помогут только честность с самими собой, продуманное отношение к сложившейся ситуации, понимание того, как вы в ней оказались, и выполнение по одному правильному действию за раз. Единственный супергерой — вы сами.

Вашу компанию, как утопающего в штормовом океане, никто не спасет, кроме вас самих. Именно вы и ваши сотрудники — столь нужные компании супергерои.

Из хаоса можно выбраться, и эта книга научит вас, как это сделать. Приступим.

Что DevOps означает для авторов

Дать точное определение многим абстрактным понятиям индустрии разработки программного обеспечения очень непросто. Яркие примеры тем со множеством различных определений в зависимости от толкователя: облачные вычисления,

Agile и большие данные. Вместо того чтобы давать строгое определение DevOps, мы просто перечислим некоторые признаки наличия DevOps.

- Двустороннее сотрудничество между командами разработки (Dev) и эксплуатации (Ops).
- Полный цикл задач эксплуатации занимает минуты, максимум часы, а не дни, а то и недели.
- Активное участие разработчиков в поддержке продукта, в противном случае все возвращается к традиционному противостоянию разработчиков и специалистов по эксплуатации.
- Специалистам по эксплуатации необходимы навыки разработчиков, по крайней мере знание bash и Python.
- Разработчикам необходимы навыки эксплуатации — их обязанности не заканчиваются написанием кода, а касаются и развертывания системы в промышленной эксплуатации, и мониторинга уведомлений.
- Автоматизация, автоматизация и еще раз автоматизация. Без навыков разработки правильная автоматизация невозможна, как и без навыков эксплуатации.
- Идеальный вариант — разработчики на полном самообслуживании, по крайней мере в смысле развертывания кода.
- Реализация с использованием конвейеров CI/CD.
- GitOps.
- Двусторонний *всеохватный* обмен информацией между Dev и Ops (инструментарий, знания и т. д.).
- Непрерывная совместная работа в сферах проектирования, реализации и развертывания — и, конечно, автоматизация — никогда не будет успешной без сотрудничества.
- Не автоматизировано — значит не работает нормально.
- Культура: важнее технологический процесс, а не иерархия.
- Лучше микросервисы, а не монолитная архитектура.
- Система непрерывного развертывания — душа и сердце команды разработчиков ПО.
- Никаких супергероев.
- Непрерывная поставка — не один из возможных вариантов, а необходимость.

Как пользоваться этой книгой

Читать эту книгу можно в любом порядке. Можете открыть любую главу, какую хотите, — вы найдете там что-то полезное для своей работы. Если у вас уже есть опыт программирования на языке Python, можете пропустить главу 1. Если вам интересны истории из практики и ситуационный анализ, а также интервью, можете сначала заглянуть в главу 16.

Основные темы

Содержимое книги разбито на несколько основных тем. Первая их группа — «Основы языка Python», охватывающая краткое вступление в этот язык, а также автоматизацию обработки текста, написание утилит командной строки и автоматизацию работы с файлами.

Далее идет условный раздел «Эксплуатация», включающий описание полезных утилит Linux, управление пакетами, системы сборки, мониторинг и автоматизированное тестирование. Все эти вопросы жизненно важны для овладения искусством применения DevOps на практике.

Следующий раздел — «Основы облачных вычислений», он включает главы, посвященные облачным вычислениям, инфраструктуре как коду, Kubernetes и бессерверной обработке данных. Сейчас в индустрии программного обеспечения наметился определенный кризис, связанный с нехваткой перспективных кадров, умеющих работать в облаке. Когда вы овладеете информацией из этого раздела, то немедленно ощутите результат на своей зарплате и в карьере.

Далее идет раздел «Данные», в котором мы рассмотрим задачи как машинного обучения, так и инженерии данных с точки зрения DevOps. Здесь вы также найдете полноценное, от а до я, описание проекта машинного обучения: создание, развертывание и ввод в эксплуатацию модели машинного обучения с помощью Flask, Sklearn, Docker и Kubernetes.

Последний раздел — глава 16 — посвящен ситуационному анализу, интервью и историям из практики DevOps. Эта глава — прекрасное чтение на сон грядущий.

Основы языка Python

- Глава 1. Основы Python для DevOps.
- Глава 2. Автоматизация работы с файлами и файловой системой.
- Глава 3. Работа с командной строкой.

Эксплуатация

- Глава 4. Полезные утилиты Linux.
- Глава 5. Управление пакетами.
- Глава 6. Непрерывная интеграция и непрерывное развертывание.
- Глава 7. Мониторинг и журналирование.
- Глава 8. Pytest для DevOps.

Основы облачных вычислений

- Глава 9. Облачные вычисления.
- Глава 10. Инфраструктура как код.
- Глава 11. Контейнерные технологии: Docker и Docker Compose.
- Глава 12. Координация работы контейнеров: Kubernetes.
- Глава 13. Технологии бессерверной обработки данных.

Данные

- Глава 14. MLO и разработка ПО для машинного обучения.
- Глава 15. Инженерия данных.

Ситуационный анализ

- Глава 16. Истории из практики DevOps и интервью.

Условные обозначения

В книге используются следующие шрифтовые соглашения.

Курсив

Отмечает новые термины.

Рубленый шрифт

Им обозначены URL и адреса электронной почты.

`Моноширинный шрифт`

Используется для листингов программ.

`Жирный моноширинный шрифт`

Представляет собой команды или другой текст, который должен быть в точности набран пользователем.

Моноширинный курсив

Отмечает текст, который необходимо заменить пользовательскими значениями или значениями, определяемыми контекстом.

`Еще один моноширинный шрифт`

Используется внутри абзацев для имен и расширений файлов, ссылки на элементы программ, такие как переменные или имена функций, базы данных, переменные окружения, операторы и ключевые слова.

Данный символ означает совет или указание.

Это общее примечание.

Такой символ указывает на предупреждение или предостережение.

Использование примеров кода

Дополнительные материалы (примеры кода, упражнения и т. д.) доступны для скачивания по адресу https://pythondevops.com. Можете также посмотреть на материалы по DevOps, близкие к коду, приведенному в книге, на канале YouTube Pragmatic AI Labs (https://oreil.ly/QIYte).

По поводу любых технических вопросов и проблем, возникших у вас при использовании примеров кода, пожалуйста, пишите по адресу электронной почты technical@pythondevops.com.

Эта книга создана, чтобы помочь вам делать вашу работу. В целом, если к книге прилагается какой-либо пример кода, можете применять его в своих программах и документации. Обращаться к нам за разрешением нет необходимости, разве что вы копируете значительную часть кода. Например, написание программы, использующей несколько фрагментов кода из этой книги, не требует отдельного разрешения. Для продажи или распространения компакт-диска с примерами из книг O'Reilly, конечно, разрешение нужно. Ответ на вопрос путем цитирования

этой книги, в том числе примеров кода, не требует разрешения. Включение значительного количества кода примеров из этой книги в документацию вашего программного продукта — требует.

Мы ценим, хотя и не требуем, ссылки на первоисточник. В ссылку входят название, автор, издательство и ISBN, например: «Ной Гифт, Кеннеди Берман, Альфредо Деза, Григ Георгиу. Python и DevOps: ключ к автоматизации Linux. — СПб.: Питер, 2022, 978-5-4461-2929-4».

Если вам кажется, что использование вами примеров кода выходит за рамки правомерного применения или данного ранее разрешения, не стесняйтесь, связывайтесь с нами по адресу permissions@oreilly.com.

У этой книги есть своя веб-страница со списком ошибок, примерами и прочей дополнительной информацией. Найти ее можно по адресу https://oreil.ly/python-for-devops.

Благодарности

Для начала мы хотели бы поблагодарить двух основных научных редакторов данной книги.

Уэс Новак (Wes Novack) — архитектор и специалист по общедоступным облачным системам, а также приложениям SaaS интернет-масштаба. Он отвечает за проектирование, создание сложных систем с инфраструктурой высокой доступности, конвейерами непрерывной поставки и быстрым выпуском версий в рамках больших многоязычных экосистем микросервисов, размещаемых в AWS и GCP, и управление ими. Уэс использует в своей работе множество языков программирования, фреймворков и утилит для описания инфраструктуры как кода, автоматизации и устранения рутинных операций. Он принимает активное участие в деятельности технологического сообщества, в частности в обучении, семинарах и конференциях, кроме того, ему принадлежит видеокурс Pluralsight. Уэс — ярый сторонник методологии CALMS для DevOps: культура (Culture), автоматизация (Automation), бережливость (Lean), измерения (Measurement) и совместное использование (распространение знаний) (Sharing). Вы можете найти его в Twitter (@WesleyTech) или посетить личный блог (https://wesnovack.com).

Брэд Андерсен (Brad Andersen) — разработчик и архитектор программного обеспечения, работающий в сфере проектирования и разработки ПО уже 30 лет, всегда выступающий в роли катализатора изменений и внедрения новшеств. Он играл роли руководителя и разработчика в самых разных компаниях, от стартапов до корпораций. В настоящее время Брэд получает степень магистра науки о данных

в Калифорнийском университете в Беркли. Больше информации вы можете найти в профиле Брэда на LinkedIn (https://www.linkedin.com/in/andersen-bradley).

Мы также хотели бы поблагодарить Джереми Яброу (Jeremy Yabrow) и Колина Б. Эрдмана (Colin B. Erdman) за их вклад в виде замечательных идей и различных отзывов.

Ной

Я хотел бы поблагодарить моих соавторов Грига, Кеннеди и Альфредо. Было замечательно работать с такой эффективной командой.

Кеннеди

Спасибо моим соавторам, работать с вами было одно удовольствие. И спасибо моей семье за терпение и понимание.

Альфредо

В 2010 году — за девять лет до написания этой книги — я получил свою первую работу — стал разработчиком программного обеспечения. Мне был 31 год, у меня не было ни высшего образования, ни опыта работы. Эта работа означала меньшие деньги и отсутствие медицинской страховки, но я очень многому научился, познакомился с замечательными людьми и набрался опыта благодаря своей целеустремленности. Я не смог бы добиться ничего из этого без тех, кто давал мне разные возможности и указывал верное направление движения.

Спасибо Крису Бенсону (Chris Benson), разглядевшему во мне тягу к знаниям и всегда находившему возможности сотрудничать со мной.

Спасибо Алехандро Кадавиду (Alejandro Cadavid), осознавшему, что я способен исправлять то, чем никто больше не хотел заниматься. Вы помогли мне получить работу, когда никто (включая меня самого) не верил, что я могу пригодиться.

Карлос Коль (Carlos Coll) привел меня в программирование и не позволил уйти, даже когда я хотел. Умение программировать изменило всю мою жизнь, а у Карлоса хватило терпения подталкивать меня учиться дальше и довести мою первую программу до промышленной эксплуатации.

Джони Бентон (Joni Benton), спасибо за веру в меня и помощь в получении мной первого постоянного места работы.

Спасибо Джонатану Лакуру (Jonathan LaCour), начальнику, который до сих пор вдохновляет меня добиваться большего. Ваши советы всегда были очень ценны для меня.

Ной, спасибо за дружбу и наставления, ты всегда был для меня колоссальным источником вдохновения. Мне всегда нравилось работать с тобой, как тогда, когда мы восстанавливали инфраструктуру с нуля. Твое терпеливое руководство тогда, когда я еще ничего не знал про Python, изменило всю мою жизнь.

Наконец, огромная благодарность моей семье. Моей жене Клаудии, никогда не сомневавшейся в моей способности учиться и совершенствоваться, за великодушие и понимание во время всей подготовки к написанию этой книги. Моим детям, Эфраину, Игнасио и Алане: я люблю вас всех.

Григ

Спасибо всем создателям программного обеспечения с открытым исходным кодом. Без них наши работы были бы намного менее яркими и приносили меньше удовольствия. Спасибо также всем, кто открыто делится своими знаниями. Наконец, хотел бы поблагодарить моих соавторов. Я получил от нашей совместной работы настоящее удовольствие.

От издательства

Ваши замечания, предложения, вопросы отправляйте по адресу comp@piter.com (издательство «Питер», компьютерная редакция).

Мы будем рады узнать ваше мнение!

На веб-сайте издательства www.piter.com вы найдете подробную информацию о наших книгах.

ГЛАВА 1

Основы Python для DevOps

DevOps — сочетание разработки программного обеспечения с IT-задачами — в последнее десятилетие обрело большую популярность. Традиционные границы между разработкой программного обеспечения, его развертыванием, сопровождением и контролем качества все больше размываются, приводя к тесной интеграции различных групп специалистов. Python — язык программирования, популярный как в среде традиционных IT-задач, так и в DevOps благодаря сочетанию гибкости, широких возможностей и простоты использования.

Язык программирования Python появился в начале 1990-х и изначально предназначался для системного администрирования. В этой сфере он приобрел большую популярность и применяется очень широко. Python представляет собой универсальный язык программирования и используется практически во всех предметных областях, даже в киноиндустрии для создания спецэффектов. А совсем недавно он стал фактически основным языком науки о данных и машинного обучения. Он присутствует повсюду, от авиации до биоинформатики. Python включает обширный инструментарий, охватывающий все нужды его пользователей. Изучение стандартной библиотеки Python, поставляемой с любым дистрибутивом Python-функциональности, потребовало бы огромных усилий. А изучить все сторонние библиотеки, оживляющие экосистему Python, — поистине необъятная задача. К счастью, этого не требуется. Можно с большим успехом практиковать DevOps, изучив лишь малую толику Python.

В этой главе мы, основываясь на многолетнем опыте применения Python для DevOps, рассмотрим только необходимые элементы этого языка. Некоторые части Python составляют инструментарий, необходимый для решения ежедневных задач DevOps. После изучения этих основ вы сможете в следующих главах перейти к более продвинутым инструментам.

Установка и запуск Python

Чтобы опробовать в работе код из этой главы, вам понадобятся Python версии 3.7 или более поздней[1] и доступ к командной оболочке. В macOS X, Windows и большинстве дистрибутивов Linux для доступа к командной оболочке достаточно открыть терминал. Чтобы узнать используемую версию Python, откройте командную оболочку и наберите команду `python --version`:

```
$ python --version
Python 3.8.0
```

Скачать установочные пакеты Python можно непосредственно с сайта Python.org (https://www.python.org/downloads). Можно также воспользоваться системой управления пакетами, например Apt, RPM, MacPorts, Homebrew, Chocolatey и др.

Командная оболочка Python

Простейший способ работы с Python — воспользоваться встроенным интерактивным интерпретатором. Просто набрав в командной оболочке `python`, вы сможете интерактивно выполнять операторы Python. Для выхода из командной оболочки наберите `exit()`:

```
$ python
Python 3.8.0 (default, Sep 23 2018, 09:47:03)
[Clang 9.0.0 (clang-900.0.38)] on darwin
Type "help", "copyright", "credits" or "license" for more information.
>>> 1 + 2
3
>>> exit()
```

Сценарии Python

Код Python выполняется из файла с расширением `.py`:

```
# Мой первый сценарий Python
print('Hello world!')
```

Сохраните этот код в файле `hello.py`. Для вызова этого сценария наберите в командной оболочке `python` с последующим именем файла:

```
$ python hello.py
Hello world!
```

[1] По состоянию на сентябрь 2021 г. текущая стабильная версия — 3.9.7. — *Примеч. пер.*

Большая часть кода Python в промышленной эксплуатации выполняется именно в виде сценариев Python.

IPython

Помимо встроенной интерактивной командной оболочки, код Python позволяет выполнять несколько сторонних интерактивных командных оболочек. Одна из наиболее популярных — IPython (https://ipython.org). Возможности IPython включают *интроспекцию* (динамическое получение информации об объектах), подсветку синтаксиса, специальные *магические* команды (которые мы обсудим далее в этой главе) и многое другое, превращая изучение Python в сплошное удовольствие. Для установки IPython можно использовать систему управления пакетами Python `pip`:

```
$ pip install ipython
```

Ее запуск аналогичен запуску встроенной интерактивной командной оболочки, описанному в предыдущем разделе:

```
$ ipython
Python 3.8.0 (default, Sep 23 2018, 09:47:03)
Type 'copyright', 'credits' or 'license' for more information
IPython 7.5.0 -- An enhanced Interactive Python. Type '?' for help.
In [1]: print('Hello')
Hello

In [2]: exit()
```

Блокноты Jupiter

Отпочковавшийся от проекта IPython проект Jupiter позволяет работать со специальными документами, включающими текст, код и визуализации. Эти документы дают возможность сочетать выполнение кода, вывод результатов работы и форматирование текста. Jupiter позволяет сопровождать код документацией. Он стал популярен повсеместно, особенно в мире науки о данных. Установить Jupiter и запустить блокноты можно вот так:

```
$ pip install jupyter
$ jupyter notebook
```

Эта команда открывает веб-браузер и отображает текущий рабочий каталог. А там уже вы сможете открывать имеющиеся блокноты разрабатываемого проекта или создавать новые.

Процедурное программирование

Если вы хоть немного сталкивались с программированием, то наверняка слышали термины «объектно-ориентированное программирование» (ООП) и «функциональное программирование» — так называются две различные архитектурные парадигмы организации программ. В качестве стартовой точки парадигма процедурного программирования, одна из самых простых, подходит прекрасно. *Процедурное программирование* (procedural programming) означает описание инструкций компьютеру в виде упорядоченной последовательности:

```
>>> i = 3
>>> j = i +1
>>> i + j
7
```

Как видите, в этом примере приведены три оператора, выполняемых по порядку, от первой строки до последней. Каждый из них использует сформированное предыдущими операторами состояние. В данном случае первый оператор присваивает переменной `i` значение `3`. Во втором операторе значение этой переменной применяется для присваивания значения переменной `j`, а в третьем значения обеих переменных складываются. Пусть вас не волнуют детали синтаксиса этих операторов, обратите внимание только на то, что они выполняются по порядку и зависят от состояния, сформированного предыдущими операторами.

Переменные

Переменная — это имя, указывающее на какое-то значение. В предыдущем примере встречались переменные `i` и `j`. Переменным в языке Python можно присваивать новые значения:

```
>>> dog_name = 'spot'
>>> dog_name
'spot'
>>> dog_name = 'rex'
>>> dog_name
'rex'
>>> dog_name = 't-' + dog_name
>>> dog_name
't-rex'
>>>
```

Типизация переменных языка Python динамическая. На практике это означает, что им можно повторно присваивать значения, относящиеся к другим типам или классам:

```
>>> big = 'large'
>>> big
'large'
>>> big = 1000*1000
>>> big
1000000
>>> big = {}
>>> big
{}
```

В данном случае одной и той же переменной присваиваются строковое значение, числовое, а затем ассоциативный массив. Переменным можно повторно присваивать значения любого типа.

Основные математические операции

Для основных математических операций — сложения, вычитания, умножения и деления — существуют встроенные математические операторы:

```
>>> 1 + 1
2
>>> 3 - 4
-1
>>> 2*5
10
>>> 2/3
0.6666666666666666
```

Символ // служит для целочисленного деления. Символ ** означает возведение в степень, а % — оператор взятия остатка от деления:

```
>>> 5/2
2.5
>>> 5//2
2
>>> 3**2
9
>>> 5%2
1
```

Комментарии

Комментарии — текст, который интерпретатор Python игнорирует. Они удобны для документирования кода, некоторые сервисы умеют собирать их для создания отдельной документации. Однострочные комментарии отделяются указанием перед ними символа # и могут начинаться как в начале строки, так

и в любом месте в ней. Все символы от # до символа новой строки — это часть комментария:

```
# Комментарий
1 + 1 # Комментарий, следующий за оператором
```

Многострочные комментарии заключаются в блоки, начинающиеся и заканчивающиеся символами """ или ''':

```
"""
Многострочный
комментарий.
"""

'''
Этот оператор также представляет собой
многострочный комментарий
'''
```

Встроенные функции

Функции — это сгруппированные операторы. Вызывается функция путем ввода ее имени с последующими скобками. Внутри них указываются принимаемые функцией аргументы (при их наличии). В языке Python есть множество встроенных функций. Две из числа наиболее часто используемых встроенных функций — `print` и `range`.

Print

Функция `print` генерирует видимую пользователям программы информацию. В интерактивной среде она не очень полезна, но при написании сценариев Python это важнейший инструмент. В предыдущем примере аргумент функции `print` выводится в консоль при запуске сценария:

```
# Мой первый сценарий Python
print("Hello world!")
```

```
$ python hello.py
Hello world!
```

С помощью функции `print` можно просматривать значения переменных или предоставлять обратную связь о состоянии программы. Функция `print` обычно выводит информацию в стандартный поток вывода, отображаемый в командной оболочке.

Range

Хотя range — одна из встроенных функций, формально это вообще не функция, а тип, служащий для представления последовательности чисел. При вызове конструктора range() возвращается представляющий последовательность чисел объект. Функция range принимает до трех целочисленных аргументов. При указании лишь одного аргумента последовательность состоит из чисел от нуля до этого аргумента, не включая его. Второй аргумент (при его наличии) отражает точку, с которой вместо нуля начинается последовательность. Третий аргумент служит для указания шага последовательности, по умолчанию равен 1:

```
>>> range(10)
range(0, 10)
>>> list(range(10))
[0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9]
>>> list(range(5, 10))
[5, 6, 7, 8, 9]
>>> list(range(5, 10, 3))
[5, 8]
>>>
```

Требования к оперативной памяти функции range невелики даже для больших последовательностей, ведь хранить нужно только значения начала, конца и шага последовательности. Функция range может проходить по большим последовательностям чисел без снижения быстродействия.

Контроль выполнения

В языке Python есть множество конструкций для управления потоком выполнения операторов. Операторы, которые нужно выполнять вместе, можно группировать в блоки кода, которые можно выполнять многократно с помощью циклов for и while либо только при определенных условиях с помощью оператора if, цикла while или блоков try-except. Применение подобных конструкций — первый шаг к подлинной реализации возможностей программирования. В различных языках программирования разграничение блоков кода определяется разными соглашениями. Во многих C-подобных языках (очень важный язык, использовавшийся при написании операционной системы Unix) блок описывается путем заключения группы операторов в круглые скобки. В Python для этой цели применяются отступы. Операторы группируются по числу отступов в блоки, выполняемые как единое целое.

Интерпретатору Python неважно, формируете вы отступы кода пробелами или символами табуляции, главное — единообразие. Впрочем, руководство PEP-8 по стилю написания кода Python (https://oreil.ly/b5yU4) рекомендует отделять уровни отступов с помощью четырех пробелов.

if/elif/else

Операторы `if/elif/else` — распространенное средство выбора веток кода. Следующий непосредственно за оператором `if` блок кода выполняется, если значение условия оператора равно `True`:

```
>>> i = 45
>>> if i == 45:
...     print('i is 45')
...
...
i is 45
>>>
```

Здесь использовался оператор `==`, возвращающий `True`, если его операнды равны между собой, и `False` в противном случае. За этим блоком может следовать необязательный оператор `elif` или `else` со своим блоком, который в случае оператора `elif` выполняется, только если условие `elif` равно `True`:

```
>>> i = 35
>>> if i == 45:
...     print('i is 45')
... elif i == 35:
...     print('i is 35')
...
...
i is 35
>>>
```

При желании можно расположить друг за другом несколько выражений `elif`. Это напоминает множественный выбор с помощью операторов `switch` в других языках программирования. Добавление оператора `else` в конце позволяет выполнять блок только в том случае, если ни одно из предыдущих условий не равно `True`:

```
>>> i = 0
>>> if i == 45:
...     print('i is 45')
... elif i == 35:
...     print('i is 35')
... elif i > 10:
```

```
...     print('i is greater than 10')
... elif i%3 == 0:
...     print('i is a multiple of 3')
... else:
...     print('I don't know much about i...')
...
...
i is a multiple of 3
>>>
```

Операторы `if` могут быть вложенными, с содержащими операторы `if` блоками, которые выполняются только в том случае, если условие во внешнем операторе `if` равно `True`:

```
>>> cat = 'spot'
>>> if 's' in cat:
...     print("Found an 's' in a cat")
...     if cat == 'Sheba':
...         print("I found Sheba")
...     else:
...         print("Some other cat")
... else:
...     print(" a cat without 's'")
...
...
Found an 's' in a cat
Some other cat
>>>
```

Циклы for

Циклы `for` позволяют повторять выполнение блока операторов (блока кода) столько раз, сколько содержится элементов в *последовательности* (упорядоченной группе элементов). При проходе в цикле по последовательности блок кода обращается к текущему элементу. Чаще всего циклы используются для прохода по объекту `range` для выполнения какой-либо операции заданное число раз:

```
>>> for i in range(10):
...     x = i*2
...     print(x)
...
...
0
2
4
6
```

```
8
10
12
14
16
18
>>>
```

В этом примере блок кода имеет следующий вид:

```
...     x = i*2
...     print(x)
```

Этот код выполняется десять раз, причем переменной `i` каждый раз присваивается следующий элемент последовательности целых чисел из диапазона 0–9. Циклы `for` подходят для обхода любых типов последовательностей Python, как вы увидите далее в этой главе.

continue

Оператор `continue` позволяет пропустить один шаг в цикле и перейти сразу к очередному элементу последовательности:

```
>>> for i in range(6):
...     if i == 3:
...         continue
...     print(i)
...
...
0
1
2
4
5
>>>
```

Циклы while

Цикл `while` повторяет выполнение блока кода до тех пор, пока условное выражение равно `True`:

```
>>> count = 0
>>> while count < 3:
...     print(f"The count is {count}")
...     count += 1
...
```

```
...
The count is 0
The count is 1
The count is 2
>>>
```

Главное — задать условие выхода из такого цикла, в противном случае он будет выполняться до тех пор, пока программа не завершится аварийно. Для этого можно, например, задать такое условное выражение, которое в конце концов окажется равным `False`. Либо воспользоваться оператором `break` для выхода из цикла с помощью вложенного условного оператора:

```
>>> count = 0
>>> while True:
...     print(f"The count is {count}")
...     if count > 5:
...         break
...     count += 1
...
...
The count is 0
The count is 1
The count is 2
The count is 3
The count is 4
The count is 5
The count is 6
>>>
```

Обработка исключений

Исключения — ошибки, которые могут привести к фатальному сбою программы, если их не обработать должным образом (перехватить). Благодаря их перехвату с помощью блока `try-except` программа может продолжить работу. Для создания такого блока необходимо добавить отступы к блоку, в котором может возникнуть исключение, поместить перед ним оператор `try`, а после него — оператор `except`. За ним будет следовать блок кода, который должен выполняться при возникновении ошибки:

```
>>> thinkers = ['Plato', 'PlayDo', 'Gumby']
>>> while True:
...     try:
...         thinker = thinkers.pop()
...         print(thinker)
...     except IndexError as e:
...         print("We tried to pop too many thinkers")
```

```
...         print(e)
...         break
...
...
...
Gumby
PlayDo
Plato
We tried to pop too many thinkers
pop from empty list
>>>
```

Существует множество встроенных исключений, например `IOError`, `KeyError` и `ImportError`. Во многих сторонних пакетах также описаны собственные классы исключений, указывающих на серьезные проблемы, так что перехватывать их имеет смысл, только если вы уверены, что соответствующая проблема не критична для вашего приложения. Можно указывать явным образом, какое исключение перехватывается. По возможности следует перехватывать как можно меньше видов исключений (в нашем примере исключение `IndexError`).

Встроенные объекты

В этом кратком обзоре мы не станем стремиться охватить ООП в целом. Впрочем, в языке Python есть немало встроенных классов.

Что такое объект

В ООП данные (состояние) и функциональность объединены. Для работы с объектами необходимо разобраться с такими понятиями, как *создание экземпляров классов* (class instantiation) — создание объектов на основе классов и *синтаксис с использованием точки* (dot syntax), служащий для доступа к атрибутам и методам объектов. В классе описываются атрибуты и методы, совместно используемые всеми его объектами. Его можно считать чем-то вроде чертежа автомобиля. На основе такого «чертежа» можно затем создавать экземпляры этого класса. Экземпляр класса (объект) — это конкретный автомобиль, построенный по такому чертежу.

```
>>> # Описываем класс для воображаемого описания воображаемых автомобилей
>>> class FancyCar():
...     pass
...
>>> type(FancyCar)
<class 'type'>
```

```
>>> # Создаем экземпляр воображаемого автомобиля
>>> my_car = FancyCar()
>>> type(my_car)
<class '__main__.FancyCar'>
```

Не волнуйтесь пока насчет создания собственных классов. Просто запомните, что любой объект представляет собой экземпляр какого-либо класса.

Методы и атрибуты объектов

Данные объектов хранятся в их атрибутах, представляющих собой прикрепленные к объектам или классам объектов переменные. Функциональность объектов описывается в *методах объекта* (методах, описанных для всех объектов класса) и *методах класса* (методах, относящихся к классу и совместно используемых всеми объектами данного класса), представляющих собой связанные с объектом функции.

В документации Python прикрепленные к объектам и классам функции называются методами.

У этих функций есть доступ к атрибутам объекта, они могут модифицировать и использовать его данные. Для вызова методов объекта или доступа к его атрибутам используется синтаксис с применением точки:

```
>>> # Описываем класс для воображаемого описания воображаемых автомобилей
>>> class FancyCar():
...     # Добавляем переменную класса
...     wheels = 4
...     # Добавляем метод
...     def driveFast(self):
...         print("Driving so fast")
...
...
...
>>> # Создаем экземпляр воображаемого автомобиля
>>> my_car = FancyCar()
>>> # Обращаемся к атрибуту класса
>>> my_car.wheels
4
>>> # Вызываем метод
>>> my_car.driveFast()
Driving so fast
>>>
```

В данном случае в нашем классе `FancyCar` описаны метод `driveFast` и атрибут `wheels`. Если создать экземпляр класса `FancyCar` под названием `my_car`, можно обращаться к его атрибуту и вызывать метод посредством синтаксиса с использованием точки.

Последовательности

Последовательности — семейство встроенных типов данных, включающее *списки* (list), *кортежи* (tuple), *диапазоны* (range), *строковые значения* (string) и *двоичные данные* (binary). Последовательности служат для представления упорядоченных конечных последовательностей элементов.

Операции над последовательностями

Существует множество операций, которые можно производить над любыми видами последовательностей. Мы рассмотрим некоторые наиболее распространенные операции.

С помощью операторов `in` и `not in` можно проверить, входит ли конкретный элемент в последовательность:

```
>>> 2 in [1,2,3]
True
>>> 'a' not in 'cat'
False
>>> 10 in range(12)
True
>>> 10 not in range(2, 4)
True
```

Ссылаться на содержимое последовательности можно по индексу. Для доступа к элементу, расположенному по какому-либо индексу, используются квадратные скобки с этим индексом в качестве аргумента. Индекс первого элемента — 0, второго — 1 и так далее вплоть до номера, на единицу меньшего, чем число элементов:

```
>>> my_sequence = 'Bill Cheatham'
>>> my_sequence[0]
'B'
>>> my_sequence[2]
'l'
>>> my_sequence[12]
'm'
```

Индексацию можно выполнять и с конца последовательности, а не с ее начала, указывая в качестве индекса отрицательные числа. Индекс последнего элемента `-1`, предпоследнего — `-2` и т. д.:

```
>>> my_sequence = "Bill Cheatham"
>>> my_sequence[-1]
'm'
>>> my_sequence[-2]
'a'
>>> my_sequence[-13]
'B'
```

Индекс элемента можно узнать с помощью метода `index`, который по умолчанию возвращает индекс первого вхождения конкретного элемента, но с помощью необязательных аргументов можно задать поддиапазон для поиска:

```
>>> my_sequence = "Bill Cheatham"
>>> my_sequence.index('C')
5
>>> my_sequence.index('a')
8
>>> my_sequence.index('a',9, 12)
11
>>> my_sequence[11]
'a'
>>>
```

Создать новую последовательность на основе существующей можно с помощью срезов. Получить срез заданной последовательности можно ее вызовом с указанием в квадратных скобках необязательных аргументов `start`, `stop` и `step`:

```
my_sequence[start:stop:step]
```

`start` — индекс первого элемента новой последовательности, `stop` — первый индекс за ее пределами, а `step` — расстояние между элементами. Все эти аргументы необязательны, если они не указаны, то заменяются значениями по умолчанию. В результате выполнения этого оператора генерируется копия исходной последовательности. Значение по умолчанию для `start` — 0, для `stop` — длина последовательности, а для `step` — 1. Обратите внимание на то, что если `step` не указан, то соответствующий символ `:` также можно опустить:

```
>>> my_sequence = ['a', 'b', 'c', 'd', 'e', 'f', 'g']
>>> my_sequence[2:5]
['c', 'd', 'e']
```

```
>>> my_sequence[:5]
['a', 'b', 'c', 'd', 'e']
>>> my_sequence[3:]
['d', 'e', 'f', 'g']
>>>
```

Для обратной (с конца последовательности) индексации можно использовать отрицательные числа:

```
>>> my_sequence[-6:]
['b', 'c', 'd', 'e', 'f', 'g']
>>> my_sequence[3:-1]
['d', 'e', 'f']
>>>
```

Существует множество операций для получения информации о последовательностях и их содержимом. `len` возвращает длину последовательности, `min` — наименьший элемент, `max` — наибольший элемент, а `count` — номер конкретного элемента в ней. Операции `min` и `max` применимы только к последовательностям, элементы которых сравнимы между собой. Запомните, что эти операции работают для любых типов последовательностей:

```
>>> my_sequence = [0, 1, 2, 0, 1, 2, 3, 0, 1, 2, 3, 4]
>>> len(my_sequence)
12
>>> min(my_sequence)
0
>>> max(my_sequence)
4
>>> my_sequence.count(1)
3
>>>
```

Списки

Списки — одна из наиболее часто используемых структур данных Python — представляют упорядоченный набор элементов произвольного типа. На синтаксис списка указывают квадратные скобки.

Для создания пустого списка или списка на основе другого конечного итерируемого объекта (например, другой последовательности) можно задействовать функцию `list()`:

```
>>> list()
[]
>>> list(range(10))
[0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9]
```

```
>>> list("Henry Miller")
['H', 'e', 'n', 'r', 'y', ' ', 'M', 'i', 'l', 'l', 'e', 'r']
>>>
```

Чаще всего встречаются списки, созданные непосредственно с помощью квадратных скобок. Элементы в них перечисляются явно. Напомним, что элементы списка могут относиться к различным типам данных:

```
>>> empty = []
>>> empty
[]
>>> nine = [0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9]
>>> nine
[0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9]
>>> mixed = [0, 'a', empty, 'WheelHoss']
>>> mixed
[0, 'a', [], 'WheelHoss']
>>>
```

Самый быстрый способ добавления отдельных элементов в список — присоединение (`append`) их в его конец. Менее быстрый способ, `insert`, позволяет вставлять элементы в любое место списка на ваше усмотрение:

```
>>> pies = ['cherry', 'apple']
>>> pies
['cherry', 'apple']
>>> pies.append('rhubarb')
>>> pies
['cherry', 'apple', 'rhubarb']
>>> pies.insert(1, 'cream')
>>> pies
['cherry', 'cream', 'apple', 'rhubarb']
>>>
```

С помощью метода `extend` можно добавить содержимое одного списка в конец другого:

```
>>> pies
['cherry', 'cream', 'apple', 'rhubarb']
>>> desserts = ['cookies', 'paste']
>>> desserts
['cookies', 'paste']
>>> desserts.extend(pies)
>>> desserts
['cookies', 'paste', 'cherry', 'cream', 'apple', 'rhubarb']
>>>
```

Наиболее эффективный и часто встречающийся способ удаления последнего элемента списка, с возвратом его значения — `pop`. В этот метод можно передать

индекс для удаления и возврата элемента, расположенного по этому индексу. Эта методика работает не так эффективно, поскольку список приходится индексировать заново:

```
>>> pies
['cherry', 'cream', 'apple', 'rhubarb']
>>> pies.pop()
'rhubarb'
>>> pies
['cherry', 'cream', 'apple']
>>> pies.pop(1)
'cream'
>>> pies
['cherry', 'apple']
```

Существует также метод `remove`, удаляющий первое вхождение указанного в списке элемента:

```
>>> pies.remove('apple')
>>> pies
['cherry']
>>>
```

Одна из самых впечатляющих характерных возможностей Python — *списковые включения* (list comprehensions) — позволяет использовать функциональность цикла `for` с помощью одной строки кода. Рассмотрим простой пример — возведение чисел от 0 до 9 в квадрат в цикле `for` и добавление их в конец списка:

```
>>> squares = []
>>> for i in range(10):
...     squared = i*i
...     squares.append(squared)
...
...
>>> squares
[0, 1, 4, 9, 16, 25, 36, 49, 64, 81]
>>>
```

Заменить этот код списковым включением можно следующим образом:

```
>>> squares = [i*i for i in range(10)]
>>> squares
[0, 1, 4, 9, 16, 25, 36, 49, 64, 81]
>>>
```

Обратите внимание на то, что сначала указывается функциональность внутреннего блока кода, за которой следует оператор `for`. В списковых включениях можно использовать условные операторы для фильтрации результатов:

```
>>> squares = [i*i for i in range(10) if i%2==0]
>>> squares
[0, 4, 16, 36, 64]
>>>
```

В числе других методик работы со списковыми включениями — вложение и применение нескольких переменных, но чаще всего встречается более простая их форма, показанная ранее.

Строковые значения

Строковые последовательности представляют собой упорядоченные наборы символов, заключенные в кавычки. В строках Python 3 по умолчанию используется кодировка *UTF-8*.

Создавать строковые значения можно либо с помощью метода-конструктора для строк `str()`, либо просто заключая текст в кавычки:

```
>>> str()
''
>>> "some new string!"
'some new string!'
>>> 'or with single quotes'
'or with single quotes'
```

С помощью конструктора строк можно создавать строковые значения на основе других объектов:

```
>>> my_list = list()
>>> str(my_list)
'[]'
```

Заключая текст в тройные кавычки, можно создавать многострочные строковые значения:

```
>>> multi_line = """This is a
... multi-line string,
... which includes linebreaks.
... """
>>> print(multi_line)
This is a
multi-line string,
which includes linebreaks.
>>>
```

Помимо общих для всех последовательностей методов, у строковых значений есть и немало собственных.

В начале или в конце пользовательского текста нередко встречаются пробелы. А введенную пользователем строку `" да"` желательно обрабатывать так же, как и `"да"`. На этот случай в строках Python есть метод `strip`, который возвращает строку без пробелов в начале или в конце. Существуют также методы для удаления пробелов только с правой или левой стороны строки:

```
>>> input = "  I want more  "
>>> input.strip()
'I want more'
>>> input.rstrip()
'  I want more'
>>> input.lstrip()
'I want more  '
```

В то же время существуют методы `ljust` и `rjust` для дополнения строк символами. По умолчанию они дополняют строковые значения пробелами, но могут и принимать в виде аргумента символ для дополнения:

```
>>> output = 'Barry'
>>> output.ljust(10)
'Barry     '
>>> output.rjust(10, '*')
'*****Barry'
```

Иногда бывает нужно разбить строковое значение на список подстрок, скажем превратить предложение в список слов или строку слов, разделенных запятыми. Метод `split` разбивает строку, преобразуя ее в список строк. По умолчанию в качестве токена, на основе которого выполняется разбиение, используется пробел. Для разбиения по другому символу можно добавить необязательный аргумент:

```
>>> text = "Mary had a little lamb"
>>> text.split()
['Mary', 'had', 'a', 'little', 'lamb']
>>> url = "gt.motomomo.io/v2/api/asset/143"
>>> url.split('/')
['gt.motomomo.io', 'v2', 'api', 'asset', '143']
```

Можно легко создать новое строковое значение из последовательности строковых значений и объединить (`join`) их в единое целое. В следующем примере посередине списка других строк вставляется строка-разделитель:

```
>>> items = ['cow', 'milk', 'bread', 'butter']
>>> " and ".join(items)
'cow and milk and bread and butter'
```

Часто бывает нужно изменить регистр текста: выровнять для сравнения или поменять для последующего чтения пользователем. В Python есть несколько методов[1], упрощающих эту задачу:

```
>>> name = "bill monroe"
>>> name.capitalize()
'Bill monroe'
>>> name.upper()
'BILL MONROE'
>>> name.title()
'Bill Monroe'
>>> name.swapcase()
'BILL MONROE'
>>> name = "BILL MONROE"
>>> name.lower()
'bill monroe'
```

Python также предоставляет методы, упрощающие анализ содержимого строковых значений. Таких методов довольно много, начиная от проверки регистра текста до выяснения того, содержит ли он числовое значение. Вот лишь несколько из наиболее часто используемых методов:

```
>>> "William".startswith('W')
True
>>> "William".startswith('Bill')
False
>>> "Molly".endswith('olly')
True
>>> "abc123".isalnum()
True
>>> "abc123".isalpha()
False
>>> "abc".isalnum()
True
>>> "123".isnumeric()
True
>>> "Sandy".istitle()
True
>>> "Sandy".islower()
False
>>> "SANDY".isupper()
True
```

Можно вставить текст в строку во время выполнения, управляя ее форматом. Программа может при этом использовать в строках значения переменных или

[1] Работают и с кириллицей. — *Примеч. пер.*

другое вычисляемое содержимое. Подобный подход применяется как при создании текста, предназначенного для пользователей, так и при записи программных журналов.

Более старым вариантом форматирования строк Python обязан функции `printf` языка C. Для вставки отформатированных значений в строку можно использовать `%` — оператор деления по модулю в форме `строка % значения`, где `значения` может быть отдельным значением или кортежем из нескольких. А `строка` должна содержать спецификаторы преобразования для всех значений. Спецификатор преобразования в минимальной форме начинается с `%`, за которым следует символ, отражающий тип вставляемого значения:

```
>>> "%s + %s = %s" % (1, 2, "Three")
'1 + 2 = Three'
>>>
```

Дополнительные аргументы формата включают также спецификаторы преобразования. Например, можно задавать количество цифр после запятой:

```
>>> "%.3f" % 1.234567
'1.235'
```

Такой механизм форматирования строковых значений преобладал в Python на протяжении многих лет, и его до сих пор можно встретить в старом коде. У этого подхода есть определенные преимущества, например единый с другими языками программирования синтаксис. Но есть и подводные камни. В частности, из-за хранения аргументов в последовательности нередко возникают ошибки отображения объектов `tuple` и `dict`. Мы рекомендуем взять на вооружение более современные варианты форматирования, например метод `format`, шаблонизированные строки и f-строки, во избежание подобных ошибок и для упрощения кода, а также повышения его удобочитаемости.

В Python 3 появился новый способ форматирования строк — с помощью имеющегося у них метода `format`. Затем он был бэкпортирован в Python 2. В этой спецификации заменяемые поля в строке задаются с помощью фигурных скобок, а не символов деления по модулю, как при старом стиле форматирования. Вставляемые значения указываются в виде аргументов метода `format`. Порядок аргументов определяет порядок подстановок в целевой строке:

```
>>> '{} comes before {}'.format('first', 'second')
'first comes before second'
>>>
```

Для вставки значений в порядке, отличном от списка аргументов, можно указывать числовые индексы в фигурных скобках. Можно также повторять одно значение несколько раз, указывая одно значение индекса в нескольких подстановочных полях:

```
>>> '{1} comes after {0}, but {1} comes before {2}'.format('first',
                                                           'second',
                                                           'third')
'second comes after first, but second comes before third'
>>>
```

Еще более интересная возможность — указание вставляемых значений по имени:

```
>>> '''{country} is an island.
... {country} is off of the coast of
... {continent} in the {ocean}'''.format(ocean='Indian Ocean',
...                                      continent='Africa',
...                                      country='Madagascar')
'Madagascar is an island.
Madagascar is off of the coast of
Africa in the Indian Ocean'
```

Здесь значения ключей для поименованных подстановочных полей задаются в ассоциативном массиве:

```
>>> values = {'first': 'Bill', 'last': 'Bailey'}
>>> "Won't you come home {first} {last}?".format(**values)
"Won't you come home Bill Bailey?"
```

Можно также указывать аргументы со спецификациями форматирования. В следующем примере с помощью > и < производится дополнение пробелами справа и слева. Во втором из примеров указывается символ для дополнения:

```
>>> text = "|{0:>22}||{0:<22}|"
>>> text.format('O','O')
'|                     O||O                     |'
>>> text = "|{0:<>22}||{0:><22}|"
>>> text.format('O','O')
'|<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<O||O>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>|'
```

Спецификации формата задаются с помощью мини-языка спецификаций формата (https://oreil.ly/ZOFJg). Можно применять и еще одну разновидность языка — *f-строки*.

Язык форматирования f-строк Python аналогичен методу `format`, но механизм использования проще и интуитивно понятнее. Перед первым знаком кавычек в f-строках ставится *f* или *F*. Как и описанные ранее строки `format`, подстановочные поля в f-строках обозначаются фигурными кавычками. Впрочем, в f-строках содержимое подстановочного поля представляет собой выражение. Благодаря такому подходу оно может ссылаться на переменные, определенные в текущей области видимости, или включать какие-либо вычисления:

```
>>> a = 1
>>> b = 2
>>> f"a is {a}, b is {b}. Adding them results in {a + b}"
'a is 1, b is 2. Adding them results in 3'
```

Как и в строках `format`, в f-строках спецификации форматирования задаются внутри фигурных скобок после выражения значения и начинаются с двоеточия:

```
>>> count = 43
>>> f"|{count:5d}"
'|   43'
```

Выражение значения может включать вложенные выражения, а также ссылаться на переменные и выражения, содержащиеся в конструкции родительского выражения:

```
>>> padding = 10
>>> f"|{count:{padding}d}"
'|        43'
```

Мы настоятельно рекомендуем при форматировании строк использовать f-строки. Они сочетают возможности мини-языка спецификаций с простым и интуитивно понятным синтаксисом.

Цель шаблонизированных строк — создание простого механизма подстановки для строк, в частности для задач наподобие локализации, где необходимы простые подстановки слов. В качестве подстановочного символа в них указан `$` с необязательными фигурными скобками вокруг него. Вставляемое значение задается символами, непосредственно следующими за `$`. При выполнении метода `substitute` шаблонизированной строки они используются для присвоения значений.

В ходе работе с Python всегда доступны встроенные типы и функции, но для доступа к более широкой функциональности экосистемы Python необходимо задействовать оператор import, который позволяет добавлять в среду функциональность из стандартной библиотеки Python или сторонних сервисов. Можно выбирать импортируемые части пакета с помощью ключевого слова from:

```
>>> from string import Template
>>> greeting = Template("$hello Mark Anthony")
>>> greeting.substitute(hello="Bonjour")
'Bonjour Mark Anthony'
>>> greeting.substitute(hello="Zdravstvuyte")
'Zdravstvuyte Mark Anthony'
>>> greeting.substitute(hello="Nĭn hăo")
'Nĭn hăo Mark Anthony'
```

Ассоциативные массивы

Ассоциативные массивы — наиболее часто используемые встроенные классы Python, не считая строк и списков. Ассоциативный массив задает соответствие ключей значениям. Поиск конкретного значения по ключу производится очень быстро и эффективно. Ключами могут быть строки, числа, пользовательские объекты и любые другие неизменяемые типы.

Изменяемый (mutable) объект — такой, содержимое которого может меняться после создания. Основной пример — списки: содержимое списка может меняться без изменения его самого. Строковые значения — неизменяемые. Всякий раз, когда меняется содержимое уже существующей строки, создается новая.

Ассоциативные массивы описываются в виде заключенного в фигурные скобки набора пар «ключ/значение», разделяемых запятыми. Пара «ключ/значение» состоит из ключа, двоеточия (`:`) и значения.

Создать экземпляр ассоциативного массива можно с помощью конструктора `dict()`. Если никаких аргументов при его вызове не указано, он создает пустой ассоциативный массив, но может также принимать в качестве аргументов последовательность пар «ключ/значение»:

```
>>> map = dict()
>>> type(map)
<class 'dict'>
>>> map
{}
>>> kv_list = [['key-1', 'value-1'], ['key-2', 'value-2']]
>>> dict(kv_list)
{'key-1': 'value-1', 'key-2': 'value-2'}
```

Можно также создать ассоциативный массив непосредственно, с помощью фигурных скобок:

```
>>> map = {'key-1': 'value-1', 'key-2': 'value-2'}
>>> map
{'key-1': 'value-1', 'key-2': 'value-2'}
```

Обратиться к соответствующему ключу/значению можно с помощью синтаксиса с квадратными скобками:

```
>>> map['key-1']
'value-1'
>>> map['key-2']
'value-2'
```

Аналогичный синтаксис можно использовать для задания значений. Если соответствующего ключа в данном ассоциативном массиве нет, он добавляется в качестве новой записи. Если же есть, значение меняется на новое:

```
>>> map
{'key-1': 'value-1', 'key-2': 'value-2'}
>>> map['key-3'] = 'value-3'
>>> map
{'key-1': 'value-1', 'key-2': 'value-2', 'key-3': 'value-3'}
>>> map['key-1'] = 13
>>> map
{'key-1': 13, 'key-2': 'value-2', 'key-3': 'value-3'}
```

Если попытаться обратиться к не заданному в ассоциативном массиве ключу, будет сгенерировано исключение `KeyError`:

```
>>> map['key-4']
Traceback (most recent call last):
  File "<input>", line 1, in <module>
    map['key-4']
KeyError: 'key-4'
```

Проверить, есть ли в данном ассоциативном массиве конкретный ключ, можно с помощью синтаксиса `in`, который мы уже встречали, работая с последовательностями. В случае ассоциативных массивов он проверяет наличие ключей:

```
>>> if 'key-4' in map:
...     print(map['key-4'])
... else:
...     print('key-4 not there')
...
...
key-4 not there
```

Более интуитивно понятное решение — использовать метод `get()`. Если конкретный ключ в ассоциативном массиве не задан, этот метод вернет указанное значение по умолчанию, а если оно не указано — вернет `None`:

```
>>> map.get('key-4', 'default-value')
'default-value'
```

Для удаления пары «ключ/значение» из ассоциативного массива служит метод `del`:

```
>>> del(map['key-1'])
>>> map
{'key-2': 'value-2', 'key-3': 'value-3'}
```

Метод `keys()` возвращает объект `dict_keys`, содержащий все ключи ассоциативного массива. Метод `values()` возвращает `dict_values`, содержащий все значения

ассоциативного массива, а метод `items()` — пары «ключ/значение». Последний метод удобен для обхода содержимого ассоциативного массива в цикле:

```
>>> map.keys()
dict_keys(['key-1', 'key-2'])
>>> map.values()
dict_values(['value-1', 'value-2'])
>>> for key, value in map.items():
...     print(f"{key}: {value}")
...
...
key-1: value-1
key-2: value-2
```

Как и списковые включения, словарные включения представляют собой однострочные операторы, возвращающие ассоциативный массив путем обхода последовательности в цикле:

```
>>> letters = 'abcde'
>>> # Отображение отдельных букв в их аналоги в верхнем регистре
>>> cap_map = {x: x.upper() for x in letters}
>>> cap_map['b']
'B'
```

Функции

Вы уже встречали некоторые из встроенных функций языка Python. Займемся теперь написанием собственных функций. Напомним, что *функция* — это механизм инкапсуляции блока кода, позволяющий воспроизводить поведение этого блока в различных местах без дублирования самого кода. Функции улучшают организацию кода, его тестируемость, повышают удобство сопровождения и удобочитаемость.

Синтаксис функции

Первая строка описания функции начинается с ключевого слова `def`, за которым следуют имя функции, заключенные в скобки ее параметры, а затем `:`. Остальная часть функции представляет собой сдвинутый вправо блок кода:

```
def <Имя функции>(<Параметры>):
    <Блок кода>
```

Если в сдвинутом посредством отступов блоке кода сначала с помощью многострочного синтаксиса указано строковое значение, оно играет роль документации, с помощью которой можно описать, что делает функция, смысл параметров и возвращаемое значение. Эти docstring очень ценны в качестве средства

общения с будущими пользователями кода. Кроме того, многие программы и сервисы умеют генерировать на их основе документацию. Указание docstring для своих функций считается рекомендуемой практикой:

```
>>> def my_function():
...     '''Строка документации
...
...     Должна описывать, что делает функция,
...     что означают ее параметры и какое значение она возвращает
...     '''
```

Аргументы функции приводятся в скобках, следующих за ее именем, и могут быть позиционными или ключевыми. Значения позиционным аргументам присваиваются в соответствии с их порядком:

```
>>> def positioned(first, second):
...      """Значения присваиваются по порядку"""
...      print(f"first: {first}")
...      print(f"second: {second}")
...
...
>>> positioned(1, 2)
first: 1
second: 2
>>>
```

Каждому ключевому аргументу присваиваем значение по умолчанию:

```
>>> def keywords(first=1, second=2):
...      '''Присваиваем значения по умолчанию'''
...      print(f"first: {first}")
...      print(f"second: {second}")
...
...
```

Значения по умолчанию используются, если при вызове функции не было передано никаких фактических значений. Во время выполнения функции ключевые параметры можно вызывать по имени, при этом их порядок неважен:

```
>>> keywords(0)
first: 0
second: 2
>>> keywords(3,4)
first: 3
second: 4
>>> keywords(second='one', first='two')
first: two
second: one
```

При использовании ключевых параметров все описанные после них параметры также должны быть ключевыми. Все функции возвращают какое-либо значение.

Для указания этого значения применяется ключевое слово `return`. Если оператор `return` в теле функции не описан, она возвращает `None`:

```
>>> def no_return():
...     '''Оператор return не описан'''
...     pass
...
>>> result = no_return()
>>> print(result)
None
>>> def return_one():
...     '''Возвращает 1'''
...     return 1
...
>>> result = return_one()
>>> print(result)
1
```

Функции как объекты

Функции являются объектами. Их можно передавать и хранить в структурах данных. Можно описать две функции, поместить их в список, а затем пройти в цикле по этому списку для их вызова:

```
>>> def double(input):
...     '''Удваивает input'''
...     return input*2
...
>>> double
<function double at 0x107d34ae8>
>>> type(double)
<class 'function'>
>>> def triple(input):
...     '''Утраивает input'''
...     return input*3
...
>>> functions = [double, triple]
>>> for function in functions:
...     print(function(3))
...
...
6
9
```

Анонимные функции

Если требуется очень маленькая функция, можно с помощью ключевого слова `lambda` создать безымянную (анонимную) функцию. В общем случае следует ограничить их применение ситуациями, в которых одна функция ожидает

в качестве аргумента другую маленькую функцию. В данном примере мы получаем на входе список списков и сортируем его. По умолчанию механизм сортировки выполняет сравнение по первым элементам подсписков:

```
>>> items = [[0, 'a', 2], [5, 'b', 0], [2, 'c', 1]]
>>> sorted(items)
[[0, 'a', 2], [2, 'c', 1], [5, 'b', 0]]
```

Для сортировки не по первым записям, а по чему-то еще можно описать метод, возвращающий, например, второй элемент, и передавать его в параметр `key` функции сортировки:

```
>>> def second(item):
...     '''Возвращает второй элемент'''
...     return item[1]
...
>>> sorted(items, key=second)
[[0, 'a', 2], [5, 'b', 0], [2, 'c', 1]]
```

Благодаря ключевому слову `lambda` можно сделать то же самое без полноценного описания функции. Синтаксис лямбда-выражений включает ключевое слово `lambda`, за которым следуют имя параметра, двоеточие и возвращаемое значение:

```
lambda <Параметр>: <Возвращаемое значение>
```

Сортировка с помощью лямбда-выражений, в которой сначала используется второй элемент списка, а потом третий:

```
>>> sorted(items, key=lambda item: item[1])
[[0, 'a', 2], [5, 'b', 0], [2, 'c', 1]]
>>> sorted(items, key=lambda item: item[2])
[[5, 'b', 0], [2, 'c', 1], [0, 'a', 2]]
```

Будьте осторожны при использовании лямбда-выражений вместо обычных функций: иногда получается плохо документированный и сложный для прочтения код.

Регулярные выражения

Потребность в сопоставлении с шаблонами в строковых значениях возникает то и дело для поиска идентификатора в файле журнала или ключевых слов во вводимом пользователем тексте или во множестве других сценариев. Ранее вы уже видели простой вариант сопоставления с шаблоном для последовательностей с помощью операции `in`, а также методов `.endswith` и `.startswith`. Для более сложных вариантов сопоставления с шаблоном необходимы более

совершенные инструменты. Решение этой задачи — регулярные выражения. Регулярные выражения представляют собой строки символов, описывающие поисковые шаблоны. Пакет `re` Python предоставляет возможность проведения операций с регулярными выражениями, аналогичных существующим в языке Perl. В модуле `re` специальные символы отделяются друг от друга обратными косыми чертами. Во избежание путаницы с обычными экранированными последовательностями символов при описании шаблонов регулярных выражений рекомендуется применять неформатированные строки. Их обозначают символом *r* перед первым знаком кавычки.

В строках языка Python используется несколько экранированных последовательностей. В числе наиболее распространенных — перевод строки \n и табуляция \t.

Поиск

Пусть в виде текста дан список скрытых копий из сообщения электронной почты и нужно выяснить, кто есть кто в нем:

```
In [1]: cc_list = '''Ezra Koenig <ekoenig@vpwk.com>,
   ...: Rostam Batmanglij <rostam@vpwk.com>,
   ...: Chris Tomson <ctomson@vpwk.com,
   ...: Bobbi Baio <bbaio@vpwk.com'''
```

Чтобы просто узнать, присутствует ли какое-то имя в этом тексте, можно воспользоваться синтаксисом проверки вхождения в последовательность `in`:

```
In [2]: 'Rostam' in cc_list
Out[2]: True
```

Аналогичный результат можно получить с помощью функции `re.search`, возвращающей объект `re.Match` при обнаружении совпадения:

```
In [3]: import re

In [4]: re.search(r'Rostam', cc_list)
Out[4]: <re.Match object; span=(32, 38), match='Rostam'>
```

Ее можно использовать в качестве условия для проверки на вхождение:

```
>>> if re.search(r'Rostam', cc_list):
...     print('Found Rostam')
...
...
Found Rostam
```

Наборы символов

Пока возможности модуля `re` ничем не превышали возможностей оператора `in`. Но что, если вы хотите найти в тексте кого-либо, но не помните точно имя — *Bobbi* или *Robby*?

Благодаря регулярным выражениям можно указывать группы символов, каждый из которых может встречаться в конкретном месте. Они называются наборами символов (character sets). Символы, которые должны проверяться на совпадение, заключаются в квадратные скобки в описании регулярного выражения. Например, можно произвести поиск по *B* или *R*, за которым следует *obb*, а далее идет *i* или *y*:

```
In [5]: re.search(r'[RB]obb[iy]', cc_list)
Out[5]: <re.Match object; span=(101, 106), match='Bobbi'>
```

В наборах символов можно указывать отдельные символы, разделенные запятыми, или использовать диапазоны. Диапазон *A–Z* включает все символы английского алфавита в верхнем регистре, диапазон *0–9* включает цифры от 0 до 9:

```
In [6]: re.search(r'Chr[a-z][a-z]', cc_list)
Out [6]: <re.Match object; span=(69, 74), match='Chris'>
```

Символ `+` после элемента в регулярном выражении соответствует одному или нескольким экземплярам этого элемента. Число в фигурных скобках задает точное количество символов:

```
In [7]: re.search(r'[A-Za-z]+', cc_list)
Out [7]: <re.Match object; span=(0, 4), match='Ezra'>
In [8]: re.search(r'[A-Za-z]{6}', cc_list)
Out [8]: <re.Match object; span=(5, 11), match='Koenig'>
```

Можно сформировать шаблон для сопоставления с помощью сочетания наборов символов и прочих символов для примитивного поиска адресов электронной почты. Символ «.» — джокерный, он соответствует произвольному символу. Для поиска настоящего символа «.» необходимо экранировать его с помощью обратной косой черты:

```
In [9]: re.search(r'[A-Za-z]+@[a-z]+\.[a-z]+', cc_list)
Out[9]: <re.Match object; span=(13, 29), match='ekoenig@vpwk.com'>
```

Этот пример просто демонстрирует возможности наборов символов, но вовсе не отражает всей сложности регулярных выражений для адресов электронной почты, используемых в промышленной эксплуатации.

Классы символов

Помимо наборов символов, в модуле `re` Python есть еще классы символов, представляющие собой уже готовые наборы символов. В числе наиболее распространенных — `\w`, эквивалентный `[a-zA-Z0-9_]`, и `\d`, эквивалентный `[0-9]`. Для сопоставления с несколькими символами можно задействовать модификатор `+`:

```
>>> re.search(r'\w+', cc_list)
<re.Match object; span=(0, 4), match='Ezra'>
```

Так что можно заменить наш примитивный поисковый шаблон для адреса электронной почты на использующий `\w`:

```
>>> re.search(r'\w+\@\w+\.\w+', cc_list)
<re.Match object; span=(13, 29), match='ekoenig@vpwk.com'>
```

Группы

С помощью скобок можно описывать группы в шаблоне для сопоставления, на которые можно ссылаться через объект шаблона. Они нумеруются в порядке вхождения в шаблон, причем нулевая группа соответствует шаблону в целом:

```
>>> re.search(r'(\w+)\@(\w+)\.(\w+)', cc_list)
<re.Match object; span=(13, 29), match='ekoenig@vpwk.com'>
>>> matched = re.search(r'(\w+)\@(\w+)\.(\w+)', cc_list)
>>> matched.group(0)
'ekoenig@vpwk.com'
>>> matched.group(1)
'ekoenig'
>>> matched.group(2)
'vpwk'
>>> matched.group(3)
'com'
```

Поименованные группы

Группам можно присваивать названия путем добавления `?P<Название>` в их описания. В этом случае можно будет ссылаться на группы по названию вместо номера:

```
>>> matched = re.search(r'(?P<name>\w+)\@(?P<SLD>\w+)\.(?P<TLD>\w+)', cc_list)
>>> matched.group('name')
'ekoenig'
```

```
>>> print(f'''name: {matched.group("name")}
... Secondary Level Domain: {matched.group("SLD")}
... Top Level Domain: {matched.group("TLD")}''')
name: ekoenig
Secondary Level Domain: vpwk
Top Level Domain: com
```

Найти все

До сих пор мы демонстрировали, как вернуть первое найденное вхождение. Но можно воспользоваться методом `findall`, чтобы вернуть все найденные совпадения в виде списка строковых значений:

```
>>> matched = re.findall(r'\w+\@\w+\.\w+', cc_list)
>>> matched
['ekoenig@vpwk.com', 'rostam@vpwk.com', 'ctomson@vpwk.com', 'cbaio@vpwk.com']
>>> matched = re.findall(r'(\w+)\@(\w+)\.(\w+)', cc_list)
>>> matched
[('ekoenig', 'vpwk', 'com'), ('rostam', 'vpwk', 'com'),
 ('ctomson', 'vpwk', 'com'), ('cbaio', 'vpwk', 'com')]
>>> names = [x[0] for x in matched]
>>> names
['ekoenig', 'rostam', 'ctomson', 'cbaio']
```

Поисковый итератор

При работе с большими текстами, например журналами, удобно обрабатывать текст по частям. С помощью метода `finditer` можно сгенерировать объект-*итератор*, который обрабатывает текст до момента обнаружения первого совпадения, а затем прекращает работу. Передав его функции `next`, можно получить текущее совпадение и продолжить обработку до момента обнаружения следующего совпадения. Таким образом можно обрабатывать каждое вхождение по отдельности и не выделять ресурсы на обработку входного текста целиком:

```
>>> matched = re.finditer(r'\w+\@\w+\.\w+', cc_list)
>>> matched
<callable_iterator object at 0x108e68748>
>>> next(matched)
<re.Match object; span=(13, 29), match='ekoenig@vpwk.com'>
>>> next(matched)
<re.Match object; span=(51, 66), match='rostam@vpwk.com'>
>>> next(matched)
<re.Match object; span=(83, 99), match='ctomson@vpwk.com'>
```

Объект-итератор `matched` можно использовать и в цикле `for`:

```
>>> matched = re.finditer("(?P<name>\w+)\@(?P<SLD>\w+)\.(?P<TLD>\w+)", cc_list)
>>> for m in matched:
...     print(m.groupdict())
...
...
{'name': 'ekoenig', 'SLD': 'vpwk', 'TLD': 'com'}
{'name': 'rostam', 'SLD': 'vpwk', 'TLD': 'com'}
{'name': 'ctomson', 'SLD': 'vpwk', 'TLD': 'com'}
{'name': 'cbaio', 'SLD': 'vpwk', 'TLD': 'com'}
```

Подстановка

Помимо поиска и сопоставления с шаблоном, регулярные выражения можно использовать для замены части или всего строкового значения:

```
>>> re.sub("\d", "#", "The passcode you entered was  09876")
'The passcode you entered was  #####'
>>> users = re.sub("(?P<name>\w+)\@(?P<SLD>\w+)\.(?P<TLD>\w+)",
                   "\g<TLD>.\g<SLD>.\g<name>", cc_list)
>>> print(users)
Ezra Koenig <com.vpwk.ekoenig>,
Rostam Batmanglij <com.vpwk.rostam>,
Chris Tomson <com.vpwk.ctomson,
Chris Baio <com.vpwk.cbaio
```

Компиляция

Во всех приведенных до сих пор примерах непосредственно вызывались методы модуля `re`. Во многих случаях это допустимо, но при необходимости многократного сопоставления с одним и тем же шаблоном можно значительно повысить производительность за счет компиляции регулярного выражения в объект, который затем можно использовать для сопоставления с шаблоном без перекомпиляции:

```
>>> regex = re.compile(r'\w+\@\w+\.\w+')
>>> regex.search(cc_list)
<re.Match object; span=(13, 29), match='ekoenig@vpwk.com'>
```

Возможности регулярных выражений намного превышают продемонстрированное ранее. Их использованию посвящено множество книг, но к большинству простых сценариев применения вы уже готовы.

Отложенное вычисление

Идея *отложенного вычисления* (lazy evaluation) заключается в том, что иногда, особенно работая с большими объемами данных, не имеет смысла обрабатывать все данные перед использованием результатов. Вы уже наблюдали это на примере типа `range`, где объем занимаемой памяти не менялся даже в случае диапазонов, соответствующих большим группам чисел.

Генераторы

Генераторы можно использовать подобно объектам `range`. Они выполняют операции над данными по частям, по мере требования, замораживая состояние до следующего вызова. Это значит, что можно хранить данные, необходимые для вычисления результатов, обращаясь к ним при каждом вызове генератора.

При написании функции-генератора необходимо использовать ключевое слово `yield` вместо оператора `return`. При каждом вызове генератор возвращает указанное в `yield` значение, после чего замораживает состояние до следующего вызова. Напишем генератор-счетчик, просто возвращающий последовательные числа:

```
>>> def count():
...     n = 0
...     while True:
...         n += 1
...         yield n
...
...
>>> counter = count()
>>> counter
<generator object count at 0x10e8509a8>
>>> next(counter)
1
>>> next(counter)
2
>>> next(counter)
3
```

Обратите внимание на то, что генератор сохраняет состояние, а поэтому переменная `n` при каждом вызове генератора отражает установленное ранее значение. Реализуем генератор для чисел Фибоначчи:

```
>>> def fib():
...     first = 0
...     last = 1
...     while True:
...         first, last = last, first + last
```

```
...         yield first
...
>>> f = fib()
>>> next(f)
1
>>> next(f)
1
>>> next(f)
2
>>> next(f)
3
```

Можно также использовать генераторы в циклах `for`:

```
>>> f = fib()
>>> for x in f:
...     print(x)
...     if x > 12:
...         break
...
1
1
2
3
5
8
13
```

Генераторные включения

Для создания генераторов в одну строку кода можно использовать генераторные включения. Их синтаксис аналогичен списковым включениям, только вместо квадратных скобок применяются круглые:

```
>>> list_o_nums = [x for x in range(100)]
>>> gen_o_nums = (x for x in range(100))
>>> list_o_nums
[0, 1, 2, 3, ...  97, 98, 99]
>>> gen_o_nums
<generator object <genexpr> at 0x10ea14408>
```

Даже на таком маленьком примере с помощью метода `sys.getsizeof`, возвращающего размер объекта в байтах, можно заметить разницу в объемах используемой оперативной памяти:

```
>>> import sys
>>> sys.getsizeof(list_o_nums)
912
>>> sys.getsizeof(gen_o_nums)
120
```

Дополнительные возможности IPython

В начале главы вы уже видели некоторые возможности IPython. Теперь посмотрим на более продвинутые его возможности, например выполнение инструкций командной оболочки внутри интерпретатора IPython и использование «магических» функций.

Выполнение инструкций командной оболочки Unix с помощью IPython

IPython можно задействовать для выполнения инструкций командной оболочки. Это один из самых веских доводов в пользу выполнения операций DevOps в командной оболочке IPython. Рассмотрим очень простой пример, в котором перед командой `ls` указан символ `!`, по которому IPython распознает инструкции командной оболочки:

```
In [3]: var_ls = !ls -l
In [4]: type(var_ls)
Out[4]: IPython.utils.text.SList
```

Выводимые этой командой результаты присваиваются переменной `var_ls` Python типа `IPython.utils.text.SList`. Тип `SList` преобразует обычную инструкцию командной оболочки в объект с тремя основными методами: `fields`, `grep` и `sort`. Вот пример в действии с командой Unix `df`. Метод `sort` может распознать пробелы из этой команды Unix и отсортировать третий столбец по размеру[1]:

```
In [6]: df = !df
In [7]: df.sort(3, nums = True)
```

Далее взглянем на `SList` и `.grep`. Вот пример поиска команд, установленных в каталоге `/usr/bin`, в название которых входит `kill`:

```
In [10]: ls = !ls -l /usr/bin
In [11]: ls.grep("kill")
Out[11]:
['-rwxr-xr-x   1 root   wheel      1621 Aug 20  2018 kill.d',
```

[1] Не исключено, что вы столкнетесь с проблемой кодировок, нередкой при вызове консольных команд операционной системы из блокнотов IPython. Решить ее можно, например, установкой кодировки командной оболочки с помощью команды !chcp 65001 или кодировки Python. — *Примеч. пер.*

```
 '-rwxr-xr-x   1 root   wheel     23984 Mar 20 23:10 killall',
 '-rwxr-xr-x   1 root   wheel     30512 Mar 20 23:10 pkill']
```

Из всего этого можно сделать вывод, что IPython — идеальная среда для всяких экспериментов с маленькими сценариями командной оболочки.

«Магические» команды IPython

Если вы привыкнете работать с Python, то должны научиться использовать встроенные «магические» команды. По сути, они представляют собой сокращенные формы записи, заключающие в себе огромный потенциал. Перед «магическими» командами ставятся символы `%%`. Вот пример написания в Python встраиваемой команды `bash`. Конечно, это всего лишь одна команда, но точно так же можно написать и целый сценарий bash:

```
In [13]: %%bash
    ...: uname -a
    ...:
    ...:
Darwin nogibjj.local 18.5.0 Darwin Kernel Version 18.5.0: Mon Mar ...
```

Очень интересна команда `%%writefile`, позволяющая писать и тестировать сценарии Python или bash прямо во время работы и выполнять их с помощью IPython:

```
In [16]: %%writefile print_time.py
    ...: #!/usr/bin/env python
    ...: import datetime
    ...: print(datetime.datetime.now().time())
    ...:
    ...:
    ...:
Writing print_time.py

In [17]: cat print_time.py
#!/usr/bin/env python
import datetime
print(datetime.datetime.now().time())

In [18]: !python print_time.py
19:06:00.594914
```

Еще одна удобная команда, `%who`, демонстрирует загруженные в памяти интерактивные переменные. Она очень полезна при длительной работе в терминале:

```
In [20]: %who
df     ls     var_ls
```

Упражнения

- Напишите функцию Python, принимающую название в качестве аргумента и выводящую его в консоль.
- Напишите функцию Python, принимающую строку в качестве аргумента и выводящую в консоль информацию о ее регистре.
- Напишите списковое включение для получения списка букв слова *smogtether* в верхнем регистре.
- Напишите генератор, попеременно возвращающий слова «Четное» и «Нечетное».

ГЛАВА 2

Автоматизация работы с файлами и файловой системой

Одни из самых замечательных возможностей Python — операции с текстом и файлами. В мире DevOps постоянно приходится выполнять синтаксический разбор, поиск и изменение текста в файлах, идет ли речь о поиске в журналах приложения или распространении файлов конфигурации. Файлы — это способ сохранения состояния данных, кода и конфигурации, именно с их помощью можно просматривать постфактум журналы и управлять настройками. В Python можно создавать, читать и менять файлы и текст с помощью кода, и эти возможности вы будете использовать все время. Автоматизация этих задач — один из аспектов современного DevOps, который отличает его от традиционного системного администрирования. Вместо того чтобы хранить набор инструкций и следовать им самостоятельно, можно просто написать код, что снизит вероятность пропустить какие-либо шаги или перепутать их очередность. Уверенность в выполнении одинаковой последовательности шагов при каждом запуске системы повышает понятность и надежность процесса.

Чтение и запись файлов

Чтобы открыть файловый объект для чтения и записи, можно воспользоваться функцией `open`. Она принимает на входе два аргумента: путь к файлу и режим (по умолчанию режим чтения). Режим позволяет указывать, помимо прочего, открывается ли файл для чтения или записи, содержит ли он текстовые или двоичные данные. Для чтения содержимого текстового файла подходит режим `r`. У файлового объекта есть метод `read`, возвращающий содержимое файла в виде строкового значения:

```
In [1]: file_path = 'bookofdreams.txt'
In [2]: open_file = open(file_path, 'r')
```

```
In [3]: text = open_file.read()
In [4]: len(text)
Out[4]: 476909

In [5]: text[56]
Out[5]: 's'

In [6]: open_file
Out[6]: <_io.TextIOWrapper name='bookofdreams.txt' mode='r' encoding='UTF-8'>

In [7]: open_file.close()
```

По завершении работы с файлом желательно его закрывать. Python закрывает файлы при выходе из области видимости, но до тех пор они занимают ресурсы и могут оказаться недоступными для других процессов.

Можно также читать файлы с помощью метода `readlines`: он читает файл и разбивает его содержимое по символам перевода строк. Он возвращает список строковых значений, каждое из которых содержит одну строку исходного текста:

```
In [8]: open_file = open(file_path, 'r')
In [9]: text = open_file.readlines()
In [10]: len(text)
Out[10]: 8796

In [11]: text[100]
Out[11]: 'science, when it admits the possibility of occasional
hallucinations\n'

In [12]: open_file.close()
```

Файлы удобно открывать с помощью операторов `with`. При этом не требуется закрывать их явно. Python сам закроет файл и освободит выделенные под него ресурсы в конце отформатированного с помощью отступов блока:

```
In [13]: with open(file_path, 'r') as open_file:
    ...:     text = open_file.readlines()
    ...:

In [14]: text[101]
Out[14]: 'in the sane and healthy, also admits, of course, the existence of\n'

In [15]: open_file.closed
Out[15]: True
```

В различных операционных системах — разные экранированные символы для обозначения конца строки: в Unix-системах — `\n`, а в Windows — `\r\n`. Python преобразует их в `\n` при открытии файла как текстового. Если открывать как

текст двоичный файл, например изображение `.jpeg`, подобное преобразование, вероятно, повредит данные. Однако для чтения двоичных файлов можно добавить *b* в модификатор режима:

```
In [15]: file_path = 'bookofdreamsghos00lang.pdf'
In [16]: with open(file_path, 'rb') as open_file:
    ...:     btext = open_file.read()
    ...:

In [17]: btext[0]
Out[17]: 37

In [18]: btext[:25]
Out[18]: b'%PDF-1.5\n%\xec\xf5\xf2\xe1\xe4\xef\xe3\xf5\xed\xe5\xee\xf4\n18'
```

Добавление этого модификатора позволяет открыть файл без какого-либо преобразования символов конца строки.

Для записи в файл необходимо использовать режим записи, представленный аргументом `w`. Утилита `direnv` позволяет автоматически настроить среду разработки. В файле `.envrc` можно описать переменные среды и среду выполнения приложения; `direnv` настраивает все это на его основе при входе в каталог с файлом. Например, в Python можно задать в подобном файле переменную среды `STAGE` равной `PROD` и `TABLE_ID` равным `token-storage-1234`, воспользовавшись функцией `open` с флагом `write`:

```
In [19]: text = '''export STAGE=PROD
    ...: export TABLE_ID=token-storage-1234'''

In [20]: with open('.envrc', 'w') as opened_file:
    ...:     opened_file.write(text)
    ...:

In [21]: !cat .envrc
export STAGE=PROD
export TABLE_ID=token-storage-1234
```

Учтите, что метод write команды pathlib перезаписывает уже существующие файлы.

Функция `open` создает файл, если он еще не существует, и перезаписывает в противном случае. Чтобы сохранить существующее содержимое файла и просто добавить данные в его конец, используйте флаг `a`. Он позволяет добавить новый текст в конец файла, сохранив исходное содержимое. Запись нетекстового содержимого, например содержимого файла `.jpeg`, вероятно, повредит его, если

задействовать флаги `w` или `a`. Дело в том, что Python преобразует символы конца строки в ориентированные на конкретную платформу при записи текстовых данных. Для безопасной записи двоичных данных можно использовать флаг `wb` или `ab`.

В главе 3 команда `pathlib` обсуждается подробно. В числе ее возможностей — две удобные функции для чтения и записи файлов, все операции с файловым объектом команда `pathlib` производит «за кулисами». Вот так можно прочитать текст из файла:

```
In [35]: import pathlib

In [36]: path = pathlib.Path(
             "/Users/kbehrman/projects/autoscaler/check_pending.py")

In [37]: path.read_text()
```

Для чтения двоичных данных предназначен метод `path.read_bytes`.

Если нужно перезаписать старый файл или записать новый, существуют методы для записи как текста, так и двоичных данных:

```
In [38]: path = pathlib.Path("/Users/kbehrman/sp.config")

In [39]: path.write_text("LOG:DEBUG")
Out[39]: 9

In [40]: path = pathlib.Path("/Users/kbehrman/sp")
Out[41]: 8
```

Для неструктурированного текста обычно вполне достаточно функций `read` и `write` файлового объекта, но что делать, если речь идет о более сложных данных? Для хранения простых структурированных данных в современных сервисах широко применяется формат нотации объектов JavaScript (JavaScript Object Notation, JSON). В нем задействуются две структуры данных: ассоциативный массив пар «ключ/значение», подобный ассоциативным массивам языка Python, и список элементов, подобный спискам Python. В нем описаны типы данных для чисел, строк, *булевых* значений (для хранения значений «истина/ложь») и неопределенных (пустых) значений (`null`). Веб-сервис AWS Identity and Access Management (IAM) позволяет управлять доступом к ресурсам AWS. Для описания стратегий доступа в нем используют JSON-файлы наподобие следующего примера:

```
{
    "Version": "2012-10-17",
    "Statement": {
        "Effect": "Allow",
```

```
        "Action": "service-prefix:action-name",
        "Resource": "*",
        "Condition": {
            "DateGreaterThan": {"aws:CurrentTime": "2017-07-01T00:00:00Z"},
            "DateLessThan": {"aws:CurrentTime": "2017-12-31T23:59:59Z"}
        }
    }
}
```

Для извлечения данных из подобного файла можно использовать стандартные методы `read` и `readlines` файлового объекта:

```
In [8]: with open('service-policy.json', 'r') as opened_file:
   ...:     policy = opened_file.readlines()
   ...:
   ...:
```

Результат нельзя будет применить сразу же, поскольку он будет выглядеть как одна строка или список строк в зависимости от выбранного метода чтения:

```
In [9]: print(policy)
['{\n',
 '    "Version": "2012-10-17",
\n',
 '    "Statement": {\n',
 '        "Effect": "Allow",
\n',
 '        "Action": "service-prefix:action-name",
\n',
 '        "Resource": "*",
\n',
 '        "Condition": {\n',
 '            "DateGreaterThan": {"aws:CurrentTime": "2017-07-01T00:00:00Z"},
\n',
 '            "DateLessThan": {"aws:CurrentTime": "2017-12-31T23:59:59Z"}\n',
 '        }\n',
 '    }\n',
 '}\n']
```

Далее нужно будет произвести синтаксический разбор этой строки (строк) в структуры данных и типы, соответствующие исходному файлу, что может потребовать немалых усилий. Так что намного удобнее будет воспользоваться модулем `json`:

```
In [10]: import json
In [11]: with open('service-policy.json', 'r') as opened_file:
    ...:     policy = json.load(opened_file)
    ...:
    ...:
    ...:
```

Этот модуль производит синтаксический разбор формата JSON и возвращает данные в виде соответствующих структур данных Python:

```
In [13]: from pprint import pprint

In [14]: pprint(policy)
{'Statement': {'Action': 'service-prefix:action-name',
               'Condition': {'DateGreaterThan':
                                  {'aws:CurrentTime': '2017-07-01T00:00:00Z'},
                             'DateLessThan':
                                  {'aws:CurrentTime': '2017-12-31T23:59:59Z'}},
               'Effect': 'Allow',
               'Resource': '*'},
 'Version': '2012-10-17'}
```

Модуль pprint автоматически форматирует объекты Python для вывода в консоль. Выводимые им данные обычно намного удобнее для чтения и анализа вложенных структур данных.

Теперь можно работать с данными с исходной структурой из файла. Например, вот так можно изменить ресурс, доступом к которому управляет эта стратегия, на `S3`:

```
In [15]: policy['Statement']['Resource'] = 'S3'
In [16]: pprint(policy)
{'Statement': {'Action': 'service-prefix:action-name',
               'Condition': {'DateGreaterThan':
                                  {'aws:CurrentTime': '2017-07-01T00:00:00Z'},
                             'DateLessThan':
                                  {'aws:CurrentTime': '2017-12-31T23:59:59Z'}},
               'Effect': 'Allow',
               'Resource': 'S3'},
 'Version': '2012-10-17'}
```

С помощью метода `json.dump` можно записать ассоциативный массив Python в JSON-файл. Вот так можно обновить только что модифицированный нами файл стратегии:

```
In [17]: with open('service-policy.json', 'w') as opened_file:
    ...:     policy = json.dump(policy, opened_file)
    ...:
    ...:
    ...:
```

В файлах конфигурации нередко применяется и еще один язык — *YAML*, представляющий собой расширенную версию JSON, но в более сжатом формате, в котором пробелы используются так же, как в Python.

Одна из утилит, предназначенных для автоматизации настройки программного обеспечения, его развертывания и управления им, — Ansible. Для описания автоматизируемых действий в Ansible применяют так называемые сборники сценариев (playbooks) в формате YAML:

```
---
- hosts: webservers
  vars:
    http_port: 80
    max_clients: 200
  remote_user: root
  tasks:
  - name: ensure apache is at the latest version
    yum:
      name: httpd
      state: latest
  ...
```

Для синтаксического разбора YAML в Python чаще всего используется библиотека PyYAML. Она не входит в стандартную библиотеку Python, но ее можно установить с помощью `pip`:

```
$ pip install PyYAML
```

После установки можно импортировать и экспортировать данные в формате YAML с помощью PyYAML аналогично тому, как мы делали с JSON:

```
In [18]: import yaml

In [19]: with open('verify-apache.yml', 'r') as opened_file:
    ...:     verify_apache = yaml.safe_load(opened_file)
    ...:
```

Данные при этом загружаются в уже привычные для нас структуры данных Python (список, содержащий ассоциативный массив):

```
In [20]: pprint(verify_apache)
[{'handlers': [{'name': 'restart apache',
                'service': {'name': 'httpd', 'state': 'restarted'}}],
  'hosts': 'webservers',
  'remote_user': 'root',
  'tasks': [{'name': 'ensure apache is at the latest version',
             'yum': {'name': 'httpd', 'state': 'latest'}},
            {'name': 'write the apache config file',
             'notify': ['restart apache'],
             'template': {'dest': '/etc/httpd.conf', 'src': '/srv/httpd.j2'}},
            {'name': 'ensure apache is running',
             'service': {'name': 'httpd', 'state': 'started'}}],
  'vars': {'http_port': 80, 'max_clients': 200}}]
```

Можно также сохранять данные из Python в формате YAML:

```
In [22]: with open('verify-apache.yml', 'w') as opened_file:
    ...:     yaml.dump(verify_apache, opened_file)
    ...:
    ...:
    ...:
```

Еще один язык, широко применяемый для представления структурированных данных, — XML (Extensible Markup Language, расширяемый язык разметки). В нем используются иерархические документы, состоящие из маркированных элементов. Исторически так сложилось, что многие веб-системы задействовали XML для передачи данных, в частности, для RSS-каналов. С помощью RSS-каналов отслеживают обновления веб-сайтов и оповещают о них пользователей, а также отслеживают публикации статей в различных источниках. RSS-каналы применяют страницы в формате XML. Python включает библиотеку `xml`, предназначенную для работы с XML-документами и умеющую отображать иерархические структуры XML-документов как древовидные структуры данных. Узлы дерева играют роль элементов XML, а иерархия моделируется с помощью взаимосвязи «родительский элемент — дочерний элемент». Самый верхний родительский узел называется корневым элементом. Произвести синтаксический разбор XML-документа RSS и получить его корневой элемент можно следующим образом:

```
In [1]: import xml.etree.ElementTree as ET
In [2]: tree = ET.parse('http_feeds.feedburner.com_oreilly_radar_atom.xml')

In [3]: root = tree.getroot()

In [4]: root
Out[4]: <Element '{http://www.w3.org/2005/Atom}feed' at 0x11292c958>
```

Обход дерева можно выполнить посредством прохода в цикле дочерних узлов:

```
In [5]: for child in root:
   ...:     print(child.tag, child.attrib)
   ...:
{http://www.w3.org/2005/Atom}title {}
{http://www.w3.org/2005/Atom}id {}
{http://www.w3.org/2005/Atom}updated {}
{http://www.w3.org/2005/Atom}subtitle {}
{http://www.w3.org/2005/Atom}link {'href': 'https://www.oreilly.com'}
{http://www.w3.org/2005/Atom}link {'rel': 'hub',
                                   'href': 'http://pubsubhubbub.appspot.com/'}
{http://www.w3.org/2003/01/geo/wgs84_pos#}long {}
{http://rssnamespace.org/feedburner/ext/1.0}emailServiceId {}
...
```

XML позволяет использовать *пространства имен* (группировать данные с помощью тегов). В XML перед тегами в скобках указываются пространства имен. Если структура иерархии известна, можно искать элементы на основе их путей. Для удобства можно передать ассоциативный массив с описанием пространств имен:

```
In [108]: ns = {'default':'http://www.w3.org/2005/Atom'}
In [106]: authors = root.findall("default:entry/default:author/default:name",
ns)

In [107]: for author in authors:
     ...:     print(author.text)
     ...:
Nat Torkington
VM Brasseur
Adam Jacob
Roger Magoulas
Pete Skomoroch
Adrian Cockcroft
Ben Lorica
Nat Torkington
Alison McCauley
Tiffani Bell
Arun Gupta
```

Вы можете столкнуться также с необходимостью работы с данными в виде значений, отделенных друг от друга запятыми (CSV). Этот формат часто применяется для данных в электронных таблицах. Чтобы было удобно их читать, можно воспользоваться модулем `csv` Python:

```
In [16]: import csv
In [17]: file_path = '/Users/kbehrman/Downloads/registered_user_count_ytd.csv'

In [18]: with open(file_path, newline='') as csv_file:
    ...:     off_reader = csv.reader(csv_file, delimiter=',')
    ...:     for _ in range(5):
    ...:         print(next(off_reader))
    ...:
['Date', 'PreviousUserCount', 'UserCountTotal', 'UserCountDay']
['2014-01-02', '61', '5336', '5275']
['2014-01-03', '42', '5378', '5336']
['2014-01-04', '26', '5404', '5378']
['2014-01-05', '65', '5469', '5404']
```

Объект `csv.reader` проходит в цикле CSV-файл построчно, благодаря чему можно обрабатывать данные по одной строке за раз. Такой способ обработки файлов особенно удобен для больших CSV-файлов, которые нежелательно полностью загружать в оперативную память. Конечно, если нужно выполнять

вычисления над столбцами из нескольких строк и файл не слишком велик, имеет смысл загрузить его в память целиком.

Пакет Pandas — краеугольный камень мира науки о данных. Он содержит структуру данных `pandas.DataFrame`, ведущую себя наподобие таблицы данных, аналогичной электронной таблице с очень широкими возможностями. DataFrame — идеальный инструмент для статистического анализа табличных данных или каких-либо операций с их столбцами или строками. Это сторонняя библиотека, которую необходимо установить с помощью `pip`. Существует множество способов загрузки данных в объекты DataFrame, один из наиболее распространенных — загрузка из CSV-файла:

```
In [54]: import pandas as pd

In [55]: df = pd.read_csv('sample-data.csv')

In [56]: type(df)
Out[56]: pandas.core.frame.DataFrame
```

Можете просмотреть несколько первых строк объекта DataFrame с помощью метода `head`:

```
In [57]: df.head(3)
Out[57]:
   Attributes     open       high        low      close     volume
0     Symbols        F          F          F          F          F
1        date      NaN        NaN        NaN        NaN        NaN
2  2018-01-02  11.3007    11.4271    11.2827    11.4271   20773320
```

А основные статистические показатели DataFrame можно вывести с помощью метода `describe`:

```
In [58]: df.describe()
Out[58]:
        Attributes    open      high    low     close     volume
count          357     356       356    356       356        356
unique         357     290       288    297       288        356
top     2018-10-18  10.402    8.3363   10.2    9.8111   36298597
freq             1       5         4      3         4          1
```

Или можно просмотреть отдельный столбец данных, указав его название в квадратных скобках:

```
In [59]: df['close']
Out[59]:
0            F
1          NaN
2      11.4271
3      11.5174
```

```
4      11.7159
        ...
352       9.83
353       9.78
354       9.71
355       9.74
356       9.52
Name: close, Length: 357, dtype: object
```

В библиотеке Pandas есть множество других методов для анализа табличных данных или выполнения различных операций над ними, ее использованию посвящено множество книг. Желательно иметь о ней представление, если вам порой приходится анализировать данные.

Поиск в тексте с помощью регулярных выражений

HTTP-сервер Apache — веб-сервер с открытым исходным кодом, широко применяемый для выдачи веб-контента. Его можно настроить на сохранение файлов журналов в различных форматах. Один из часто используемых форматов — единый формат журналов (Common Log Format, CLF), понятный множеству утилит, предназначенных для анализа журналов. Далее приведено устройство этого формата:

```
<IP-адрес> <Id клиента> <Id пользователя> <Время> <Запрос> <Состояние> <Размер>
```

А вот пример строки журнала в этом формате:

```
127.0.0.1 - swills [13/Nov/2019:14:43:30 -0800] "GET /assets/234 HTTP/1.0" 200 2326
```

В главе 1 вы познакомились с регулярными выражениями и модулем `re` языка Python, так что воспользуемся ими для извлечения информации из журнала в вышеупомянутом едином формате. Один из приемов формирования регулярных выражений — по частям, благодаря чему можно добиться правильной работы каждого из подвыражений без проблем с отладкой выражения в целом. С помощью поименованных групп можно создать регулярное выражение для извлечения из строки IP-адреса:

```
In [1]: line = '127.0.0.1 - rj [13/Nov/2019:14:43:30  -0000] "GET HTTP/1.0" 200'

In [2]: re.search(r'(?P<IP>\d+\.\d+\.\d+\.\d+)', line)
Out[2]: <re.Match object; span=(0, 9), match='127.0.0.1'>

In [3]: m = re.search(r'(?P<IP>\d+\.\d+\.\d+\.\d+)', line)

In [4]: m.group('IP')
Out[4]: '127.0.0.1'
```

Можно также создать регулярное выражение для получения времени:

```
In [5]: r = r'\[(?P<Time>\d\d/\w{3}/\d{4}:\d{2}:\d{2}:\d{2})\]'

In [6]: m = re.search(r, line)
In [7]: m.group('Time')
Out[7]: '13/Nov/2019:14:43:30'
```

Можно захватить сразу несколько элементов — IP-адрес, пользователя, время и запрос, как вот здесь:

```
In [8]:  r = r'(?P<IP>\d+\.\d+\.\d+\.\d+)'

In [9]: r += r' - (?P<User>\w+) '

In [10]: r += r'\[(?P<Time>\d\d/\w{3}/\d{4}:\d{2}:\d{2}:\d{2})\]'

In [11]: r += r' (?P<Request>".+")'

In [12]:  m = re.search(r, line)

In [13]: m.group('IP')
Out[13]: '127.0.0.1'

In [14]: m.group('User')
Out[14]: 'rj'

In [15]: m.group('Time')
Out[15]: '13/Nov/2019:14:43:30'

In [16]: m.group('Request')
Out[16]: '"GET HTTP/1.0"'
```

Синтаксический разбор отдельной строки журнала — задача интересная, но пользы от нее немного. Впрочем, это регулярное выражение можно применять в качестве фундамента для создания регулярного выражения, позволяющего извлекать информацию из всего журнала. Пусть нам нужно извлечь все IP-адреса для запросов типа `GET`, имевших место 8 ноября 2019 года. Мы можем внести в предыдущее выражение необходимые модификации в соответствии со спецификой своего запроса:

```
In [62]: r = r'(?P<IP>\d+\.\d+\.\d+\.\d+)'
In [63]: r += r'- (?P<User>\w+)'
In [64]: r += r'\[(?P<Time>08/Nov/\d{4}:\d{2}:\d{2}:\d{2} [-+]\d{4})\]'
In [65]: r += r' (?P<Request>"GET .+")'
```

Для обработки журнала воспользуемся методом `finditer`, выводя в консоль IP-адреса из соответствующих строк:

```
In [66]: matched = re.finditer(r, access_log)

In [67]: for m in matched:
    ...:     print(m.group('IP'))
    ...:
127.0.0.1
342.3.2.33
```

С помощью регулярных выражений можно делать с текстом очень многое. Если они вас не пугают, вы обнаружите, что это один из самых мощных инструментов для работы с текстом.

Обработка больших файлов

Иногда требуется обрабатывать очень большие файлы. Если данные в файле можно обрабатывать построчно, то при использовании Python все очень просто: вместо его загрузки в оперативную память целиком, как мы делали ранее, можно читать по одной строке за раз, обрабатывать ее, а затем переходить к следующей. Средство сборки мусора Python автоматически удаляет из памяти эти строки, освобождая занимаемую ими память.

Python автоматически выделяет и освобождает память. Для этого служит система сборки мусора. Средством сборки мусора Python можно управлять с помощью пакета gc, хотя требуется это редко.

Чтение файлов, созданных на различных операционных системах, затрудняется тем фактом, что в этих ОС используются разные символы окончания строк. Созданные в Windows файлы содержат символ `\r` в дополнение к `\n`. А в Linux-системах они отображаются в виде части текста. Если нужно в большом файле подправить символы окончания строк в соответствии с применяемой операционной системой, можно открыть этот файл и читать его построчно, сохраняя строки в новый файл. А Python возьмет на себя преобразование символов окончания строк:

```
In [23]: with open('big-data.txt', 'r') as source_file:
    ...:     with open('big-data-corrected.txt', 'w') as target_file:
    ...:         for line in source_file:
    ...:             target_file.write(line)
    ...:
```

Обратите внимание на возможность использования вложенных операторов `with` для открытия двух файлов сразу и прохода в цикле построчно по исходному файловому объекту. Для этого удобно описать функцию-генератор, особенно

если нужно выполнять синтаксический разбор нескольких файлов одновременно в одной строке кода:

```
In [46]: def line_reader(file_path):
    ...:     with open(file_path, 'r') as source_file:
    ...:         for line in source_file:
    ...:             yield line
    ...:

In [47]: reader = line_reader('big-data.txt')

In [48]: with open('big-data-corrected.txt', 'w') as target_file:
    ...:     for line in reader:
    ...:         target_file.write(line)
    ...:
```

Если вы не используете для разбиения своих данных символы окончания строк, например, в больших двоичных файлах, то можете читать данные порциями, передавая количество байтов в порции методу `read` файлового объекта. Когда данные для чтения закончатся, выражение вернет пустую строку:

```
In [27]: with open('bb141548a754113e.jpg', 'rb') as source_file:
    ...:     while True:
    ...:         chunk = source_file.read(1024)
    ...:         if chunk:
    ...:             process_data(chunk)
    ...:         else:
    ...:             break
    ...:
```

Шифрование текста

Для обеспечения безопасности часто приходится шифровать текст. Помимо встроенного пакета `hashlib` Python существует широко используемый сторонний пакет `cryptography`. Взглянем на них.

Хеширование с помощью пакета hashlib

Для безопасности пароли пользователей необходимо хранить в зашифрованном виде. Обычно для этой цели пароль шифруют с помощью односторонней функции в битовую строку, восстановить по которой исходный пароль практически невозможно. Подобные функции называются *хеш-функциями*. Помимо маскировки паролей они позволяют гарантировать неизменность отправленных по Сети документов. Для этого вычисляется хеш-функция документа и полученное значение отправляется одновременно с документом. Получатель может вычислить хеш-значение документа и убедиться, что оно совпадает с полученным.

Библиотека `hashlib` содержит безопасные алгоритмы хеширования, включая SHA1, SHA224, SHA384, SHA512 и MD5. Вот так можно хешировать пароль с помощью алгоритма MD5:

```
In [62]: import hashlib

In [63]: secret = "This is the password or document text"

In [64]: bsecret = secret.encode()

In [65]: m = hashlib.md5()

In [66]: m.update(bsecret)

In [67]: m.digest()
Out[67]: b' \xf5\x06\xe6\xfc\x1c\xbe\x86\xddj\x96C\x10\x0f5E'
```

Учтите, что, если ваш пароль или документ представляет собой строковое значение, необходимо преобразовать его в двоичную строку с помощью метода `encode`.

Шифрование с помощью библиотеки cryptography

Библиотеку `cryptography` часто выбирают для решения криптографических задач на языке Python. Это сторонний пакет, который необходимо сначала установить с помощью `pip`. *Шифрование с симметричным ключом* (symmetric key encryption) — группа алгоритмов шифрования, основанных на совместно используемых ключах. В числе таких алгоритмов AES (Advanced Encryption Algorithm — продвинутый алгоритм шифрования), Blowfish, DES (Data Encryption Standard — стандарт шифрования данных), Serpent и Twofish. Совместно используемый ключ аналогичен паролю, применяемому как для шифрования, так и для расшифровки текста. Совместное использование одного ключа как создателем, так и читателем зашифрованного файла — недостаток по сравнению с *шифрованием с асимметричным ключом*, которое мы обсудим чуть позже. Однако при шифровании с симметричным ключом быстродействие выше и алгоритм проще, так что для шифрования больших файлов оно подходит лучше. Одна из реализаций популярного алгоритма AES — Fernet. Сначала необходимо сгенерировать ключ:

```
In [1]: from cryptography.fernet import Fernet

In [2]: key = Fernet.generate_key()

In [3]: key
Out[3]: b'q-fEOs2JIRINDR8toMG7zhQvVhvf5BRPx3mj5Atk5B8='
```

Этот ключ нельзя терять, ведь он необходим для расшифровки. Учтите, что любой, у кого есть доступ к этому ключу, сможет расшифровать ваши файлы.

При хранении такого ключа в файле необходимо использовать двоичный тип данных. Следующий шаг — шифрование данных с помощью объекта `Fernet`:

```
In [4]: f = Fernet(key)

In [5]: message = b"Secrets go here"

In [6]: encrypted = f.encrypt(message)

In [7]: encrypted
Out[7]: b'gAAAAABdPyg4 ... plhkpVkC8ezOHaOLIA=='
```

Расшифровать данные можно с помощью объекта `Fernet`, созданного на основе того же ключа:

```
In [1]: f = Fernet(key)

In [2]: f.decrypt(encrypted)
Out[2]: b'Secrets go here'
```

При шифровании с асимметричным ключом используется пара ключей: один открытый, а второй секретный. Открытый ключ должен быть общедоступным, а секретный — известен только одному пользователю. Расшифровать зашифрованные с помощью открытого ключа сообщения можно, только задействуя соответствующий секретный ключ. Эта разновидность шифрования широко применяется для безопасной передачи информации как в локальных сетях, так и через Интернет. Один из самых популярных алгоритмов шифрования с асимметричным ключом RSA (Rivest — Shamir — Adleman, Ривест — Шамир — Адлеман) широко используется для общения в различных сетях. Библиотека `cryptography` позволяет создавать пары из открытого и секретного ключей:

```
In [1]: from cryptography.hazmat.backends import default_backend

In [2]: from cryptography.hazmat.primitives.asymmetric import rsa

In [3]: private_key = rsa.generate_private_key(public_exponent=65537,
                                               key_size=4096,
                                               backend=default_backend())

In [4]: private_key
Out[4]: <cryptography.hazmat.backends.openssl.rsa._RSAPrivateKey at 0x10d377c18>

In [5]: public_key = private_key.public_key

In [6]: public_key = private_key.public_key()

In [7]: public_key
Out[7]: <cryptography.hazmat.backends.openssl.rsa._RSAPublicKey at 0x10da642b0>
```

Далее можно зашифровать данные с помощью открытого ключа:

```
In [8]: message = b"More secrets go here"

In [9]: from cryptography.hazmat.primitives.asymmetric import padding
In [11]: from cryptography.hazmat.primitives import hashes

In [12]: encrypted = public_key.encrypt(message,
    ...:    padding.OAEP(mgf=padding.MGF1(algorithm=hashes.SHA256()),
    ...:    algorithm=hashes.SHA256(),
    ...:    label=None))
```

И расшифровать их с помощью секретного ключа:

```
In [13]: decrypted = private_key.decrypt(encrypted,
    ...:    padding.OAEP(mgf=padding.MGF1(algorithm=hashes.SHA256()),
    ...:    algorithm=hashes.SHA256(),
    ...:    label=None))

In [14]: decrypted
Out[14]: b'More secrets go here'
```

Модуль os

`os` — один из чаще всего используемых модулей Python, позволяющий выполнять множество низкоуровневых системных вызовов. Кроме того, он предоставляет единообразный интерфейс для различных операционных систем, что важно для приложений, которые может понадобиться применять как в Windows-, так и в Unix-системах. Он также обеспечивает некоторые возможности, ориентированные на конкретные операционные системы (`os.O_TEXT` для Windows и `os.O_CLOEXEC` в Linux) и недоступные на всех платформах. Использовать их следует только в том случае, если для приложения точно не требуется переносимость между различными операционными системами. В примере 2.1 показаны некоторые из самых полезных методов модуля `os`.

Пример 2.1. Методы модуля os

```
In [1]: os.listdir('.') ❶
Out[1]: ['__init__.py', 'os_path_example.py']

In [2]: os.rename('_crud_handler', 'crud_handler') ❷

In [3]: os.chmod('my_script.py', 0o777) ❸

In [4]: os.mkdir('/tmp/holding') ❹

In [5]: os.makedirs('/Users/kbehrman/tmp/scripts/devops') ❺
```

```
In [6]: os.remove('my_script.py') ❻

In [7]: os.rmdir('/tmp/holding') ❼

In [8]: os.removedirs('/Users/kbehrman/tmp/scripts/devops') ❽

In [9]: os.stat('crud_handler') ❾
Out[9]: os.stat_result(st_mode=16877,
                       st_ino=4359290300,
                       st_dev=16777220,
                       st_nlink=18,
                       st_uid=501,
                       st_gid=20,
                       st_size=576,
                       st_atime=1544115987,
                       st_mtime=1541955837,
                       st_ctime=1567266289)
```

❶ Вывод содержимого каталога.

❷ Переименование файла или каталога.

❸ Изменение прав доступа файла или каталога.

❹ Создание каталога.

❺ Рекурсивное создание каталога.

❻ Удаление файла.

❼ Удаление отдельного каталога.

❽ Удаление дерева каталогов, начиная с конечного каталога и далее по дереву. Операция прекращается на первом же непустом каталоге.

❾ Получение статистики файла или каталога, включающей `st_mode`, тип файла и права доступа, а также `st_atime` — время последнего обращения к данному элементу.

Управление файлами и каталогами с помощью os.path

В Python можно использовать строковые значения (двоичные или обычные) для представления путей. Модуль `os.path` предоставляет множество методов для создания путей в виде строковых значений и различных операций над

ними. Как уже упоминалось, модуль `os` стремится к кросс-платформенному поведению, и подмодуль `os.path` не исключение. Он интерпретирует пути в соответствии с действующей операционной системой с использованием прямых косых черт для разделения каталогов в Unix-подобных системах и обратных — в Windows. Благодаря этому программа может формировать подходящие для любой операционной системы пути на лету. Возможность удобного разбиения и «склеивания» путей — вероятно, чаще всего применяемая функциональность подмодуля `os.path`. Для разбиения путей используются три метода — `split`, `basename` и `dirname`:

```
In [1]: import os

In [2]: cur_dir = os.getcwd() ❶

In [3]: cur_dir
Out[3]: '/Users/kbehrman/Google-Drive/projects/python-devops/samples/chapter4'

In [4]: os.path.split(cur_dir) ❷
Out[4]: ('/Users/kbehrman/Google-Drive/projects/python-devops/samples',
         'chapter4')

In [5]: os.path.dirname(cur_dir) ❸
Out[5]: '/Users/kbehrman/Google-Drive/projects/python-devops/samples'

In [6]: os.path.basename(cur_dir) ❹
Out[6]: 'chapter4'
```

❶ Получаем текущий рабочий каталог.

❷ `os.path.split` отделяет конечный уровень пути от родительского пути.

❸ `os.path.dirname` возвращает родительский путь.

❹ `os.path.basename` возвращает название конечного каталога.

`os.path.dirname` удобно использовать для обхода дерева каталогов:

```
In [7]: while os.path.basename(cur_dir):
   ...:     cur_dir = os.path.dirname(cur_dir)
   ...:     print(cur_dir)
   ...:
/Users/kbehrman/projects/python-devops/samples
/Users/kbehrman/projects/python-devops
/Users/kbehrman/projects
/Users/kbehrman
/Users
/
```

Файлы часто используют для настройки приложения во время выполнения, в Unix-системах файлы в соответствии с соглашением называются по расширению, заканчивающемуся на `rc`. Два распространенных примера: файл `.vimrc` текстового редактора Vim и файлы `.bashrc` командной оболочки Bash. Хранить эти файлы можно в различных местах. В программах часто описывается иерархия каталогов для их поиска. Например, утилита может сначала проверить переменную среды, в которой описано, какой файл `rc` использовать, а если таковой нет, проверить текущий каталог, затем домашний каталог активного пользователя. В примере 2.2 мы попробуем найти файл `rc` в этих местах. Для этого возьмем переменную `file`, значение которой Python автоматически задает при запуске кода Python из файла. В эту переменную заносится путь относительно действующего рабочего каталога, а не абсолютный/полный путь. Python не дополняет автоматически пути до абсолютного, как принято в Unix-системах, так что придется сделать это самим, прежде чем воспользоваться этим путем для формирования пути поиска файла `rc`. Аналогично Python не дополняет автоматически пути в переменных среды, так что и это нам придется сделать явно.

Пример 2.2. Метод find_rc

```
def find_rc(rc_name=".examplerc"):

    # Проверяем переменную среды
    var_name = "EXAMPLERC_DIR"
    if var_name in os.environ: ❶
        var_path = os.path.join(f"${var_name}", rc_name) ❷
        config_path = os.path.expandvars(var_path) ❸
        print(f"Checking {config_path}")
        if os.path.exists(config_path): ❹
            return config_path

    # Ищем в рабочем каталоге
    config_path = os.path.join(os.getcwd(), rc_name) ❺
    print(f"Checking {config_path}")
    if os.path.exists(config_path):
        return config_path

    # Ищем в домашнем каталоге пользователя
    home_dir = os.path.expanduser("~/") ❻
    config_path = os.path.join(home_dir, rc_name)
    print(f"Checking {config_path}")
    if os.path.exists(config_path):
        return config_path

    # Ищем в каталоге выполняемого файла
    file_path = os.path.abspath(__file__) ❼
    parent_path = os.path.dirname(file_path) ❽
```

```
    config_path = os.path.join(parent_path, rc_name)
    print(f"Checking {config_path}")
    if os.path.exists(config_path):
        return config_path

    print(f"File {rc_name} has not been found")
```

❶ Проверяем, существует ли такая переменная в активной среде.

❷ Формируем путь с указанием названия переменной среды. Он будет выглядеть примерно так: `$EXAMPLERC_DIR/.examplerc`.

❸ Дополняем переменную среды для вставки ее значения в формируемый путь.

❹ Проверяем, существует ли такой файл.

❺ Формируем путь на основе рабочего каталога.

❻ Получаем путь к домашнему каталогу пользователя с помощью функции `expanduser`.

❼ Дополняем хранящийся в `file` относительный путь до абсолютного.

❽ Получаем путь к содержащему текущий файл каталогу с помощью `dirname`.

Подмодуль `path` также позволяет получить характеристики пути. С его помощью можно выяснить, чем является путь — файлом, каталогом, ссылкой или точкой монтирования. Можно также узнать такие его характеристики, как размер и время последнего обращения/изменения. В примере 2.3 мы выполним с помощью `path` обход дерева каталогов и выведем информацию о размере и последнем времени доступа ко всем содержащимся в них файлам.

Пример 2.3. os_path_walk.py

```
#!/usr/bin/env python

import fire
import os

def walk_path(parent_path):
    print(f"Checking: {parent_path}")
    childs = os.listdir(parent_path) ❶

    for child in childs:
        child_path = os.path.join(parent_path, child) ❷
        if os.path.isfile(child_path): ❸
            last_access = os.path.getatime(child_path) ❹
            size = os.path.getsize(child_path) ❺
            print(f"File: {child_path}")
```

```
            print(f"\tlast accessed: {last_access}")
            print(f"\tsize: {size}")
        elif os.path.isdir(child_path): ❻
            walk_path(child_path) ❼

if __name__ == '__main__':
    fire.Fire()
```

❶ `os.listdir` возвращает содержимое каталога.

❷ Формируем полный путь элемента, находящегося в родительском каталоге.

❸ Проверяем, не соответствует ли этот путь файлу.

❹ Получаем время последнего обращения к данному файлу.

❺ Получаем размер данного файла.

❻ Проверяем, не соответствует ли этот путь каталогу.

❼ Обходим дерево, начиная с этого каталога.

С помощью подобных сценариев можно находить большие файлы или файлы, к которым пока что не обращались, а затем сообщать о них пользователю, перемещать или удалять их.

Обход дерева каталогов с помощью os.walk

Модуль `os` включает удобную функцию `os.walk` для обхода деревьев каталогов, которая возвращает генератор, который, в свою очередь, на каждой итерации возвращает кортеж, состоящий из текущего пути, списка каталогов и списка файлов. В примере 2.4 мы перепишем функцию `walk_path` из примера 2.3, применив функцию `os.walk`. Как вы видели в предыдущем примере, при использовании `os.walk` не нужно проверять, какие пути соответствуют файлам, или повторно вызывать функцию для каждого подкаталога.

Пример 2.4. Переписываем функцию walk_path

```
def walk_path(parent_path):
    for parent_path, directories, files in os.walk(parent_path):
        print(f"Checking: {parent_path}")
        for file_name in files:
            file_path = os.path.join(parent_path, file_name)
            last_access = os.path.getatime(file_path)
            size = os.path.getsize(file_path)
            print(f"File: {file_path}")
            print(f"\tlast accessed: {last_access}")
            print(f"\tsize: {size}")
```

Пути как объекты: библиотека pathlib

Библиотека `pathlib` позволяет представлять пути в виде объектов, а не строк. В примере 2.5 мы перепишем пример 2.2, используя `pathlib` вместо `os.path`.

Пример 2.5. Переписываем функцию find_rc

```
def find_rc(rc_name=".examplerc"):

    # Проверяем переменную среды
    var_name = "EXAMPLERC_DIR"
    example_dir = os.environ.get(var_name) ❶
    if example_dir:
        dir_path = pathlib.Path(example_dir) ❷
        config_path = dir_path / rc_name ❸
        print(f"Checking {config_path}")
        if config_path.exists(): ❹
            return config_path.as_postix() ❺

    # Ищем в текущем рабочем каталоге
    config_path = pathlib.Path.cwd() / rc_name ❻
    print(f"Checking {config_path}")
    if config_path.exists():
        return config_path.as_postix()

    # Ищем в домашнем каталоге пользователя
    config_path = pathlib.Path.home() / rc_name ❼
    print(f"Checking {config_path}")
    if config_path.exists():
        return config_path.as_postix()

    # Ищем в каталоге выполняемого файла
    file_path = pathlib.Path(__file__).resolve() ❽
    parent_path = file_path.parent ❾
    config_path = parent_path / rc_name
    print(f"Checking {config_path}")
    if config_path.exists():
        return config_path.as_postix()

    print(f"File {rc_name} has not been found")
```

❶ На момент написания данной книги библиотека `pathlib` не дополняет переменные среды до абсолютного пути. Поэтому мы берем значение переменной из `os.environ`.

❷ Создаем объект `pathlib.Path`, соответствующий используемой операционной системе.

❸ Новые объекты `pathlib.Path` можно создавать, указывая после родительского пути прямые косые черты и соответствующие строковые значения.

❹ У объекта `pathlib.Path` есть метод `exists`.

❺ Вызов `as_postix` возвращает путь в виде строки. В зависимости от ситуации можно вернуть и сам объект `pathlib.Path`.

❻ Метод класса `pathlib.Path.cmd` возвращает объект `pathlib.Path`, соответствующий текущему рабочему каталогу. Здесь мы сразу же используем этот объект для создания `config_path` путем объединения его со строковым значением `rc_name`.

❼ Метод класса `pathlib.Path.home` возвращает объект `pathlib.Path`, соответствующий домашнему каталогу активного пользователя.

❽ Создаем объект `pathlib.Path` на основе содержащегося в `file` относительного пути, после чего вызываем его метод `resolve` для получения абсолютного пути.

❾ Возвращает родительский объект `pathlib.Path` непосредственно из самого объекта `file_path`.

ГЛАВА 3

Работа с командной строкой

Именно в командной строке происходит основная деятельность DevOps. И хотя существует множество замечательных утилит с графическим интерфейсом, командная строка по-прежнему остается наиболее естественной средой работы DevOps. Взаимодействие со средой командной оболочки из Python и создание утилит командной строки Python — необходимые составляющие использования Python для DevOps.

Работа с командной оболочкой

Язык Python предоставляет утилиты для взаимодействия с различными системами и командными оболочками. Рекомендуем вам хорошо разобраться с такими важными инструментами, как модули `sys`, `os` и `subprocess`.

Взаимодействие с интерпретатором с помощью модуля sys

Модуль `sys` предоставляет доступ к переменным и методам, тесно связанным с интерпретатором Python.

Байты во время чтения можно интерпретировать двумя основными способами. При первом, с прямым порядком байтов (little endian), считается, что значимость байтов растет (то есть каждый последующий байт соответствует большему числу). При втором, с обратным порядком байтов (big endian), предполагается, что значимость первого байта максимальна, а далее она убывает.

Узнать порядок байтов в вашей архитектуре можно с помощью атрибута `sys.byteorder`:

```
In [1]: import sys

In [2]: sys.byteorder
Out[2]: 'little'
```

Размер объектов Python можно узнать с помощью функции `sys.getsizeof`. При ограниченном объеме памяти она может оказаться очень полезной:

```
In [3]: sys.getsizeof(1)
Out[3]: 28
```

Если ваш код должен вести себя по-разному в зависимости от операционной системы, можно воспользоваться `sys.platform` для проверки:

```
In [5]: sys.platform
Out[5]: 'darwin'
```

Еще чаще встречается ситуация, когда необходимо задействовать возможности языка или модули, доступные только в определенных версиях Python. Управлять поведением в зависимости от текущего интерпретатора Python можно с помощью `sys.version_info`. В следующем примере выводятся различные сообщения для Python 3.7, Python версий выше 3, но ниже 3.7 и Python версий ниже 3:

```
if sys.version_info.major < 3:
    print("You need to update your Python version")
elif sys.version_info.minor < 7:
    print("You are not running the latest version of Python")
else:
    print("All is good.")
```

Мы обсудим применение модуля `sys` подробнее далее в этой главе, когда будем писать утилиты командной строки.

Взаимодействие с операционной системой с помощью модуля os

Вы уже видели, как в главе 2 модуль `os` использовался для работы с файловой системой. У него также есть множество разнообразных атрибутов и функций для работы с операционной системой. В примере 3.1 приведены некоторые из них.

Пример 3.1. Примеры возможностей модуля os

```
In [1]: import os

In [2]: os.getcwd() ❶
Out[2]: '/Users/kbehrman/Google-Drive/projects/python-devops'
```

```
In [3]: os.chdir('/tmp') ❷

In [4]: os.getcwd()
Out[4]: '/private/tmp'

In [5]: os.environ.get('LOGLEVEL') ❸

In [6]: os.environ['LOGLEVEL'] = 'DEBUG' ❹

In [7]: os.environ.get('LOGLEVEL')
Out[7]: 'DEBUG'

In [8]: os.getlogin() ❺
Out[8]: 'kbehrman'
```

❶ Получаем текущий рабочий каталог.

❷ Меняем текущий рабочий каталог.

❸ В `os.environ` хранятся переменные среды, значения которых были установлены при загрузке модуля `os`.

❹ Это и параметр конфигурации, и переменная среды. Данный параметр предназначается для порожденных этим кодом подпроцессов.

❺ Имя пользователя, запустившего терминал, из которого был порожден данный процесс.

Модуль `os` чаще всего применяется для извлечения параметров конфигурации из переменных среды, например уровня журналирования, или секретных данных, например ключей API.

Порождение процессов с помощью модуля subprocess

Во многих ситуациях приходится запускать из кода Python приложения вне Python, например встроенные инструкции командной оболочки, сценарии Bash или любые другие приложения командной строки. Для этого порождается новый *процесс* (экземпляр приложения). Модуль `subprocess` — как раз то, что нужно для порождения процесса и выполнения внутри него команд. С помощью `subprocess` вы сможете запускать свои любимые инструкции командной оболочки и прочие программы командной строки, а также получать выводимые ими результаты из Python. В большинстве случаев для порождения процессов следует использовать функцию `subprocess.run`:

```
In [0]: import subprocess
In [1]: cp = subprocess.run(['ls','-l'], capture_output=True,
                            universal_newlines=True)

In [2]: cp.stdout
Out[2]: 'total 96
```

```
        -rw-r--r--  1 kbehrman  staff     0 Apr 12 08:48 __init__.py
        drwxr-xr-x  5 kbehrman  staff   160 Aug 18 15:47 __pycache__
        -rw-r--r--  1 kbehrman  staff   123 Aug 13 12:13 always_say_it.py
        -rwxr-xr-x  1 kbehrman  staff  1409 Aug  8 15:36 argparse_example.py
        -rwxr-xr-x  1 kbehrman  staff   734 Aug 12 09:36 click_example.py
        -rwxr-xr-x  1 kbehrman  staff   538 Aug 13 10:41 fire_example.py
        -rw-r--r--  1 kbehrman  staff    41 Aug 18 15:17 foo_plugin_a.py
        -rw-r--r--  1 kbehrman  staff    41 Aug 18 15:47 foo_plugin_b.py
        -rwxr-xr-x  1 kbehrman  staff   335 Aug 10 12:36 simple_click.py
        -rwxr-xr-x  1 kbehrman  staff   256 Aug 13 09:21 simple_fire.py
        -rwxr-xr-x  1 kbehrman  staff   509 Aug  8 10:27 simple_parse.py
        -rwxr-xr-x  1 kbehrman  staff   502 Aug 18 15:11 simple_plugins.py
        -rwxr-xr-x  1 kbehrman  staff   850 Aug  6 14:44 sys_argv.py
        -rw-r--r--  1 kbehrman  staff   182 Aug 18 16:24 sys_example.py
'
```

По завершении процесса функция `subprocess.run` возвращает экземпляр `CompletedProcess`. В данном случае мы выполняем инструкцию командной оболочки `ls` с аргументом `-l` для просмотра содержимого текущего каталога. С помощью параметра `capture_output` указываем, что необходимо захватить содержимое потоков вывода `stdout` и `stderr`. А затем обращаемся к результатам с помощью `cp.stdout`. Если выполнить команду `ls` в несуществующем каталоге, вызвав ошибку, мы увидим результаты в `cp.stderr`:

```
In [3]: cp = subprocess.run(['ls','/doesnotexist'],
                            capture_output=True,
                            universal_newlines=True)
In [4]: cp.stderr
Out[4]: 'ls: /doesnotexist: No such file or directory\n'
```

Лучше сразу включить в команду обработку ошибок с помощью параметра `check`. Если он равен `true`, в случае сообщения от подпроцесса об ошибке будет генерироваться исключение:

```
In [5]: cp = subprocess.run(['ls', '/doesnotexist'],
                             capture_output=True,
                             universal_newlines=True,
                             check=True)
---------------------------------------------------------------------------
CalledProcessError                        Traceback (most recent call last)
<ipython-input-23-c0ac49c40fee> in <module>
----> 1 cp = subprocess.run(['ls', '/doesnotexist'],
                            capture_output=True,
                            universal_newlines=True,
                            check=True)

~/.pyenv/versions/3.7.0/lib/python3.7/subprocess.py ...
    466         if check and retcode:
    467             raise CalledProcessError(retcode, process.args,
--> 468                                      output=stdout, stderr=stderr)
```

```
    469     return CompletedProcess(process.args, retcode, stdout, stderr)
    470

CalledProcessError: Command '['ls', '/doesnotexist']' returned non-zero exit
```

Таким образом, не придется проверять `stderr` на предмет сбоев и можно будет обрабатывать ошибки, возвращаемые подпроцессами, так же как и прочие исключения Python.

Создание утилит командной строки

Простейший способ вызова сценария Python из командной строки — с помощью `python`. При создании сценария Python все операторы верхнего уровня (не вложенные в блоки кода) выполняются при каждом его вызове или импорте. Если нужно вызывать какую-либо функцию при каждой загрузке кода, можно делать это на верхнем уровне:

```
def say_it():
    greeting = 'Hello'
    target = 'Joe'
    message = f'{greeting} {target}'
    print(message)

say_it()
```

Эта функция будет выполняться при каждом вызове данного сценария из командной строки:

```
$ python always_say_it.py

Hello Joe
```

А также при импорте файла:

```
In [1]: import always_say_it
Hello Joe
```

Впрочем, поступать так следует только с самыми простыми сценариями. Существенный недостаток этого подхода: при импорте модуля в другие модули Python код выполняется, а не ждет спокойно, пока к нему не обратится вызывающий модуль. А тот, кто импортирует модуль, обычно хочет сам определять, когда будет вызываться его содержимое. Можно добавить функциональность, выполняемую только при вызове из командной строки, с помощью глобальной переменной `name`. Как вы видели, она содержит имя модуля во время импорта. Если модуль вызывается непосредственно из командной строки, она получает строковое значение `main`. По соглашению запускаемые в командной строке

модули заканчиваются блоком, в котором это проверяется, из него и запускается выполнение ориентированного на командную строку кода. Для модификации нашего сценария таким образом, чтобы функция автоматически выполнялась только при вызове из командной строки, а не во время импорта, необходимо вставить ее вызов в блок кода, следующий за проверкой:

```
def say_it():
    greeting = 'Hello'
    target = 'Joe'
    message = f'{greeting} {target}'
    print(message)

if __name__ == '__main__':
    say_it()
```

При импорте этой функции данный блок выполняться не будет, поскольку значение переменной `__name__` соответствует названию импортируемого модуля. Но будет выполняться при запуске модуля напрямую:

```
$ python say_it.py

Hello Joe
```

ДЕЛАЕМ СЦЕНАРИИ КОМАНДНОЙ ОБОЛОЧКИ ИСПОЛНЯЕМЫМИ

Чтобы не вызывать явным образом `python` в командной строке при запуске сценария, можно добавить строку `#!/usr/bin/env python` вверху файла:

```
#!/usr/bin/env python

def say_it():
    greeting = 'Hello'
    target = 'Joe'
    message = f'{greeting} {target}'
    print(message)

if __name__ == '__main__':
    say_it()
```

А затем сделать файл исполняемым с помощью команды `chmod` (утилита командной строки для задания прав доступа):

```
chmod +x say_it.py`
```

После этого можно будет непосредственно вызывать этот сценарий в командной строке без упоминания `python`:

```
$ ./say_it.py

Hello Joe
```

Первый этап создания утилит командной строки — выделение кода, который должен выполняться только при вызове в командной строке. Следующий шаг — прием аргументов командной строки. И если утилита не предназначена для одной-единственной задачи, необходимо получать команды, чтобы знать, что нужно сделать. Кроме того, утилиты командной строки, за исключением выполняющих самые примитивные задачи, принимают необязательные флаги для настройки. Помните, что эти команды и флаги играют роль *интерфейса пользователя* (user interface) для всех работающих с вашими утилитами, так что важно обеспечить удобство их применения и понятность. Написание документации — важная часть обеспечения понятности кода.

Использование sys.argv

Простейший способ обработки передаваемых в командной строке аргументов — атрибут `argv` модуля `sys`. Этот атрибут представляет собой список аргументов, передаваемых сценарию Python во время выполнения. Если сценарий выполняется в командной строке, первым аргументом должно быть его название. Остальные элементы списка представляют собой прочие аргументы командной строки в виде строковых значений:

```
#!/usr/bin/env python
"""
Простая утилита командной строки, использующая sys.argv
"""
import sys

if __name__ == '__main__':
    print(f"The first argument:  '{sys.argv[0]}'")
    print(f"The second argument: '{sys.argv[1]}'")
    print(f"The third argument:  '{sys.argv[2]}'")
    print(f"The fourth argument: '{sys.argv[3]}'")
```

Выполните его в командной строке — и увидите аргументы:

```
$ ./sys_argv.py --a-flag some-value 13

The first argument:  './sys_argv.py'
The second argument: '--a-flag'
The third argument:  'some-value'
The fourth argument: '13'
```

Можете использовать эти аргументы для написания собственного средства синтаксического разбора аргументов. В примере 3.2 показано, как он может выглядеть.

Пример 3.2. Синтаксический разбор с использованием sys.argv

```
#!/usr/bin/env python
"""
Простая утилита командной строки, использующая sys.argv
"""
import sys

def say_it(greeting, target):
    message = f'{greeting} {target}'
    print(message)

if __name__ == '__main__': ❶
    greeting = 'Hello' ❷
    target = 'Joe'

    if '--help' in sys.argv: ❸
        help_message = f"Usage: {sys.argv[0]} --name <NAME> --greeting <GREETING>"
        print(help_message)
        sys.exit() ❹

    if '--name' in sys.argv:
        # Выясняем позицию значения, следующего за флагом name
        name_index = sys.argv.index('--name') + 1 ❺
        if name_index < len(sys.argv): ❻
            name = sys.argv[name_index]

    if '--greeting' in sys.argv:
        # Выясняем позицию значения, следующего за флагом greeting
        greeting_index = sys.argv.index('--greeting') + 1
        if greeting_index < len(sys.argv):
            greeting = sys.argv[greeting_index]

    say_it(greeting, name) ❼
```

❶ Проверяем, запущен ли сценарий из командной строки.

❷ В этих двух строках задаются значения по умолчанию.

❸ Проверяем, присутствует ли в списке аргументов строковое значение `--help`.

❹ Выход из программы после вывода справки.

❺ Нам нужно знать позицию значения, следующего за флагом, к которому оно должно относиться.

❻ Проверяем, достаточно ли длинный список аргументов. Если нет, значит, не было указано значение для какого-то флага.

❼ Вызываем функцию с указанными в аргументах значениями.

Пример 3.2 выводит простое справочное сообщение и принимает аргументы для функции:

```
$ ./sys_argv.py --help
Usage: ./sys_argv.py --name <NAME> --greeting <GREETING>

$ ./sys_argv.py --name Sally --greeting Bonjour
Bonjour Sally
```

Этот подход чреват осложнениями и ошибками. Пример 3.2 не обрабатывает многие ситуации. Если пользователь допускает опечатку в названии флага или вводит его в неправильном регистре, флаг просто игнорируется, причем об этом не сообщается. Точно так же игнорируется ошибка, если пользователь пытается применить неподдерживаемую команду или указать для одного флага несколько значений. О подходе с синтаксическим разбором `argv` вам следует знать, но не используйте его для кода промышленной эксплуатации, разве что сознательно хотите написать средство синтаксического разбора аргументов. К счастью, существуют модули и пакеты, предназначенные специально для создания утилит командной строки. Эти пакеты предоставляют инфраструктуру для создания пользовательского интерфейса, предназначенного для запуска в командной строке модулей. Три популярных решения такого плана — `argparse`, `click` и `python-fire`. Все три дают возможность проектировать нужные аргументы, необязательные флаги и средства отображения справочной документации. Первый из них, `argparse`, входит в стандартную библиотеку языка Python, а остальные два — сторонние пакеты, устанавливаемые отдельно с помощью `pip`.

argparse

Пакет `argparse` абстрагирует многие нюансы передачи аргументов. С его помощью можно подробно проектировать пользовательский интерфейс командной строки, описывая команды и флаги вместе с соответствующими справочными сообщениями. В нем используется идея объектов — синтаксических анализаторов, с которыми связываются команды и флаги. Синтаксический анализатор производит разбор аргументов, а затем вы можете применять результаты для вызова своего кода. Интерфейс формируется с помощью объектов `ArgumentParser`, выполняющих синтаксический разбор вводимых пользователем данных:

```
if __name__ == '__main__':
    parser = argparse.ArgumentParser(description='Maritime control')
```

Позиционно зависимые команды и необязательные флаги добавляются в синтаксический анализатор с помощью метода `add_argument` (пример 3.3). Первый аргумент этого метода — название нового аргумента (команды или флага). Если название начинается с тире, то рассматривается как необязательный флаг, в противном случае — как позиционно зависимая команда. Синтаксический анализатор создает объект для проанализированных аргументов, в котором аргументы играют роль атрибутов, которые можно применять для получения доступа к введенным пользователем данным. Пример 3.3 — простая программа, повторяющая введенный пользователем текст и демонстрирующая основы работы пакета `argparse`.

Пример 3.3. simple_parse.py

```
#!/usr/bin/env python
"""
Утилита командной строки, использующая argparse
"""
import argparse
if __name__ == '__main__':
    parser = argparse.ArgumentParser(description='Echo your input') ❶
    parser.add_argument('message',            ❷
                        help='Message to echo')

    parser.add_argument('--twice', '-t',      ❸
                        help='Do it twice',   ❹
                        action='store_true')

    args = parser.parse_args() ❺

    print(args.message) ❻
    if args.twice:
        print(args.message)
```

❶ Создает объект для синтаксического анализатора со своим справочным сообщением.

❷ Добавляет позиционно зависимую команду со своим справочным сообщением.

❸ Добавляет необязательный аргумент.

❹ Сохраняет необязательный аргумент в виде булева значения.

❺ Производит синтаксический разбор аргументов с помощью синтаксического анализатора.

❻ Обращается к значениям аргументов по названиям. `--` из названия необязательного аргумента убрано.

Если запустить эту программу с флагом `--twice`, введенное сообщение будет повторено дважды:

```
$ ./simple_parse.py hello --twice
hello
hello
```

Пакет `argparse` автоматически выдает справочные сообщения в зависимости от указанных вами справки и описаний:

```
$ ./simple_parse.py  --help
usage: simple_parse.py [-h] [--twice] message

Echo your input

positional arguments:
  message      Message to echo

optional arguments:
  -h, --help   show this help message and exit
  --twice, -t  Do it twice
```

Во многих утилитах командной строки используется несколько уровней команд для группировки команд по контролируемым сферам. Возьмем для примера `git`. В нем есть команды верхнего уровня, например `git stash`, у которых есть отдельные подкоманды, например `git stash pop`. С помощью пакета `argparse` можно создавать подкоманды путем создания субанализаторов главного синтаксического анализатора. С их помощью можно создать иерархию команд. В примере 3.4 мы реализуем приложение для судоходства с командами для кораблей и моряков. К главному синтаксическому анализатору добавили два субанализатора, каждый со своими командами.

Пример 3.4. argparse_example.py

```
#!/usr/bin/env python
"""
Утилита командной строки, использующая argparse
"""
import argparse
def sail():
    ship_name = 'Your ship'
    print(f"{ship_name} is setting sail")
```

```
def list_ships():
    ships = ['John B', 'Yankee Clipper', 'Pequod']
    print(f"Ships: {','.join(ships)}")

def greet(greeting, name):
    message = f'{greeting} {name}'
    print(message)

if __name__ == '__main__':
    parser = argparse.ArgumentParser(description='Maritime control') ❶

    parser.add_argument('--twice', '-t', ❷
                        help='Do it twice',
                        action='store_true')

    subparsers = parser.add_subparsers(dest='func') ❸

    ship_parser =  subparsers.add_parser('ships', ❹
                                         help='Ship related commands')
    ship_parser.add_argument('command', ❺
                             choices=['list', 'sail'])

    sailor_parser = subparsers.add_parser('sailors', ❻
                                          help='Talk to a sailor')
    sailor_parser.add_argument('name', ❼
                               help='Sailors name')
    sailor_parser.add_argument('--greeting', '-g',
                               help='Greeting',
                               default='Ahoy there')

    args = parser.parse_args()
    if args.func == 'sailors': ❽
        greet(args.greeting, args.name)
    elif args.command == 'list':
        list_ships()
    else:
        sail()
```

❶ Создаем синтаксический анализатор верхнего уровня.

❷ Добавляем аргумент верхнего уровня, который можно использовать с любыми командами из иерархии этого синтаксического анализатора.

❸ Создаем объект для субанализаторов. Для выбора субанализатора служит атрибут `dest`.

❹ Добавляем субанализатор для *ships*.

❺ Добавляем команду в субанализатор *ships*. Список возможных вариантов подкоманд выводит параметр `choices`.

❻ Добавляем субанализатор для *sailors*.

❼ Добавляем обязательный позиционно зависимый аргумент в субанализатор *sailors*.

❽ Проверяем, какой субанализатор используется, по значению `func`.

В примере 3.4 есть один необязательный аргумент верхнего уровня (`twice`) и два субанализатора, каждый со своими командами и флагами. Пакет `argparse` автоматически создает иерархию справочных сообщений и отображает их при использовании флага `--help`.

Команды верхнего уровня, включая субанализаторы и аргумент верхнего уровня `twice`, снабжены документацией:

```
$ ./argparse_example.py --help
usage: argparse_example.py [-h] [--twice] {ships,sailors} ...

Maritime control

positional arguments:
  {ships,sailors}
    ships          Ship related commands
    sailors        Talk to a sailor

optional arguments:
  -h, --help       show this help message and exit
  --twice, -t      Do it twice
```

Можно узнать больше о подкомандах (субанализаторах), указав флаг `help` после соответствующей команды:

```
$ ./argparse_example.py ships --help
usage: argparse_example.py ships [-h] {list,sail}

positional arguments:
  {list,sail}

optional arguments:
  -h, --help   show this help message and exit
```

Как видите, пакет `argparse` предоставляет широкие возможности управления интерфейсом утилиты командной строки. При желании можно создать специально подогнанный под конкретную архитектуру многоуровневый интерфейс со встроенной документацией и множеством опций. Впрочем, это потребовало бы немалых усилий, так что взглянем на некоторые более простые варианты.

click

Пакет `click` изначально предназначался для работы с веб-фреймворком `flask`. Для привязки интерфейса командной строки непосредственно к вашим функциям в нем применяются *функции-декораторы* (function decorators). В отличие от пакета `argparse`, `click` переплетает интерфейсные решения с остальными частями кода.

ФУНКЦИИ-ДЕКОРАТОРЫ

Функции языка Python являются объектами, так что любая из них может принимать в качестве аргументов другие функции. Синтаксис декоратора — простой и аккуратный способ сделать это. Простейший формат декоратора:

```
In [2]: def some_decorator(wrapped_function):
   ...:     def wrapper():
   ...:         print('Do something before calling wrapped function')
   ...:         wrapped_function()
   ...:         print('Do something after calling wrapped function')
   ...:     return wrapper
   ...:
```

Мы можем описать другую функцию и передать ее как аргумент этой функции:

```
In [3]: def foobat():
   ...:     print('foobat')
   ...:
In [4]: f = some_decorator(foobat)
In [5]: f()
Do something before calling wrapped function
foobat
Do something after calling wrapped function
```

Синтаксис декоратора упрощает эту задачу, позволяя указать обертываемую функцию посредством *декорирования* ее аннотацией `@название_декоратора`. Вот пример использования синтаксиса декоратора для функции `some_decorator`:

```
In [6]: @some_decorator
   ...: def batfoo():
   ...:     print('batfoo')
   ...:
In [7]: batfoo()
Do something before calling wrapped function
batfoo
Do something after calling wrapped function
```

Теперь можно вызывать обернутую функцию по ее имени, а не по имени декоратора. Готовые функции-декораторы включены в состав как стандартной библиотеки языка Python (`staticMethod`, `classMethod`), так и сторонних пакетов, таких как Flask и Click.

Это значит, что можно привязывать флаги и опции непосредственно к параметрам соответствующих функций. Указав функции `command` и `option` библиотеки `click` перед своей функцией в качестве декораторов, можно сделать из нее простую утилиту командной строки:

```
#!/usr/bin/env python
"""
Простой пример использования библиотеки Click
"""
import click

@click.command()
@click.option('--greeting', default='Hiya', help='How do you want to greet?')
@click.option('--name', default='Tammy', help='Who do you want to greet?')
def greet(greeting, name):
    print(f"{greeting} {name}")

if __name__ == '__main__':
    greet()
```

Декоратор `click.command` указывает, что функция должна быть доступна для вызова из командной строки. Декоратор `click.option` служит для добавления аргумента командной строки с автоматической привязкой его к параметру функции с соответствующим именем (`--greeting` к `greet`, `--name` к `name`). Библиотека `click` выполняет часть работы «за кулисами», благодаря чему мы можем вызывать метод `greet` в блоке `main` без указания параметров, уже охваченных декораторами `option`.

Эти декораторы производят синтаксический разбор аргументов командной строки и автоматически выдают справочные сообщения:

```
$ ./simple_click.py --greeting Privet --name Peggy
Privet Peggy

$ ./simple_click.py --help
Usage: simple_click.py [OPTIONS]

Options:
  --greeting TEXT  How do you want to greet?
  --name TEXT      Who do you want to greet?
  --help           Show this message and exit.
```

Как видите, благодаря библиотеке `click` для применения функции в командной строке требуется гораздо меньше кода, чем при использовании `argparse`. Это позволяет разработчику сосредоточиться на бизнес-логике кода вместо проектирования интерфейса.

Теперь рассмотрим более сложный пример с вложенными командами. Вложение команд производится с помощью декоратора `click.group`, служащего для создания функций, представляющих группы. Для вложения команд в примере 3.5 мы используем пакет `click` с интерфейсом, очень похожим на интерфейс из примера 3.4.

Пример 3.5. click_example.py

```
#!/usr/bin/env python
"""
Утилита командной строки, использующая click
"""
import click

@click.group() ❶
def cli(): ❷
    pass

@click.group(help='Ship related commands') ❸
def ships():
    pass

cli.add_command(ships) ❹

@ships.command(help='Sail a ship') ❺
def sail():
    ship_name = 'Your ship'
    print(f"{ship_name} is setting sail")

@ships.command(help='List all of the ships')
def list_ships():
    ships = ['John B', 'Yankee Clipper', 'Pequod']
    print(f"Ships: {','.join(ships)}")

@cli.command(help='Talk to a sailor') ❻
@click.option('--greeting', default='Ahoy there', help='Greeting for sailor')
@click.argument('name')
def sailors(greeting, name):
    message = f'{greeting} {name}'
    print(message)

if __name__ == '__main__':
    cli() ❼
```

❶ Создаем группу верхнего уровня для прочих групп и команд.

❷ Создаем функцию, которая будет выступать в роли группы верхнего уровня. Метод `click.group` преобразует функцию в группу.

❸ Создаем группу для команд `ships`.

❹ Добавляем в группу верхнего уровня группу `ships` в качестве команды. Обратите внимание на то, что функция `cli` теперь представляет собой группу с методом `add_command`.

❺ Добавляем команду в группу `ships`. Обратите внимание на то, что вместо `click.command` мы используем `ships.command`.

❻ Добавляем команду в группу `cli`.

❼ Вызываем группу верхнего уровня.

Справочные сообщения верхнего уровня, сгенерированные `click`, выглядят так:

```
./click_example.py --help
Usage: click_example.py [OPTIONS] COMMAND [ARGS]...

Options:
  --help  Show this message and exit.

Commands:
  sailors  Talk to a sailor
  ships    Ship related commands
```

А вот так можно посмотреть справку для подгруппы:

```
$ ./click_example.py ships --help
Usage: click_example.py ships [OPTIONS] COMMAND [ARGS]...

  Ship related commands

Options:
  --help  Show this message and exit.

Commands:
  list-ships  List all of the ships
  sail        Sail a ship
```

Если сравнить примеры 3.4 и 3.5, можно заметить различия между `argparse` и `click`. Подход `click` определенно требует меньшего объема кода — почти в два раза. Код пользовательского интерфейса (UI) разбросан по всей программе, что особенно важно при создании функций, работающих исключительно в качестве групп. В сложной программе с запутанным интерфейсом следует стремиться как можно сильнее изолировать различную функциональность, упрощая тем самым тестирование и отладку отдельных ее частей. В подобном случае имеет смысл применять `argparse`, чтобы отделить код интерфейса.

ОПИСАНИЕ КЛАССОВ

Описание класса начинается с ключевого слова `class`, за которым следуют имя класса и скобки:

```
In [1]: class MyClass():
```

Далее в блоке кода, сдвинутом вправо с помощью отступов, размещаются описания атрибутов и методов. Все методы класса получают в качестве первого параметра копию объекта класса. По соглашению она называется `self`:

```
In [1]: class MyClass():
   ...:     def some_method(self):
   ...:         print(f"Say hi to {self}")
   ...:
In [2]: myObject = MyClass()
In [3]: myObject.some_method()
Say hi to <__main__.MyClass object at 0x1056f4160>
```

У каждого класса есть метод `init`, вызываемый при создании экземпляра этого класса. Если не описать этот метод, класс унаследует от базового класса `object` языка Python метод по умолчанию:

```
In [4]: MyClass.__init__
Out[4]: <slot wrapper '__init__' of 'object' objects>
```

Атрибуты объекта обычно описываются в методе `init`:

```
In [5]: class MyOtherClass():
   ...:     def __init__(self, name):
   ...:         self.name = name
   ...:
In [6]: myOtherObject = MyOtherClass('Sammy')
In [7]: myOtherObject.name
Out[7]: 'Sammy'
```

fire

Попробуем еще дальше продвинуться по пути создания утилиты командной строки с помощью минимального объема кода. Пакет `fire` создает интерфейсы автоматически с помощью интроспекции кода. Если нужно сделать доступной в командной строке простую функцию, можно просто вызвать метод `fire.Fire`, указав ее в качестве аргумента:

```
#!/usr/bin/env python
"""
Простой пример использования библиотеки fire
"""
import fire
```

```
def greet(greeting='Hiya', name='Tammy'):
    print(f"{greeting} {name}")

if __name__ == '__main__':
    fire.Fire(greet)
```

Далее библиотека `fire` создает UI на основе названия и аргументов метода:

```
$ ./simple_fire.py --help

NAME
    simple_fire.py

SYNOPSIS
    simple_fire.py <flags>

FLAGS
    --greeting=GREETING
    --name=NAME
```

В простых случаях можно автоматически сделать доступными в командной строке несколько методов путем вызова `fire` без аргументов:

```
#!/usr/bin/env python
"""
Простой пример использования fire
"""
import fire

def greet(greeting='Hiya', name='Tammy'):
    print(f"{greeting} {name}")

def goodbye(goodbye='Bye', name='Tammy'):
    print(f"{goodbye} {name}")

if __name__ == '__main__':
    fire.Fire()
```

`fire` автоматически делает из каждой функции команду и создает документацию для нее:

```
$ ./simple_fire.py --help
INFO: Showing help with the command 'simple_fire.py -- --help'.

NAME
    simple_fire.py

SYNOPSIS
    simple_fire.py GROUP | COMMAND

GROUPS
    GROUP is one of the following:
```

```
     fire
       The Python fire module.

COMMANDS
    COMMAND is one of the following:

     greet

     goodbye
(END)
```

Это очень удобно, если нужно разобраться в чужом коде или отладить свой. Одной дополнительной строки кода достаточно, чтобы получить возможность работать со всеми функциями модуля из командной строки. Весьма впечатляюще. Поскольку библиотека `fire` определяет интерфейс на основе структуры самой программы, то она сильнее связана с не относящимся к интерфейсу кодом, чем `argparse` или `click`. Для моделирования интерфейса с вложенными командами необходимо описать классы, отражающие структуру требуемого интерфейса. Пример 3.6 иллюстрирует подобный подход.

Пример 3.6. fire_example.py

```
#!/usr/bin/env python
"""
Утилита командной строки, использующая библиотеку fire
"""
import fire

class Ships(): ❶
    def sail(self):
        ship_name = 'Your ship'
        print(f"{ship_name} is setting sail")

    def list(self):
        ships = ['John B', 'Yankee Clipper', 'Pequod']
        print(f"Ships: {','.join(ships)}")

def sailors(greeting, name): ❷
    message = f'{greeting} {name}'
    print(message)

class Cli(): ❸

    def __init__(self):
        self.sailors = sailors
        self.ships = Ships()

if __name__ == '__main__':
    fire.Fire(Cli) ❹
```

❶ Описываем класс для команд `ships`.

❷ У `sailors` подкоманд нет, так что ее можно описать в виде функции.

❸ Описываем класс, который будет играть роль группы верхнего уровня. Добавляем в качестве атрибутов этого класса функцию `sailors` и класс `Ships`.

❹ Вызываем метод `fire.Fire`, передавая ему класс, который будет играть роль группы верхнего уровня.

В автоматически сгенерированной документации верхнего уровня класс `Ships` описан как группа, а команда `sailors` — как команда:

```
$ ./fire_example.py

NAME
    fire_example.py

SYNOPSIS
    fire_example.py GROUP | COMMAND

GROUPS
    GROUP is one of the following:

     ships

COMMANDS
    COMMAND is one of the following:

     sailors
(END)
```

В справке по группе `ships` показаны команды, соответствующие методам класса `Ships`:

```
$ ./fire_example.py ships --help
INFO: Showing help with the command 'fire_example.py ships -- --help'.

NAME
    fire_example.py ships

SYNOPSIS
    fire_example.py ships COMMAND

COMMANDS
    COMMAND is one of the following:

     list

     sail
(END)
```

Параметры функции `sailors` превратились в позиционно зависимые аргументы:

```
$ ./fire_example.py sailors --help
INFO: Showing help with the command 'fire_example.py sailors -- --help'.

NAME
    fire_example.py sailors

SYNOPSIS
    fire_example.py sailors GREETING NAME

POSITIONAL ARGUMENTS
    GREETING
    NAME

NOTES
    You can also use flags syntax for POSITIONAL ARGUMENTS
(END)
```

Как и ожидалось, теперь можно вызывать команды и подкоманды:

```
$ ./fire_example.py ships sail
Your ship is setting sail
$ ./fire_example.py ships list
Ships: John B,Yankee Clipper,Pequod
$ ./fire_example.py sailors Hiya Karl
Hiya Karl
```

Замечательная возможность `fire` — легкий переход в интерактивный режим. Если использован флаг `--interactive`, `fire` открывает командную оболочку IPython, в которой доступны объект и функции из вашего сценария:

```
$ ./fire_example.py sailors Hiya Karl -- --interactive
Hiya Karl
Fire is starting a Python REPL with the following objects:
Modules: fire
Objects: Cli, Ships, component, fire_example.py, result, sailors, self, trace

Python 3.7.0 (default, Sep 23 2018, 09:47:03)
Type 'copyright', 'credits' or 'license' for more information
IPython 7.5.0 -- An enhanced Interactive Python. Type '?' for help.
 ------------------------------------------------------------------------
In [1]: sailors
Out[1]: <function __main__.sailors(greeting, name)>

In [2]: sailors('hello', 'fred')
hello fred
```

Здесь мы запускаем команду `sailors` нашей программы для судоходства в интерактивном режиме. Открывается командная оболочка IPython, в которой у вас есть доступ к функции `sailors`. Этот интерактивный режим в сочетании

с простотой предоставления доступа к объектам из командной строки при использовании `fire` делает ее идеальным инструментом как для отладки, так и для знакомства с новым кодом.

Теперь вы видели весь спектр библиотек создания утилит командной строки, начиная с требующей большого объема ручного труда `argparse` до более лаконичной `click` и, наконец, минималистичной `fire`. Какую же использовать? Мы рекомендуем в большинстве случаев применять `click`, сочетающую простоту и широкие возможности контроля. Для сложных интерфейсов, где желательно отделить код UI от бизнес-логики, лучше подойдет `argparse`. А для быстрого доступа к коду, у которого нет интерфейса командной строки, идеальна `fire`.

Реализация плагинов

После реализации пользовательского интерфейса командной строки для приложения имеет смысл задуматься о системе плагинов. Плагины — создаваемые пользователями дополнения к программе, расширяющие ее функциональность. Системы плагинов можно найти в самых разнообразных приложениях, от больших, наподобие Maya от Autodesk, до минималистичных веб-фреймворков, таких как Flask. Вы можете написать утилиту для обхода файловой системы и предоставить пользователям возможность создавать плагины для работы с ее (файловой системы) содержимым. Главная составляющая любой системы плагинов — обнаружение последних. Программа должна знать о доступных для загрузки и выполнения плагинах. В примере 3.7 мы напишем простое приложение для обнаружения и запуска плагинов. В нем для поиска, загрузки и запуска плагинов применяется указанный пользователем префикс.

Пример 3.7. simple_plugins.py

```
#!/usr/bin/env python
import fire
import pkgutil
import importlib

def find_and_run_plugins(plugin_prefix):
    plugins = {}

    # Обнаружение и загрузка плагинов
    print(f"Discovering plugins with prefix: {plugin_prefix}")
    for _, name, _ in  pkgutil.iter_modules(): ❶
        if name.startswith(plugin_prefix): ❷
            module = importlib.import_module(name) ❸
            plugins[name] = module

    # Запуск плагинов
    for name, module in plugins.items():
```

```
        print(f"Running plugin {name}")
        module.run() ❹

if __name__ == '__main__':
    fire.Fire()
```

❶ `pkgutil.iter_modules` возвращает все доступные для текущего `sys.path` модули.

❷ Проверяем, начинается ли название модуля с интересующего нас префикса.

❸ Используем `importlib` для загрузки модуля, сохраняя его в объекте `dict` для дальнейшего использования.

❹ Вызываем метод `run` плагина.

Подключение дополнительных плагинов для примера 3.7 требует от пользовательских модулей всего лишь указания префикса в названии и доступа к их функциональности с помощью метода `run`. Если написать два файла с префиксом `foo_plugin` со своими методами `run`:

```
def run():
    print("Running plugin A")

def run():
    print("Running plugin B")
```

можно будет обнаружить и запустить их с помощью нашей системы работы с плагинами:

```
$ ./simple_plugins.py find_and_run_plugins foo_plugin
Running plugin foo_plugin_a
Running plugin A
Running plugin foo_plugin_b
Running plugin B
```

Этот простой пример можно легко расширить, создавая в своих приложениях системы плагинов.

Ситуационный анализ: разгоняем Python с помощью утилит командной строки

Писать код сейчас удобно как никогда: всего несколько строк кода способны очень на многое. Одной-единственной функции достаточно для удивительных вещей. Благодаря GPU, машинному обучению, облачным сервисам и Python можно легко создавать разогнанные утилиты командной строки. Это все равно

что перевести код с простого двигателя внутреннего сгорания на реактивный двигатель. Достаточно одной функции, фрагмента кода с нужной логикой и, наконец, декоратора, чтобы использовать все это из командной строки.

Написание и сопровождение обычных приложений с GUI — веб- или традиционных — поистине сизифов труд. Начинается оно с самых благих намерений, но быстро превращается в унылые трудоемкие мытарства, и в итоге вы начинаете недоумевать, почему вообще решили, что программист — такая хорошая профессия. Почему вы работаете с этой утилитой установки веб-фреймворка, по существу автоматизирующей технологию 1970-х — реляционную базу данных — посредством набора сценариев Python? Технологии древнего Ford Pinto со склонным к взрывам топливным баком новее, чем ваш веб-фреймворк. Наверняка есть лучший способ заработать себе на хлеб с маслом.

Ответ прост: перестаньте писать веб-приложения и создавайте вместо них «реактивные» утилиты командной строки. Обсуждаемые в следующих разделах утилиты командной строки нацелены на получение быстрых результатов с помощью минимального объема кода. В числе их возможностей — обучение на данных (машинное обучение), повышение быстродействия кода в 2000 раз и, самое замечательное, генерация цветного вывода в терминал.

Вот исходные ингредиенты приведенных далее программных решений:

- фреймворк Click;
- фреймворк CUDA языка Python;
- фреймворк Numba;
- фреймворк машинного обучения Scikit-learn.

Динамический компилятор Numba

Python печально известен своим низким быстродействием, поскольку по своей природе это язык сценариев. Один из способов обойти эту проблему — использовать динамический (Just-in-Time, JIT) компилятор Numba. Взглянем, как выглядит соответствующий код[1].

Во-первых, воспользуемся декоратором для хронометража, чтобы оценить время выполнения наших функций[2]:

---

[1] Полностью код можно найти на сайте автора: https://github.com/noahgift/nuclear_powered_command_line_tools/blob/master/nuclearcli.py. — *Примеч. пер.*

[2] Не забудьте импортировать wraps из пакета functools: from functools import wraps. — *Примеч. пер.*

```
def timing(f):
    @wraps(f)
    def wrap(*args, **kwargs):
        ts = time()
        result = f(*args, **kwargs)
        te = time()
        print(f"fun: {f.__name__}, args: [{args}, {kwargs}] took: {te-ts} sec")
        return result
    return wrap
```

Далее добавим[1] декоратор `numba.jit` с ключевым аргументом `nopython`, равным `True`. Благодаря этому код будет выполняться JIT, а не обычным Python:

```
@timing
@numba.jit(nopython=True)
def expmean_jit(rea):
    """Вычисляет средние значения"""

    val = rea.mean() ** 2
    return val
```

При его запуске вы увидите как `jit`, так и обычную версию, запущенные посредством утилиты командной строки:

```
$ python nuclearcli.py jit-test
Running NO JIT
func:'expmean' args:[(array([[1.0000e+00, 4.2080e+05, 2350e+05, ...,
                              1.0543e+06, 1.0485e+06, 1.0444e+06],
       [2.0000e+00, 5.4240e+05, 5.4670e+05, ...,
              1.5158e+06, 1.5199e+06, 1.5253e+06],
       [3.0000e+00, 7.0900e+04, 7.1200e+04, ...,
              1.1380e+05, 1.1350e+05, 1.1330e+05],
       ...,
       [1.5277e+04, 9.8900e+04, 9.8100e+04, ...,
              2.1980e+05, 2.2000e+05, 2.2040e+05],
       [1.5280e+04, 8.6700e+04, 8.7500e+04, ...,
              1.9070e+05, 1.9230e+05, 1.9360e+05],
       [1.5281e+04, 2.5350e+05, 2.5400e+05, ..., 7.8360e+05, 7.7950e+05,
        7.7420e+05]], dtype=float32),), {}] took: 0.0007 sec
$ python nuclearcli.py jit-test --jit
Running with JIT
func:'expmean_jit' args:[(array([[1.0000e+00, 4.2080e+05, 4.2350e+05, ...,
                              0543e+06, 1.0485e+06, 1.0444e+06],
       [2.0000e+00, 5.4240e+05, 5.4670e+05, ..., 1.5158e+06, 1.5199e+06,
        1.5253e+06],
       [3.0000e+00, 7.0900e+04, 7.1200e+04, ..., 1.1380e+05, 1.1350e+05,
        1.1330e+05],
       ...,
```

[1] Не забудьте перед этим установить пакет numba, а затем импортировать его в коде. — *Примеч. пер.*

```
       [1.5277e+04, 9.8900e+04, 9.8100e+04, ..., 2.1980e+05, 2.2000e+05,
        2.2040e+05],
       [1.5280e+04, 8.6700e+04, 8.7500e+04, ..., 1.9070e+05, 1.9230e+05,
        1.9360e+05],
       [1.5281e+04, 2.5350e+05, 2.5400e+05, ..., 7.8360e+05, 7.7950e+05,
@click.option('--jit/--no-jit', default=False)
        7.7420e+05]], dtype=float32),), {}] took: 0.2180 sec
```

Как этот код работает? Этот простой переключатель требует всего лишь нескольких строк кода:

```
@cli.command()
def jit_test(jit):
    rea = real_estate_array()
    if jit:
        click.echo(click.style('Running with JIT', fg='green'))
        expmean_jit(rea)
    else:
        click.echo(click.style('Running NO JIT', fg='red'))
        expmean(rea)
```

В некоторых случаях JIT-версия может ускорить выполнение кода в тысячи раз, но определять это нужно путем тестирования. Кроме того, стоит обратить внимание на следующую строку:

```
click.echo(click.style('Running with JIT', fg='green'))
```

Этот сценарий позволяет выводить в терминал текст различных цветов, что может оказаться очень удобно для сложных утилит.

Использование GPU с помощью CUDA Python

Еще один способ существенно ускорить выполнение кода — запуск его непосредственно на GPU. Для следующего примера вам понадобится компьютер с поддержкой CUDA. Код выглядит следующим образом:

```
@cli.command()
def cuda_operation():
    """Выполняет векторизованные операции на GPU"""

    x = real_estate_array()
    y = real_estate_array()

    print("Moving calculations to GPU memory")
    x_device = cuda.to_device(x)
    y_device = cuda.to_device(y)
    out_device = cuda.device_array(
        shape=(x_device.shape[0],x_device.shape[1]), dtype=np.float32)
    print(x_device)
```

```
    print(x_device.shape)
    print(x_device.dtype)

    print("Calculating on GPU")
    add_ufunc(x_device,y_device, out=out_device)

    out_host = out_device.copy_to_host()
    print(f"Calculations from GPU {out_host}")
```

Имеет смысл отметить, что если сначала переместить массив Numpy на GPU, то векторизованная функция выполняет вычисления на GPU. А после завершения задания данные перемещаются обратно из GPU. Использование GPU может радикально улучшить выполнение кода в зависимости от того, какие именно вычисления производятся. Вот результаты выполнения утилиты командной строки:

```
$ python nuclearcli.py cuda-operation
Moving calculations to GPU memory
<numba.cuda.cudadrv.devicearray.DeviceNDArray object at 0x7f01bf6ccac8>
(10015, 259)
float32
Calculating on GPU
Calculcations from GPU [
 [2.0000e+00 8.4160e+05 8.4700e+05 ... 2.1086e+06 2.0970e+06 2.0888e+06]
 [4.0000e+00 1.0848e+06 1.0934e+06 ... 3.0316e+06 3.0398e+06 3.0506e+06]
 [6.0000e+00 1.4180e+05 1.4240e+05 ... 2.2760e+05 2.2700e+05 2.2660e+05]
 ...
 [3.0554e+04 1.9780e+05 1.9620e+05 ... 4.3960e+05 4.4000e+05 4.4080e+05]
 [3.0560e+04 1.7340e+05 1.7500e+05 ... 3.8140e+05 3.8460e+05 3.8720e+05]
 [3.0562e+04 5.0700e+05 5.0800e+05 ... 1.5672e+06 1.5590e+06 1.5484e+06]
]
```

Многоядерное многопоточное выполнение кода Python с помощью Numba

Одна из часто возникающих проблем с производительностью Python заключается в отсутствии подлинной многопоточности. Ее тоже можно решить с помощью Numba. Вот пример некоторых простейших операций:

```
@timing
@numba.jit(parallel=True)
def add_sum_threaded(rea):
    """Использует все ядра процессора"""

    x,_ = rea.shape
    total = 0
    for _ in numba.prange(x):
        total += rea.sum()
        print(total)
```

```
@timing
def add_sum(rea):
    """Обычный цикл for"""

    x,_ = rea.shape
    total = 0
    for _ in numba.prange(x):
        total += rea.sum()
        print(total)

@cli.command()
@click.option('--threads/--no-jit', default=False)
def thread_test(threads):
    rea = real_estate_array()
    if threads:
        click.echo(click.style('Running with multicore threads', fg='green'))
        add_sum_threaded(rea)
    else:
        click.echo(click.style('Running NO THREADS', fg='red'))
        add_sum(rea)
```

Обратите внимание на ключевое отличие распараллеленной версии: потоки выполнения для итераций порождаются с помощью декоратора `@numba.jit(parallel=True)` и оператора `numba.prange`. Как видно из рис. 3.1, все ядра CPU на машине используются практически на 100 %, а когда практически тот же код выполняется без распараллеливания, задействуется только одно ядро:

```
$ python nuclearcli.py thread-test
$ python nuclearcli.py thread-test --threads
```

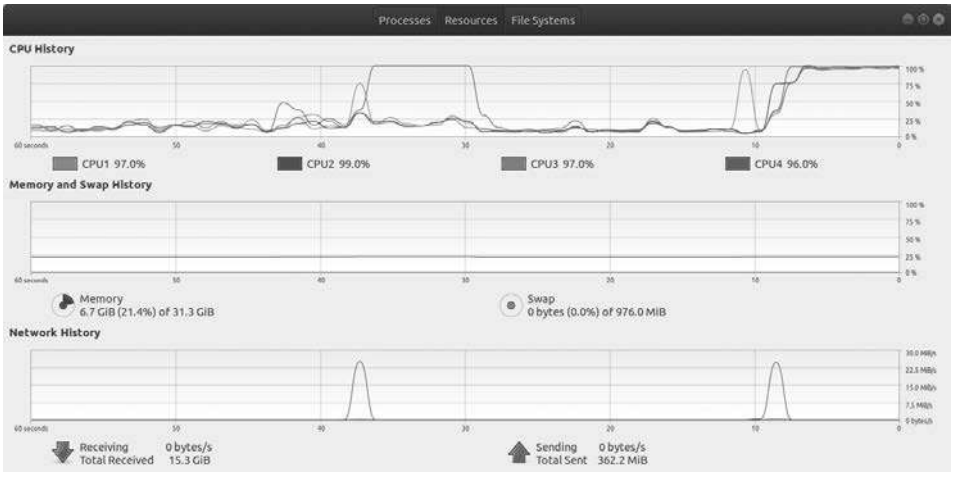


Рис. 3.1. Использование всех ядер CPU

Кластеризация методом k-средних

С помощью утилит командной строки можно реализовать и еще одну замечательную вещь — машинное обучение. В приведенном далее примере нам потребовалось всего несколько строк кода, чтобы создать функцию для кластеризации методом k-средних. В данном случае мы кластеризуем DataFrame Pandas на три кластера (по умолчанию):

```
def kmeans_cluster_housing(clusters=3):
    """Кластеризация DataFrame методом k-средних"""
    url = "https://raw.githubusercontent.com/noahgift/\
           socialpowernba/master/data/nba_2017_att_val_elo_win_housing.csv"
    val_housing_win_df =pd.read_csv(url)
    numerical_df =(
        val_housing_win_df.loc[:,["TOTAL_ATTENDANCE_MILLIONS", "ELO",
        "VALUE_MILLIONS", "MEDIAN_HOME_PRICE_COUNTY_MILLIONS"]]
    )
    # Нормирование данных
    scaler = MinMaxScaler()
    scaler.fit(numerical_df)
    scaler.transform(numerical_df)
    # Кластеризация данных
    k_means = KMeans(n_clusters=clusters)
    kmeans = k_means.fit(scaler.transform(numerical_df))
    val_housing_win_df['cluster'] = kmeans.labels_
    return val_housing_win_df
```

Количество кластеров можно изменить на другое, передав нужный параметр с помощью `click`:

```
@cli.command()
@click.option("--num", default=3, help="number of clusters")
def cluster(num):
    df = kmeans_cluster_housing(clusters=num)
    click.echo("Clustered DataFrame")
    click.echo(df.head())
```

В итоге получаем кластеризованный DataFrame Pandas. Обратите внимание на наличие в нем столбца, отражающего распределение по кластерам:

```
$ python -W nuclearcli.py cluster
Clustered DataFrame
               TEAM  GMS    ...         COUNTY   cluster
0     Chicago Bulls   41    ...           Cook         0
1  Dallas Mavericks   41    ...         Dallas         0
2  Sacramento Kings   41    ...     Sacremento         1
3        Miami Heat   41    ...     Miami-Dade         0
4   Toronto Raptors   41    ...    York-County         0
```

```
[5 rows x 12 columns]

$ python -W nuclearcli.py cluster --num 2

Clustered DataFrame
               TEAM  GMS     ...          COUNTY   cluster
0     Chicago Bulls   41     ...            Cook         1
1  Dallas Mavericks   41     ...          Dallas         1
2  Sacramento Kings   41     ...      Sacremento         0
3        Miami Heat   41     ...      Miami-Dade         1
4   Toronto Raptors   41     ...    York-County          1
[5 rows x 12 columns]
```

Упражнения

- Напишите с помощью `sys` сценарий, который выводит текст *«командная строка»* только тогда, когда запущен из командной строки.
- Создайте с помощью библиотеки `click` утилиту командной строки, принимающую в качестве аргумента название и выводящую его в случае, если оно не начинается с символа *p*.
- Воспользуйтесь `fire` для обращения к методам в уже существующем сценарии Python из командной строки.

ГЛАВА 4

Полезные утилиты Linux

Командная строка и ее утилиты так понравились Альфредо, что он быстро привязался к серверам под управлением Linux. Одна из первых его должностей — системный администратор в не очень крупной компании, где он отвечал за все относящееся к Linux. Небольшой IT-отдел, занимавшийся в основном серверами и рабочими станциями под управлением Windows, всеми фибрами души ненавидел командную строку. В какой-то момент руководитель IT-подразделения сказал Альфредо, что понимает, как решать поставленные задачи только с помощью графических интерфейсов (GUI), утилит и общего инструментария: «Я не программист, если у программы нет GUI, я не могу ею пользоваться».

Альфредо наняли по договору подряда, чтобы он помог настроить несколько имеющихся у компании серверов Linux. В то время в качестве системы контроля версий была особенно популярна Subversion (SVN), и все разработчики компании отправляли свою работу на один сервер SVN. Вместо централизованного сервера авторизации, предоставляемого двумя *контроллерами домена*, он использовал текстовую систему аутентификации, в которой пользователям ставились в соответствие хеши их паролей. А значит, имена пользователей не обязательно соответствовали именам из контроллера домена и пароли могли быть произвольными. Зачастую разработчики запрашивали восстановление пароля, и кому-то приходилось редактировать текстовый файл с хешами. Руководитель проекта попросил Альфредо интегрировать SVN-аутентификацию с контроллером домена (Active Directory от компании Microsoft). Первый вопрос, который Альфредо задал: «А почему сотрудники IT-подразделения до сих пор этого не сделали?» В ответ прозвучало: «Они говорят, что это невозможно, но, Альфредо, это вранье, SVN можно интегрировать с Active Directory».

Он никогда раньше не использовал сервисы аутентификации наподобие Active Directory и очень плохо понимал, как работает SVN, но был настроен выполнить поставленную задачу. Альфредо задался целью прочитать все, что только воз-

можно, про SVN и Active Directory, запустил виртуальную машину с сервером SVN и попытался добиться работы этой схемы аутентификации. Чтение необходимой документации и настройка заняли почти две недели. В конце концов он добился того, чего хотел, и сумел запустить эту систему в промышленную эксплуатацию. Ощущения были невероятные: он получил уникальные знания и был готов полностью отвечать за систему. Руководитель IT, как и весь остальной отдел, были в трансе. Альфредо попытался поделиться вновь обретенными познаниями с остальными, но постоянно наталкивался на отговорки: «нет времени», «очень занят», «другие приоритеты» и «возможно, когда-нибудь потом — может, на следующей неделе».

Наиболее удачное определение технических специалистов — *информационные работники* (knowledge worker). Любознательность и непрерывная тяга к знаниям совершенствуют и вас, и среду, над которой вы работаете. Никогда не позволяйте коллегам (и даже целому IT-подразделению, как в случае с Альфредо) препятствовать усовершенствованию систем. Хватайтесь за малейшую возможность выучить что-то новое! В худшем случае обретенные знания редко будут вам нужны, но в лучшем могут полностью изменить ваш профессиональный путь.

В Linux есть и графические среды, но по-настоящему раскрыть его возможности можно лишь понимая и используя командную строку, а в перспективе и расширяя ее. Бывалые специалисты DevOps при отсутствии готовых утилит для решения какой-либо задачи создают свои собственные. Решение поставленных задач путем комбинирования базовых элементов открывает огромные перспективы, и именно это ощутил Альфредо, когда сумел решить проблему своими силами, а не установив готовое программное обеспечение.

В этой главе мы рассмотрим несколько распространенных паттернов работы с командной оболочкой, включая несколько удобных команд Python, расширяющих возможности взаимодействия с машиной. Создание псевдонимов и *однострочных сценариев* — одна из самых увлекательных сторон нашей работы, иногда они оказываются настолько удобными, что становятся плагинами или автономными элементами программного обеспечения.

Дисковые утилиты

Существует несколько различных утилит для получения информации о системных устройствах. Возможности многих из них пересекаются между собой, а некоторые, например `fdisk` и `parted`, позволяют производить операции над диском в ходе интерактивного сеанса.

Необходимо хорошо разбираться в работе дисковых утилит не только для извлечения информации и выполнения операций с разделами диска, но и для точной оценки быстродействия. А правильная оценка быстродействия — одна из самых хитрых задач. Лучший ответ на вопрос «Как измерить быстродействие устройства?» звучит так: «Зависит от обстоятельств», поскольку очень сложно найти единый показатель на все случаи жизни.

Измерение быстродействия

В ходе работы в изолированной среде с сервером без доступа в Интернет либо на сервере, где у нас нет прав на установку пакетов, частичный ответ на этот вопрос можно было бы получить с помощью утилиты `dd` (доступной в большинстве основных дистрибутивов Linux). При возможности имеет смысл использовать ее совместно с `iostat`[1], чтобы отделить команду, занимающую ресурсы машины, от команды, просто возвращающей отчет.

Как однажды сказал мне опытный специалист по производительности, все зависит от того, что измеряется и как. Например, утилита `dd` — однопоточная и возможности ее ограничены, в частности, она не умеет выполнять множественные операции случайного чтения и записи. Кроме того, она измеряет пропускную способность, а не количество операций ввода/вывода в секунду (IOPS). Так что же вы хотите измерить, пропускную способность или IOPS?

Осторожнее с этими примерами: они могут уничтожить вашу систему. Так что не следуйте им вслепую и указывайте только те устройства, которые можно спокойно очищать[2].

Следующая простая однострочная команда получает с помощью команды `dd` определенную статистику по новому устройству (в данном случае `/dev/sdc`):

```
$ dd if=/dev/zero of=/dev/sdc count=10 bs=100M
10+0 records in
10+0 records out
1048576000 bytes (1.0 GB, 1000 MiB) copied, 1.01127 s, 1.0 GB/s
```

Она делает десять записей по 100 Мбайт со скоростью 1 Гбайт/с, измеряя таким образом пропускную способность. Простейший способ получить значение IOPS

[1] Возможно, вам придется установить эту утилиту, например, с помощью команды sudo apt install sysstat. — *Примеч. пер.*

[2] Недаром название команды dd иногда в шутку расшифровывают как «добей диск». — *Примеч. пер.*

с помощью dd — воспользоваться iostat. В следующем примере iostat выполняется только на устройстве, обрабатываемом dd, причем флаг -d означает лишь получение информации об устройстве с интервалом 1 секунда:

```
$ iostat -d /dev/sdc 1

Device             tps    kB_read/s    kB_wrtn/s    kB_read    kB_wrtn
sdc            6813.00         0.00   1498640.00          0    1498640

Device             tps    kB_read/s    kB_wrtn/s    kB_read    kB_wrtn
sdc            6711.00         0.00   1476420.00          0    1476420
```

Утилита iostat повторяет выводимую информацию ежесекундно, пока вы не прервете операцию, нажав Ctrl+C. Второй столбец в выводимой информации — tps (transactions per second — транзакций в секунду) — то же самое, что и IOPS. Можно более удобным способом визуализировать выводимую информацию, избавившись от всей этой мешанины повторов. Для этого достаточно очищать терминал при каждом вызове:

```
$ while true; do clear && iostat -d /dev/sdc && sleep 1; done
```

Повышаем точность измерения с помощью fio

Если dd и iostat недостаточно, чаще всего для измерения быстродействия используют fio. С ее помощью можно выяснить поведение в смысле быстродействия в среде с высокой нагрузкой по чтению и/или записи (и даже выбрать процентное соотношение операций чтения/записи).

fio выводит довольно много информации. В примере далее мы немного сократили ее, чтобы подчеркнуть полученные значения IOPS для операций чтения и записи:

```
$ fio --name=sdc-performance --filename=/dev/sdc --ioengine=libaio \
  --iodepth=1 --rw=randrw --bs=32k --direct=0 --size=64m
sdc-performance: (g=0): rw=randwrite, bs=(R) 32.0KiB-32.0KiB,
(W) 32.0KiB-32.0KiB, (T) 32.0KiB-32.0KiB, ioengine=libaio, iodepth=1
fio-3.1
Starting 1 process
sdc-performance: (groupid=0, jobs=1): err= 0: pid=2879:
   read: IOPS=1753, BW=54.8MiB/s (57.4MB/s)(31.1MiB/567msec)
...
   iops        : min= 1718, max= 1718, avg=1718.00, stdev= 0.00, samples=1
  write: IOPS=1858, BW=58.1MiB/s (60.9MB/s)(32.9MiB/567msec)
...
   iops        : min= 1824, max= 1824, avg=1824.00, stdev= 0.00, samples=1
```

С помощью флагов в этом примере мы называем *задание* `sdc-performance`, указываем непосредственно на устройство `/dev/sdc` (для этого необходимы права доступа суперпользователя), задействуем нативную библиотеку Linux асинхронного ввода/вывода, устанавливаем параметру `iodepth` значение `1` (количество отправляемых за один раз последовательных запросов ввода/вывода) и задаем размер буфера 32 Кбайт для буферизованного ввода/вывода при операциях чтения/записи (для небуферизованного ввода/вывода необходимо установить значение `1`) для 64-мегабайтного файла. Очень длинная команда получилась!

Утилита `fio` насчитывает огромное количество дополнительных опций, достаточных практически для любого случая, когда требуется точное измерение IOPS. Например, она способна тестировать сразу несколько устройств, а также выполнять «прогревочные» операции ввода/вывода и даже задавать пороговые значения при тестировании ввода/вывода, если существуют определенные предельные значения, которые нельзя превышать. Наконец, множество опций командной строки можно настраивать через INI-файлы, что позволяет описывать изящные сценарии выполнения заданий.

Разделы диска

Разделы диска обычно создаются с помощью утилиты `fdisk` с ее интерактивными сеансами, но в некоторых случаях она подходит плохо, например, если разделы большие (2 Тбайт и более). В этих случаях в качестве запасного варианта можно воспользоваться `parted`.

Следующий краткий пример интерактивного сеанса демонстрирует создание с помощью утилиты `fdisk` основного раздела диска с начальным значением по умолчанию и размером 4 Гбайт. В конце нажимается клавиша `w` для записи изменений на диск:

```
$ sudo fdisk /dev/sds

Command (m for help): n
Partition type:
   p   primary (0 primary, 0 extended, 4 free)
   e   extended
Select (default p): p

Partition number (1-4, default 1):
First sector (2048-22527999, default 2048):
Using default value 2048
Last sector, +sectors or +size{K,M,G} (2048-22527999, default 22527999): +4G
Partition 1 of type Linux and of size 4 GiB is set
```

```
Command (m for help): w
The partition table has been altered!

Calling ioctl() to re-read partition table.
Syncing disks.
```

Утилита `parted` позволяет получить тот же результат, но ее интерфейс иной:

```
$ sudo parted /dev/sdaa
GNU Parted 3.1
Using /dev/sdaa
Welcome to GNU Parted! Type 'help' to view a list of commands.
(parted) mklabel
New disk label type? gpt
(parted) mkpart
Partition name?  []?
File system type?  [ext2]?
Start? 0
End? 40%
```

Для выхода в конце необходимо нажать клавишу `q`. Создать разделы из командной строки без каких-либо интерактивных приглашений к вводу можно с помощью нескольких команд:

```
$ parted --script /dev/sdaa mklabel gpt
$ parted --script /dev/sdaa mkpart primary 1 40%
$ parted --script /dev/sdaa print
Disk /dev/sdaa: 11.5GB
Sector size (logical/physical): 512B/512B
Partition Table: gpt
Disk Flags:

Number  Start   End     Size    File system  Name     Flags
 1      1049kB  4614MB  4613MB
```

Получение информации о конкретном устройстве

Для получения информации о каком-то конкретном устройстве иногда отлично подойдут утилиты `lsblk` или `blkid`. `fdisk` не захочет работать без прав доступа суперпользователя. В следующем примере `fdisk` выводит информацию об устройстве `/dev/sda`:

```
$ fdisk -l /dev/sda
fdisk: cannot open /dev/sda: Permission denied

$ sudo fdisk -l /dev/sda
Disk /dev/sda: 42.9 GB, 42949672960 bytes, 83886080 sectors
Units = sectors of 1 * 512 = 512 bytes
```

```
Sector size (logical/physical): 512 bytes / 512 bytes
I/O size (minimum/optimal): 512 bytes / 512 bytes
Disk label type: dos
Disk identifier: 0x0009d9ce

   Device Boot      Start         End      Blocks   Id  System
/dev/sda1   *        2048    83886079    41942016   83  Linux
```

Утилита `blkid` схожа с `fdisk` в том, что требует прав доступа суперпользователя:

```
$ blkid /dev/sda

$ sudo blkid /dev/sda
/dev/sda: PTTYPE="dos"
```

Утилита `lsblk` дает возможность получить ту же информацию, не имея повышенных полномочий:

```
$ lsblk /dev/sda
NAME   MAJ:MIN RM SIZE RO TYPE MOUNTPOINT
sda      8:0    0  40G  0 disk
└─sda1   8:1    0  40G  0 part /
$ sudo lsblk /dev/sda
NAME   MAJ:MIN RM SIZE RO TYPE MOUNTPOINT
sda      8:0    0  40G  0 disk
└─sda1   8:1    0  40G  0 part /
```

Утилита `blkid` с флагом `-p` для низкоуровневого исследования устройств делает работу *очень тщательно* и предоставляет много информации об устройствах:

```
$ blkid -p /dev/sda1
UUID="8e4622c4-1066-4ea8-ab6c-9a19f626755c" TYPE="xfs" USAGE="filesystem"
PART_ENTRY_SCHEME="dos" PART_ENTRY_TYPE="0x83" PART_ENTRY_FLAGS="0x80"
PART_ENTRY_NUMBER="1" PART_ENTRY_OFFSET="2048" PART_ENTRY_SIZE="83884032"
```

Команда `lsblk` по умолчанию выводит некоторые интересные свойства устройств:

```
$ lsblk -P /dev/nvme0n1p1
NAME="nvme0n1p1" MAJ:MIN="259:1" RM="0" SIZE="512M" RO="0" TYPE="part"
```

Она позволяет и указывать специальные флаги для запроса информации о конкретных свойствах:

```
lsblk -P -o SIZE /dev/nvme0n1p1
SIZE="512M"
```

Подобный доступ к свойствам очень упрощает написание сценариев и даже потребление данных со стороны Python.

Сетевые утилиты

Сетевые утилиты непрерывно совершенствуются по мере роста числа требующих соединения серверов. Часть этого раздела описывает создание удобных однострочных сценариев, например, для SSH-туннелирования, а часть подробно рассказывает о способах измерения быстродействия сети, например, с помощью утилиты Apache Bench.

SSH-туннелирование

Вы пробовали когда-нибудь подключиться к HTTP-сервису, запущенному на удаленном сервере, доступном только через SSH? Подобная ситуация может возникнуть, когда включенный HTTP-сервис не должен быть общедоступным. Последний раз мы встречались с таким, когда работали с плагином управления экземпляра RabbitMQ (https://www.rabbitmq.com), находящегося в промышленной эксплуатации, который запускался в виде HTTP-сервиса на порте `15672`. Этот сервис не был открыт для всеобщего доступа, и не случайно, поскольку применялся он редко, а при необходимости можно было воспользоваться SSH-туннелированием.

Для этого создается SSH-соединение с удаленным сервером, после чего удаленный порт (в данном случае `15672`) перенаправляется на локальный порт машины, запросившей соединение. На удаленной машине порт SSH был нестандартным, что несколько усложнило команду, которая выглядела вот так:

```
$ ssh -L 9998:localhost:15672 -p 2223 adeza@prod1.rabbitmq.ceph.internal -N
```

В ней можно видеть три флага, три числа и два адреса. Рассмотрим эту команду по частям, чтобы разобраться, что происходит. Флаг `-L` включает проброс портов и привязку локального порта (`9998`) к удаленному (по умолчанию для RabbitMQ — `15672`). Флаг `-p` указывает нестандартный порт SSH удаленного сервера — `2223`, а далее указываются имя пользователя и адрес. Наконец, флаг `-N` означает, что требуется только проброс портов, а не выполнение удаленных команд.

Если выполнить эту команду правильно, она как бы зависнет, но при этом вы сможете, перейдя по адресу http://localhost:9998/, увидеть страницу входа для удаленного экземпляра RabbitMQ. Один из полезных флагов при туннелировании `-f`: он переводит процесс в фоновый режим, что удобно для постоянного соединения, поскольку терминал при этом готов для дальнейшей работы.

Оценка быстродействия HTTP с помощью Apache Benchmark (ab)

Мы просто *обожаем* нагружать серверы, с которыми работаем, заданиями, чтобы убедиться в правильной обработке ими нагрузки, особенно перед их переводом в промышленную эксплуатацию. Иногда мы даже пытаемся искусственно вызвать какое-нибудь редкое состояние гонки, возможное при высокой нагрузке. Утилита Apache Benchmark (`ab` в командной строке) — одна из тех крошечных утилит, которым требуется всего несколько флагов, чтобы добиться нужных результатов.

Следующая команда выполняет по 100 запросов, всего 10 000, к локальной машине, на которой запущен Nginx:

```
$ ab -c 100 -n 10000 http://localhost/
```

Подобный тест — довольно жестоко по отношению к реальной системе, но речь идет всего лишь о локальном сервере, а запросы представляют собой просто HTTP `GET`. `ab` выводит очень подробный отчет, который выглядит следующим образом (мы немного сократили его):

```
Benchmarking localhost (be patient)
...
Completed 10000 requests
Finished 10000 requests

Server Software:        nginx/1.15.9
Server Hostname:        localhost
Server Port:            80

Document Path:          /
Document Length:        612 bytes

Concurrency Level:      100
Time taken for tests:   0.624 seconds
Complete requests:      10000
Failed requests:        0
Total transferred:      8540000 bytes
HTML transferred:       6120000 bytes
Requests per second:    16015.37 [#/sec] (mean)
Time per request:       6.244 [ms] (mean)
Time per request:       0.062 [ms] (mean, across all concurrent requests)
Transfer rate:          13356.57 [Kbytes/sec] received

Connection Times (ms)
              min  mean[+/-sd] median   max
Connect:        0    3   0.6      3       5
Processing:     0    4   0.8      3       8
Waiting:        0    3   0.8      3       6
Total:          0    6   1.0      6       9
```

Подобная информация и способ ее представления умопомрачительны. С одного взгляда можно понять, отказывает ли находящийся в промышленной эксплуатации сервер в соединениях (по полю `Failed requests`) и каковы средние показатели. В данном случае использовались запросы типа `GET`, но утилита `ab` позволяет задействовать и другие HTTP-«глаголы», например `POST`, и даже выполнять `HEAD`-запросы. Подобные утилиты следует применять осмотрительно, ведь с их помощью легко можно нагрузить сервер сильнее допустимого. Далее приведены более реалистичные показатели используемого в действительности HTTP-сервиса:

```
...
Benchmarking prod1.ceph.internal (be patient)

Server Software:        nginx
Server Hostname:        prod1.ceph.internal
Server Port:            443
SSL/TLS Protocol:       TLSv1.2,ECDHE-RSA-AES256-GCM-SHA384,2048,256
Server Temp Key:        ECDH P-256 256 bits
TLS Server Name:        prod1.ceph.internal

Complete requests:      200
Failed requests:        0
Total transferred:      212600 bytes
HTML transferred:       175000 bytes
Requests per second:    83.94 [#/sec] (mean)
Time per request:       1191.324 [ms] (mean)
Time per request:       11.913 [ms] (mean, across all concurrent requests)
Transfer rate:          87.14 [Kbytes/sec] received
....
```

Теперь показатели совсем другие, `ab` обращается к сервису с подключенным SSL, поэтому выводит информацию о доступных протоколах. 83 запроса в секунду представляется не слишком хорошими характеристиками, но речь идет о сервере API, генерирующем JSON, одномоментная нагрузка которого (наподобие только что сгенерированной) обычно не слишком высока.

Нагрузочное тестирование с помощью molotov

Проект Molotov (https://molotov.readthedocs.io) — интересное решение в сфере нагрузочного тестирования. Часть его возможностей аналогична возможностям Apache Benchmark, но это проект на языке Python, благодаря чему вы можете писать сценарии на Python и использовать модуль `asyncio`.

Вот так выглядит простейший пример применения `molotov`:

```
import molotov

@molotov.scenario(100)
```

```
async def scenario_one(session):
    async with session.get("http://localhost:5000") as resp:
        assert resp.status == 200
```

Сохраните этот код в виде файла `load_test.py`, создайте маленькое приложение Flask для обработки запросов `GET` и `POST` по основному URL и сохраните его в виде файла `small.py`:

```
from flask import Flask, redirect, request

app = Flask('basic app')

@app.route('/', methods=['GET', 'POST'])
def index():
    if request.method == 'POST':
       return redirect('https://www.google.com/search?q=%s' % request.args['q'])
    else:
        return '<h1>GET request from Flask!</h1>'
```

Запустите приложение Flask с помощью команды `FLASK_APP=small.py flask run`, а затем запустите `molotov`, передав ему созданный ранее файл `load_test.py`:

```
$ molotov -v -r 100 load_test.py
**** Molotov v1.6. Happy breaking! ****
Preparing 1 worker...
OK
SUCCESSES: 100 | FAILURES: 0 WORKERS: 0
*** Bye ***
```

В результате в одном процессе-исполнителе будет выполнено 100 запросов к локальному экземпляру Flask. Подлинные возможности этой утилиты раскрываются при большем объеме выполняемых в каждом запросе действий. В ней применяются подходы, аналогичные модульному тестированию, в частности, созданию тестовой среды и ее использованию с последующей очисткой ресурсов, и даже код, способный реагировать на определенные события. А поскольку наше маленькое приложение Flask может обрабатывать запросы `POST`, перенаправляемые на поиск Google, добавим еще один вариант поведения в файл `load_test.py_`. На этот раз пусть 100 % запросов будут типа `POST`:

```
@molotov.scenario(100)
async def scenario_post(session):
    resp = await session.post("http://localhost:5000", params={'q': 'devops'})
    redirect_status = resp.history[0].status
    error = "unexpected redirect status: %s" % redirect_status
    assert redirect_status == 301, error
```

Запустим этот новый вариант для выполнения одного-единственного запроса и увидим следующее:

```
$ molotov -v -r 1 --processes 1 load_test.py
**** Molotov v1.6. Happy breaking! ****
Preparing 1 worker...
OK
AssertionError('unexpected redirect status: 302',)
  File ".venv/lib/python3.6/site-packages/molotov/worker.py", line 206, in step
    **scenario['kw'])
  File "load_test.py", line 12, in scenario_two
    assert redirect_status == 301, error
SUCCESSES: 0 | FAILURES: 1
*** Bye ***
```

Единственного запроса (флаг `-r 1`) оказалось достаточно для того, чтобы все завершилось неудачей. Необходимо модифицировать оператор контроля для проверки состояния `302` вместо `301`. После этого поменяйте соотношение запросов `POST` на 80, чтобы в приложение Flask отправлялись и другие запросы (`GET`). В результате файл должен выглядеть следующим образом:

```
import molotov

@molotov.scenario()
async def scenario_one(session):
    async with session.get("http://localhost:5000/") as resp:
        assert resp.status == 200

@molotov.scenario(80)
async def scenario_two(session):
    resp = await session.post("http://localhost:5000", params={'q': 'devops'})
    redirect_status = resp.history[0].status
    error = "unexpected redirect status: %s" % redirect_status
    assert redirect_status == 302, error
```

Запустите `load_test.py` для выполнения десяти запросов, два с помощью метода `GET`, а остальные — с помощью `POST`:

```
127.0.0.1 - - [04/Sep/2019 12:10:54] "POST /?q=devops HTTP/1.1" 302 -
127.0.0.1 - - [04/Sep/2019 12:10:56] "POST /?q=devops HTTP/1.1" 302 -
127.0.0.1 - - [04/Sep/2019 12:10:57] "POST /?q=devops HTTP/1.1" 302 -
127.0.0.1 - - [04/Sep/2019 12:10:58] "GET / HTTP/1.1" 200 -
127.0.0.1 - - [04/Sep/2019 12:10:58] "POST /?q=devops HTTP/1.1" 302 -
127.0.0.1 - - [04/Sep/2019 12:10:59] "POST /?q=devops HTTP/1.1" 302 -
127.0.0.1 - - [04/Sep/2019 12:11:00] "POST /?q=devops HTTP/1.1" 302 -
127.0.0.1 - - [04/Sep/2019 12:11:01] "GET / HTTP/1.1" 200 -
127.0.0.1 - - [04/Sep/2019 12:11:01] "POST /?q=devops HTTP/1.1" 302 -
127.0.0.1 - - [04/Sep/2019 12:11:02] "POST /?q=devops HTTP/1.1" 302 -
```

Как видите, возможности `molotov` можно легко расширять с помощью чистого Python-кода и приспосабливать к прочим, более сложным потребностям. Эти примеры — лишь малая толика того, на что способна эта утилита.

Утилиты для получения информации о загрузке CPU

Две важнейшие утилиты для получения информации о загрузке CPU — это `top` и `htop`. Утилита `top` включена в большинство современных дистрибутивов Linux, но если у вас есть права на установку пакетов, настоятельно рекомендуем установить замечательную утилиту `htop`, ее настраиваемый интерфейс нравится нам гораздо больше интерфейса `top`. Существует еще несколько утилит для визуализации загрузки CPU и даже мониторинга, но ни одна из них не может похвастаться такой полнотой и доступностью, как `top` и `htop`. Например, вполне можно получить информацию о загрузке CPU с помощью команды `ps`:

```
$ ps -eo pcpu,pid,user,args | sort -r | head -10
%CPU   PID USER     COMMAND
 0.3   719 vagrant  -bash
 0.1   718 vagrant  sshd: vagrant@pts/0
 0.1   668 vagrant  /lib/systemd/systemd --user
 0.0     9 root     [rcu_bh]
 0.0    95 root     [ipv6_addrconf]
 0.0    91 root     [kworker/u4:3]
 0.0     8 root     [rcu_sched]
 0.0    89 root     [scsi_tmf_1]
```

В этой команде `ps` мы указали несколько дополнительных полей. Первое из них — `pcpu` для вывода загрузки CPU в процентах, за ним следуют идентификатор процесса, пользователь и, наконец, выполняемая команда. Далее мы добавили в конвейер сортировку в обратном порядке, поскольку по умолчанию сначала выводятся процессы, наименее нагружающие CPU, а нам хочется видеть вверху списка команду, сильнее всего нагружающую CPU. Наконец, поскольку команда `ps` отображает эту информацию для всех процессов, мы отфильтровываем десять первых результатов с помощью команды `head`.

Однако данная команда довольно сложна в применении, запомнить все ее параметры непросто, кроме того, она не обновляет результаты динамически. Утилиты `top` и `htop` гораздо удобнее. Как вы увидите, обе они обладают очень широкими возможностями.

Просмотр процессов с помощью htop

Утилита `htop` напоминает `top` (интерактивную программу просмотра процессов), однако является полностью кросс-платформенной (работает на OS X, FreeBSD, OpenBSD и Linux), обладает более широкими возможностями визуализации (рис. 4.1) и просто приятна в использовании. Можете взглянуть на пример снимка

экрана для запущенной на сервере утилиты `htop` по адресу https://hisham.hm/htop. Один из главных недостатков `htop` — несовместимость со всеми сокращенными формами вызовов `top`, так что вам придется заново запоминать их для нее.

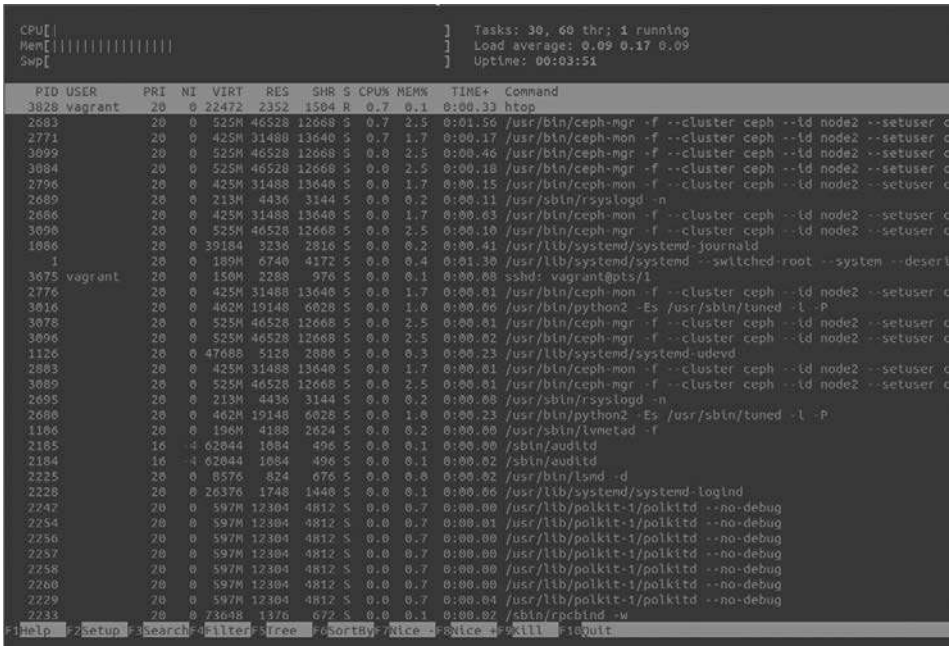


Рис. 4.1. Запущенная на сервере утилита htop

Отображенная на рис. 4.1 информация выглядит совершенно иначе и вызывает абсолютно другие ощущения. Загрузка CPU, оперативная память и область подкачки красиво отображаются слева вверху и меняются по мере изменения состояния системы. С помощью клавиш стрелок можно прокручивать отображаемую информацию вверх-вниз и даже влево-вправо, просматривая команду запуска процесса полностью.

Хотите прервать выполнение какого-либо процесса? Перейдите на него с помощью клавиш стрелок или нажмите / для последовательного поиска (и фильтрации) процессов, после чего нажмите k. В новом меню отобразятся все сигналы, которые можно отправить процессу, например `SIGTERM` вместо `SIGKILL`. Можно также выбрать более одного процесса для прерывания выполнения. Нажмите пробел, чтобы выбрать нужные процессы, при этом они будут выделены другим цветом. Ошиблись и хотите отменить выбор? Снова нажмите пробел. Интуитивно очень понятный интерфейс.

Единственная проблема `htop` — многие операции привязаны к клавишам F, а они есть не на всех клавиатурах. Например, F1 — справка. Впрочем, можно использовать и другие клавиши. Например, для доступа к меню справки можно нажать клавишу H, для настроек — Shift+S вместо F2.

Клавиша T (тоже интуитивно!) меняет отображение списка процессов на древовидное (tree). Вероятно, наиболее часто используемая функциональность — сортировка. Нажмите > — и слева появится меню для выбора типа сортировки: по PID, пользователю, задействуемой памяти, приоритету и проценту загрузки CPU — вот лишь часть доступных вариантов. Существуют также сокращенные формы вызовов для сортировки без открытия меню: по используемой памяти (Shift+I), загрузке CPU (Shift+P) и времени (Shift+T).

Наконец, еще две потрясающие возможности: можно запустить утилиты `strace` или `lsof` для выбранного процесса, если они установлены в системе и у пользователя достаточно прав для их запуска. Если какие-либо процессы требуют полномочий суперпользователя, `htop` сообщит об этом и потребует `sudo` для выполнения от имени суперпользователя. Запустить `strace` для выбранного процесса можно с помощью клавиши S, `lsof` — с помощью клавиши L.

Используя `strace` или `lsof`, можно выполнять поиск и фильтрацию с помощью символа /. Невероятно удобная утилита! Надеемся, когда-нибудь будут добавлены и другие варианты вызова без клавиш F, хотя и сейчас можно сделать практически все, что нужно, с помощью альтернативных вариантов.

Пользовательские настройки htop, задаваемые в ходе интерактивного сеанса, сохраняются в файле конфигурации, расположенном обычно по адресу ~/.config/htop/htoprc. Если описать там какие-либо настройки, а затем переопределить их в ходе сеанса работы с утилитой, новые значения перекроют все описанные ранее в файле htoprc.

Работаем с Bash и ZSH

Все начинается с настройки под свои нужды. Как Bash, так и ZSH обычно включают файл (его название начинается с точки), содержащий настройки, но по умолчанию не отображаемый при выводе содержимого каталога. Располагается он в домашнем каталоге данного пользователя. У Bash этот файл называется `.bashrc`, а у ZSH — `.zshrc`. Обе эти командные оболочки поддерживают несколько уровней местоположений, откуда настройки загружаются в заранее заданном порядке, последний из которых — файл настроек конкретного пользователя.

При установке ZSH файл `.zshrc` обычно сразу не создается. Минимальная его версия в дистрибутиве CentOS выглядит следующим образом (все комментарии убраны для краткости):

```
$ cat /etc/skel/.zshrc
autoload -U compinit
compinit

setopt COMPLETE_IN_WORD
```

Соответствующий файл Bash содержит еще пару дополнительных элементов, но ничего неожиданного. Вне всякого сомнения, рано или поздно вы столкнетесь с чрезвычайно раздражающим поведением или элементом какого-либо сервера, который вам нужно дублировать. Мы, например, просто не можем без многоцветного текста в терминале, так что какой бы командной оболочкой ни пользовались, обязательно включаем там выделение различными цветами. Не успеете оглянуться, как окажетесь по уши в различных настройках и захотите сами добавить несколько удобных псевдонимов и функций.

Далее возникает необходимость настроить текстовый редактор, и очень неудобно, когда на разных машинах они различаются либо при добавлении новых машин на них не настроены все эти удобные псевдонимы, и просто *невыносимо*, что нигде не включена поддержка выделения текста различными цветами. Все мы решали эту проблему совершенно разными, импровизированными, непереносимыми способами: Альфредо в какой-то момент применял *Makefile*, а его соратники либо задействовали сценарий Bash, либо вообще ничего не использовали. Упорядочить файлы настроек позволяет новый проект Dotdrop (https://deadc0de.re/dotdrop), включающий массу возможностей, в частности копирования, создания символических ссылок и поддержки отдельных *профилей* для разработки и прочих машин — весьма удобно при переходе от одной машины на другую.

Dotdrop можно использовать для проектов на языке Python, и, хотя он устанавливается с помощью обычных `virtualenv` и `pip`, лучше включить его в качестве подмодуля в свой репозиторий файлов настроек. Если вы еще так не делаете, рекомендуем хранить все свои файлы настроек в системе контроля версий, чтобы отслеживать изменения. Альфредо открыл свободный доступ к своим файлам настроек (https://oreil.ly/LV1AH) и старается по возможности поддерживать их в актуальном состоянии.

Вне зависимости от того, что вы используете, имеет смысл отслеживать изменения с помощью системы контроля версий и поддерживать все в актуальном состоянии.

Настройка командной оболочки Python под свои нужды

Вы можете настроить командную оболочку Python под свои нужды с помощью пакета `helpers` и импортировать полезные модули в файл Python, а затем экспортировать его в виде переменной среды. Я храню свои файлы конфигурации в репозитории `dotfiles`, так что в файле конфигурации командной оболочки (в моем случае `$HOME/.zshrc`) я написал такой оператор экспорта:

```
export PYTHONSTARTUP=$HOME/dotfiles/pythonstartup.py
```

Чтобы поэкспериментировать с этим, создайте новый файл Python с названием `pythonstartup.py` (хотя название может быть любым) со следующим содержимым:

```
import types
import uuid

helpers = types.ModuleType('helpers')
helpers.uuid4 = uuid.uuid4()
```

Теперь откройте новую командную оболочку Python, указав только что созданный файл `pythonstartup.py`:

```
$ PYTHONSTARTUP=pythonstartup.py python
Python 3.7.3 (default, Apr  3 2019, 06:39:12)
[GCC 8.3.0] on linux
Type "help", "copyright", "credits" or "license" for more information.
>>> helpers
<module 'helpers'>
>>> helpers.uuid4()
UUID('966d7dbe-7835-4ac7-bbbf-06bf33db5302')
```

Сразу же становится доступен объект `helpers`. А к добавленному свойству `uuid4` можно обращаться как `helpers.uuid4()`. Как вы, наверное, догадались, все импорты и определения становятся доступны в командной оболочке Python. Такой способ расширения поведения очень удобен при использовании командной оболочки по умолчанию.

Рекурсивные подстановки

Рекурсивная подстановка включена в ZSH по умолчанию, но Bash (версии 4 и выше) требует использования встроенной команды `shopt` для ее включения. Рекурсивная подстановка — удобная возможность, позволяющая обходить пути с помощью следующего синтаксиса:

```
$ ls **/*.py
```

Этот фрагмент кода проходит по всем файлам и каталогам, выводя все найденные файлы, название которых оканчивается на `.py`. Вот как включить эту возможность в Bash 4:

```
$ shopt -s globstar
```

Поиск и замена с запросами подтверждения

В механизме поиска/замены редактора Vim есть очень интересная возможность — запрос подтверждения замены (выполнять замену или пропустить это вхождение). Особенно удобно это, когда не удается подобрать регулярное выражение, точно соответствующее вашим требованиям, и некоторые близкие совпадения необходимо игнорировать. Мы неплохо разбираемся в регулярных выражениях, но старались не слишком углубляться в их изучение, чтобы избежать соблазна применять их повсюду. Чаще всего вам достаточно будет простого поиска и не захочется ломать голову над идеальным регулярным выражением.

Чтобы включить запросы подтверждения в Vim, необходимо добавить в команду флаг `c`:

```
:%s/исходный_терм/заменитель/gc
```

Эта команда обозначает: искать `исходный_терм` во всем файле и заменить его на `заменитель`, во всех случаях запрашивая у пользователя, заменять его или пропустить. При обнаружении вхождения Vim выведет сообщение наподобие следующего:

```
Заменить на заменитель (y/n/a/q/l/^E/^Y)?
```

Процесс подтверждения в целом может показаться глупым, но позволяет предъявлять к регулярному выражению менее жесткие требования или вообще не применять регулярное выражение в простых случаях поиска/замены. Небольшой пример этого — недавние изменения API в утилите, когда атрибут объекта был заменен на вызываемую функцию. Код возвращал `True` или `False` в зависимости от того, требовались ли полномочия суперпользователя. Сама замена в файле выполнялась примерно следующим образом:

```
:%s/needs_root/needs_root()/gc
```

Дополнительная сложность заключалась в том, что строка `needs_root` часто встречалась в комментариях и docstring, а подобрать такое регулярное выражение, чтобы не делать замены внутри блока комментариев или docstring, было очень непросто. При использовании же флага `c` можно просто нажать

клавишу Y или N и перейти к следующему вхождению. Никакого регулярного выражения вообще не нужно!

При включенных рекурсивных подстановках (`shopt -s globstar` в Bash 4) следующий замечательный однострочный сценарий проходит по всем подходящим файлам, выполняет поиск и в случае обнаружения в файлах указанного шаблона заменяет элемент в соответствии с реакцией пользователя на запросы подтверждения:

```
vim -c "bufdo! set eventignore-=Syntax | %s/needs_root/needs_root()/gce" **/*.py
```

Здесь не помешают развернутые пояснения. Приведенный пример обходит файловую систему рекурсивно, находя все файлы, название которых оканчивается на `.py`, загружает их в Vim и выполняет внутри них поиск и, обнаружив соответствия шаблону, замену с подтверждением. Если в файле вхождений не найдено, он пропускается. Команда `set eventignore-=Syntax` необходима, поскольку иначе Vim не загрузит файлы синтаксиса, а нам нравится выделение синтаксических элементов и мы хотели бы видеть его при подобной замене. Следующая часть сценария, после символа `|`, представляет собой замену с флагом подтверждения и флагом `e` для игнорирования ошибок, которые могли бы помешать бесперебойной работе.

Существует множество прочих флагов и вариантов усовершенствования команды замены. Узнать больше о специальных флагах при поиске/замене в Vim вы можете с помощью команды :help substitute, особенно в разделе s_flags.

Упростить запоминание приведенного ранее однострочного сценария можно с помощью функции, принимающей два параметра (искомое и замена) и путь:

```
vsed() {
  search=$1
  replace=$2
  shift
  shift
  vim -c "bufdo! set eventignore-=Syntax| %s/$search/$replace/gce" $*
}
```

Назовем ее `vsed`, как смесь Vim и утилиты `sed`, чтобы проще было запомнить. В терминале команда выглядит очень просто и дает возможность легко и уверенно вносить изменения во много файлов сразу, поскольку позволяет принимать или отклонять каждую замену:

```
$ vsed needs_root needs_root() **/*.py
```

Удаление временных файлов Python

Файлы `pyc` Python, а с недавних пор и его каталоги `pycache` порой «путаются под ногами» у разработчика. Следующий простой однострочный сценарий с псевдонимом `pyclean` сначала удаляет файлы `pyc` с помощью команды `find`, а затем находит каталоги `pycache` и рекурсивно удаляет их с помощью встроенного флага `-delete` этой утилиты:

```
alias pyclean='find . \
    \( -type f -name "*.py[co]" -o -type d -name "__pycache__" \) -delete &&
    echo "Removed pycs and __pycache__"'
```

Вывод списка процессов и его фильтрация

Как минимум несколько раз в день вам придется просматривать список запущенных на машине процессов и фильтровать его в поисках конкретного приложения. Совсем не удивительно, что у всех разработчиков есть привычные наборы или порядок флагов утилиты `ps` (мы, например, обычно используем `aux`). Вы будете выполнять эту процедуру ежедневно столько раз, что флаги и их порядок намертво отпечатаются в вашем мозгу и сделать как-то иначе будет сложно.

Для начала попробуйте следующий вариант вывода списка процессов и некоторой дополнительной информации, например их идентификаторов:

```
$ ps auxw
```

Эта команда выводит все процессы с помощью флагов *в стиле BSD* (флагов без префикса `-`) вне зависимости от того, задействуют ли они терминал (tty) или нет, включая информацию о пользователе — владельце процесса. Наконец, она расширяет место, выделяемое для выводимой информации (флаг `w`).

Чаще всего вы будете фильтровать этот вывод с помощью `grep` в поисках информации о конкретном процессе. Например, чтобы проверить, запущен ли Nginx, выводимая информация передается посредством конвейера в `grep` с `nginx` в качестве аргумента:

```
$ ps auxw | grep nginx
root     29640  1536 ?        Ss   10:11   0:00 nginx: master process
www-data 29648  5440 ?        S    10:11   0:00 nginx: worker process
alfredo  30024   924 pts/14   S+   10:12   0:00 grep nginx
```

Все замечательно, но каждый раз указывать команду `grep` довольно утомительно. Особенно это раздражает, когда никаких результатов, кроме самой `grep`, не находится:

```
$ ps auxw | grep apache
alfredo  31351  0.0  0.0   8856   912 pts/13   S+   10:15   0:00 grep apache
```

Процесса `apache` не найдено, но информация отображается в таком виде, что можно ошибочно подумать, что найдено, а каждый раз перепроверять, действительно ли там присутствует только `grep`, довольно утомительно. Один из способов решения этой проблемы — добавление к команде `grep` еще одного конвейера, чтобы отфильтровать ее саму из результатов:

```
$ ps auxw | grep apache | grep -v grep
```

Но необходимость всегда помнить, что нужно добавить дополнительную `grep`, раздражает не меньше. На помощь приходит псевдоним:

```
alias pg='ps aux | grep -v grep | grep $1'
```

Новый псевдоним фильтрует первую строку `grep`, оставляя только интересующие нас результаты (при их наличии):

```
$ pg vim
alfredo  31585  77836 20624 pts/3    S+   18:39   0:00 vim /home/alfredo/.zshrc
```

Метка даты/времени Unix

Получить метку даты/времени Unix в Python очень просто:

```
In [1]: import time
In [2]: int(time.time())

Out[2]: 1566168361
```

Но в командной оболочке сделать это несколько сложнее. Следующий псевдоним работает в OS X, в которую включена утилита `date` в стиле BSD:

```
alias timestamp='date -j -f "%a %b %d %T %Z %Y" "`date`" "+%s"'
```

Утилиты OS X порой довольно неуклюжи, и разработчиков часто сбивает с толку то, что конкретная утилита (в данном случае `date`) ведет себя совершенно поразному. В Linux-версии утилиты `date` возможен намного более простой подход:

```
alias timestamp='date "+%s"'
```

Комбинирование Python с Bash и ZSH

Нам никогда не приходило в голову комбинировать Python с командной оболочкой, например, Bash или ZSH. Кажется, что это противоречит здравому смыслу, но существует несколько встречающихся буквально каждый день случаев для

этого. В общем случае мы следуем такому эмпирическому правилу: максимум десять строк для сценария командной оболочки, все, что больше, — поле для ошибок, на которые вы впустую будете тратить время, поскольку никаких сообщений об ошибках здесь не выводится.

Генератор случайных чисел

Количество необходимых еженедельно учетных записей и паролей продолжает расти, в том числе одноразовых учетных записей, для которых можно сгенерировать надежные пароли с помощью Python. Создадим удобный генератор случайных паролей, отправляющий результаты в буфер обмена, откуда их можно сразу вставить куда-нибудь:

```
In [1]: import os

In [2]: import base64
In [3]: print(base64.b64encode(os.urandom(64)).decode('utf-8'))
gHHlGXnqnbsALbAZrGaw+LmvipTeFi3tA/9uBltNf9g2S9qTQ8hTpBYrXStp+i/o5TseeVo6wcX2A==
```

Преобразуем его в функцию командной оболочки, которая может принимать в качестве аргумента длину пароля (удобно в случаях, когда сайт ограничивает возможную длину пароля):

```
mpass() {
    if [ $1 ]; then
        length=$1
    else
        length=12
    fi
    _hash=`python3 -c "
import os,base64
exec('print(base64.b64encode(os.urandom(64))[:${length}].decode(\'utf-8\'))')
    "`
    echo $_hash | xclip -selection clipboard
    echo "new password copied to the system clipboard"
}
```

По умолчанию функция `mpass` генерирует пароли длиной 12 символов путем усечения результатов и отправляет содержимое сгенерированной строки утилите `xclip` для копирования в буфер обмена.

Во многих дистрибутивах xclip не установлена по умолчанию, так что ее необходимо установить, чтобы эта функция работала правильно. Если доступа к xclip нет, можно воспользоваться любой аналогичной утилитой для управления системным буфером обмена.

Существует ли нужный мне модуль?

Следующий сценарий выясняет, существует ли заданный модуль, и если это так, получает путь к нему. Его удобно повторно применять для функций, использующих эту информацию для дальнейшей обработки:

```
try() {
    python -c "
exec('''
try:
    import ${1} as _
    print(_.__file__)
except Exception as e:
    print(e)
''')"
}
```

Переходим из текущего каталога по пути к модулю

При отладке библиотек и зависимостей или просто при изучении исходного кода модулей часто возникает вопрос «Где располагается этот модуль?». Способ установки и распространения модулей в Python далеко не очевиден, и в различных дистрибутивах Linux пути совершенно разные, причем применяются различные соглашения. Путь к модулю можно узнать, если импортировать его и затем воспользоваться `print`:

```
In [1]: import os

In [2]: print(os)
<module 'os' from '.virtualenvs/python-devops/lib/python3.6/os.py'>
```

Не слишком удобно, если вам требуется только путь, чтобы перейти по нему и посмотреть на модуль. Следующая функция пытается импортировать модуль, вывести его (напомним, что это командная оболочка, так что `return` ничего не делает), а затем перейти в соответствующий каталог:

```
cdp() {
    MODULE_DIRECTORY=`python -c "
exec('''
try:
    import os.path as _, ${module}
    print(_.dirname(_.realpath(${module}.__file__)))
except Exception as e:
    print(e)
''')"`
    if  [[ -d $MODULE_DIRECTORY ]]; then
        cd $MODULE_DIRECTORY
```

```
    else
        echo "Module ${1} not found or is not importable: $MODULE_DIRECTORY"
    fi
}
```

Немного повысим ее устойчивость к ошибкам на случай, если в названии пакета присутствует тире, а в модуле — подчеркивание, добавив:

```
    module=$(sed 's/-/_/g' <<< $1)
```

Если во введенном названии есть тире, наша маленькая функция сразу решит проблему и перенесет нас в нужный каталог:

```
$ cdp pkg-resources
$ pwd
/usr/lib/python2.7/dist-packages/pkg_resources
```

Преобразование CSV-файла в JSON

В Python есть несколько встроенных утилит, которые могут вас приятно удивить, если вы раньше с ними не сталкивались, в частности, для нативной обработки JSON и CSV-файлов. Для загрузки CSV-файла и дальнейшего *сброса* его содержимого в JSON достаточно всего нескольких строк кода. Возьмем следующий CSV-файл (`addresses.csv`) и посмотрим на содержимое после сброса JSON в командную оболочку Python:

```
John,Doe,120 Main St.,Riverside, NJ, 08075
Jack,Jhonson,220 St. Vernardeen Av.,Phila, PA,09119
John,Howards,120 Monroe St.,Riverside, NJ,08075
Alfred, Reynolds, 271 Terrell Trace Dr., Marietta, GA, 30068
Jim, Harrison, 100 Sandy Plains Plc., Houston, TX, 77005

>>> import csv
>>> import json
>>> contents = open("addresses.csv").readlines()
>>> json.dumps(list(csv.reader(contents)))
'[["John", "Doe", "120 Main St.", "Riverside", " NJ", " 08075"],
["Jack", "Jhonson", "220 St. Vernardeen Av.", "Phila", " PA", "09119"],
["John", "Howards", "120 Monroe St.", "Riverside", " NJ", "08075"],
["Alfred", " Reynolds", " 271 Terrell Trace Dr.", " Marietta", " GA", " 30068"],
["Jim", " Harrison", " 100 Sandy Plains Plc.", " Houston", " TX", " 77005"]]'
```

Преобразуем наш интерактивный сеанс в функцию, которую можно вызвать из командной строки:

```
csv2json () {
        python3 -c "
exec('''
import csv,json
```

```
print(json.dumps(list(csv.reader(open(\'${1}\')))))
''')
"
}
```

Использовать ее в командной строке намного проще, чем запоминать все вызовы и модули:

```
$ csv2json addresses.csv
[["John", "Doe", "120 Main St.", "Riverside", " NJ", " 08075"],
["Jack", "Jhonson", "220 St. Vernardeen Av.", "Phila", " PA", "09119"],
["John", "Howards", "120 Monroe St.", "Riverside", " NJ", "08075"],
["Alfred", " Reynolds", " 271 Terrell Trace Dr.", " Marietta", " GA", " 30068"],
["Jim", " Harrison", " 100 Sandy Plains Plc.", " Houston", " TX", " 77005"]]
```

Однострочные сценарии Python

В общем случае писать длинные однострочные сценарии Python не рекомендуется. Руководство PEP 8 (https://oreil.ly/3P_qQ) неодобрительно отзывается даже о составных операторах, включающих точку с запятой (в Python можно использовать точку с запятой!). Но краткие отладочные операторы и вызовы отладчика вполне допустимы. В конце концов, они носят временный характер.

Отладчики

Некоторые программисты упорно считают оператор `print()` лучшей стратегией отладки исполняемого кода. В некоторых случаях можно использовать и его, но чаще всего мы применяем отладчик Python (с помощью модуля `pdb`) или `ipdb`, использующий IPython в качестве прикладной части. Благодаря созданию точек останова можно просматривать значения переменных и двигаться вверх/вниз по стеку. Следующие однострочные операторы достаточно важны для того, чтобы их запомнить.

Создание точки останова и переход к отладчику Python (`pdb`):

```
import pdb;pdb.set_trace()
```

Создание точки останова и переход к отладчику Python на основе IPython (`ipdb`):

```
import ipdb;ipdb.set_trace()
```

Хотя формально следующий однострочный сценарий и не является отладчиком (не позволяет двигаться вверх/вниз по стеку), но он дает возможность запускать сеанс IPython, когда выполнение доходит до него:

```
import IPython; IPython.embed()
```

У всех есть свои любимые утилиты отладки. pdb представляется нам не слишком удобным (нет автодополнения и подсветки синтаксиса), ipdb нравится больше. Не удивляйтесь, если кто-то работает с другим отладчиком! В конце концов, полезно знать, как работает pdb, он представляет собой фундамент, который следует освоить в совершенстве вне зависимости от используемого вами отладчика. В системах, которые вы не можете контролировать, вам придется применять непосредственно pdb, поскольку прав на установку зависимостей у вас нет, и хотя вам это вряд ли понравится, но позволит обойти ограничения.

Быстро ли работает конкретный фрагмент кода?

В Python есть модуль, позволяющий выполнить какой-либо фрагмент кода несколько раз подряд и вычислить для него показатели производительности. Многие пользователи любят спрашивать, как эффективнее написать цикл или обновить ассоциативный массив, так что специалисты обожают модуль `timeit`, с помощью которого можно проверить быстродействие.

Как вы уже, наверное, заметили, мы большие поклонники IPython (https://ipython.org), а его интерактивная командная оболочка включает специальную «магическую» функцию для модуля `timeit`. «Магические» функции предназначены для выполнения какой-либо конкретной операции в командной оболочке, перед их названием указывается символ `%`. Во все времена излюбленный вопрос, связанный с быстродействием, звучит так: что выполняется быстрее — списковое включение или добавление элементов в конец списка? В приведенных далее двух примерах мы отвечаем на него с помощью модуля `timeit`:

```
In [1]: def f(x):
   ...:     return x*x
   ...:
In [2]: %timeit for x in range(100): f(x)
100000 loops, best of 3: 20.3 us per loop
```

В стандартной командной оболочке (или интерпретаторе) Python мы импортируем модуль `timeit` и обращаемся к нему напрямую. В этом случае вызов выглядит немного иначе:

```
>>> array = []
>>> def appending():
...     for i in range(100):
...         array.append(i)
...
>>> timeit.repeat("appending()", "from __main__ import appending")
[5.298534262983594, 5.32031941099558, 5.359099322988186]
>>> timeit.repeat("[i for i in range(100)]")
[2.2052824340062216, 2.1648171059787273, 2.1733458579983562]
```

Результаты выглядят немного странно, но дело в том, что они предназначаются для обработки другим модулем или библиотекой, а не для чтения человеком. Средние показатели говорят в пользу спискового включения. Вот как выглядит соответствующий код на языке Python:

```
In [1]: def appending():
   ...:     array = []
   ...:     for i in range(100):
   ...:         array.append(i)
   ...:

In [2]: %timeit appending()
5.39 µs ± 95.1 ns per loop (mean ± std. dev. of 7 runs, 100000 loops each)

In [3]: %timeit [i for i in range(100)]
2.1 µs ± 15.2 ns per loop (mean ± std. dev. of 7 runs, 100000 loops each)
```

Благодаря тому что в IPython для `timeit` есть специальная команда (что видно из префикса `%` перед ней), ее вывод удобнее для чтения людьми и понятнее им, а также не требует хитрой операции импорта, как в стандартной командной оболочке Python.

strace

В случаях, когда приложения не заносят интересную нам информацию в журнал или вообще не выполняют журналирование, чрезвычайно важно знать, как программа взаимодействует с операционной системой. Результаты `strace` не слишком удобны для чтения, но при определенном понимании основ ее работы помогают понять, что происходит с проблемным приложением. Однажды Альфредо пытался выяснить причину отказа в доступе к файлу. Файл находился внутри символической ссылки, вроде бы, со всеми нужными правами доступа. В чем было дело? По одним журналам было сложно понять это, ведь в них не отображались права доступа при обращении к файлам.

В выводе `strace` можно было найти следующие две строки:

```
stat("/var/lib/ceph/osd/block.db", 0x7fd) = -1 EACCES (Permission denied)
lstat("/var/lib/ceph/osd/block.db", {st_mode=S_IFLNK|0777, st_size=22}) = 0
```

Программа устанавливала права доступа для родительского каталога — того, который соответствовал ссылке, и `block.db` — в данном случае также ссылке на устройство блочного ввода/вывода. У самого устройства блочного ввода/вывода были нужные права, так в чем же заключалась проблема? Оказалось,

что у ссылки на каталог был установлен *sticky bit*, предотвращавший изменение пути другими ссылками, включая устройство блочного ввода/вывода. У утилиты `chown` есть специальный флаг (`-h` или `--no-dereference`), указывающий, что смена владельца должна влиять и на ссылки.

Выполнять подобную отладку без чего-то наподобие утилиты `strace` очень сложно, а то и вовсе невозможно. Попробуйте ее сами, для чего создайте файл `follow.py` со следующим содержимым:

```
import subprocess

subprocess.call(['ls', '-alh'])
```

Он импортирует модуль `subprocess` для выполнения системных вызовов, после чего выводит результаты системного вызова `ls`. Вместо вызова напрямую с помощью Python укажите перед командой `strace` и посмотрите, что произойдет:

```
$ strace python follow.py
```

Терминал сразу заполнится огромным количеством информации, большая часть которой, вероятно, покажется вам тарабарщиной. Заставьте себя просмотреть каждую строку вне зависимости от того, понятно ли ее содержание. Некоторые строки легче отделить от прочих. Например, сразу заметно множество вызовов `read` и `fstat`, вы увидите непосредственно системные вызовы, выполняемые процессом на каждом шаге. Над некоторыми файлами также производятся операции `open` и `close`, кроме того, в отдельном разделе можно видеть несколько вызовов `stat`:

```
stat("/home/alfredo/go/bin/python", 0x7ff) = -1 ENOENT (No such file)
stat("/usr/local/go/bin/python", 0x7ff) = -1 ENOENT (No such file)
stat("/usr/local/bin/python", 0x7ff) = -1 ENOENT (No such file)
stat("/home/alfredo/bin/python", 0x7ff) = -1 ENOENT (No such file)
stat("/usr/local/sbin/python", 0x7ff) = -1 ENOENT (No such file)
stat("/usr/local/bin/python", 0x7ff) = -1 ENOENT (No such file)
stat("/usr/sbin/python", 0x7ff) = -1 ENOENT (No such file)
stat("/usr/bin/python", {st_mode=S_IFREG|0755, st_size=3691008, ...}) = 0
readlink("/usr/bin/python", "python2", 4096) = 7
readlink("/usr/bin/python2", "python2.7", 4096) = 9
readlink("/usr/bin/python2.7", 0x7ff, 4096) = -1 EINVAL (Invalid argument)
stat("/usr/bin/Modules/Setup", 0x7ff) = -1 ENOENT (No such file)
stat("/usr/bin/lib/python2.7/os.py", 0x7ffd) = -1 ENOENT (No such file)
stat("/usr/bin/lib/python2.7/os.pyc", 0x7ff) = -1 ENOENT (No such file)
stat("/usr/lib/python2.7/os.py", {st_mode=S_IFREG|0644, ...}) = 0
stat("/usr/bin/pybuilddir.txt", 0x7ff) = -1 ENOENT (No such file)
stat("/usr/bin/lib/python2.7/lib-dynload", 0x7ff) = -1 ENOENT (No such file)
stat("/usr/lib/python2.7/lib-dynload", {st_mode=S_IFDIR|0755, ...}) = 0
```

Моя система довольно старая, под `python` в этих результатах подразумевается `python2.7`, так что он просматривает файловую систему в поисках нужного исполняемого файла и проходит несколько каталогов, пока не доберется до `/usr/bin/python`, представляющего собой ссылку на `/usr/bin/python2`, который, в свою очередь, представляет собой еще одну ссылку, отправляющую процесс в каталог `/usr/bin/python2.7`. Далее он вызывает `stat` для каталога `/usr/bin/Modules/Setup`, о котором мы как разработчики Python никогда и не слышали, и просто переходит далее к модулю `os`.

Затем Python переходит к `pybuilddir.txt` и `lib-dynload`. Ничего себе путешествие! Без `strace`, вероятно, мы читали бы реализующий эти действия код, пытаясь понять последовательность переходов. Утилита `strace` несказанно облегчает эту задачу, отображая все промежуточные шаги и сопровождая их полезной информацией о каждом вызове.

У этой утилиты есть множество интересных флагов, например, она умеет *подсоединяться к процессу с конкретным PID*. Если вы знаете идентификатор процесса, можете запросить у `strace` отчет обо всем происходящем с ним.

В число полезных флагов входит `-f`, при указании которого утилита `strace` отслеживает создаваемые исходной программой дочерние процессы. В примере файла Python производится вызов модуля `subprocess`, который, в свою очередь, вызывает команду `ls`. Если модифицировать вызов `strace`, добавив флаг `-f`, будет выведена информация со всеми подробностями этого вызова.

При выполнении `follow.py` в домашнем каталоге с флагом `-f` можно заметить немало отличий, в частности вызовы `lstat` и `readlink` для файлов настроек (некоторые из них представляют собой символические ссылки):

```
[pid 30127] lstat(".vimrc", {st_mode=S_IFLNK|0777, st_size=29, ...}) = 0
[pid 30127] lgetxattr(".vimrc", "security.selinux", 0x55c5a36f4720, 255)
[pid 30127] readlink(".vimrc", "/home/alfredo/dotfiles/.vimrc", 30) = 29
[pid 30127] lstat(".config", {st_mode=S_IFDIR|0700, st_size=4096, ...}) = 0
```

Здесь не только отображаются обращения к этим файлам, но и выводятся идентификаторы процессов в начале строк, благодаря чему становится проще выяснять, какой дочерний процесс что делает. Вызов `strace` без флага `-f`, в частности, не отображает идентификаторы процессов.

Наконец, для детального анализа выведенной информации удобно было бы сохранить ее в файл. Для этого служит флаг `-o`:

```
$ strace -o output.txt python follow.py
```

Вопросы и упражнения

- Дайте определение IOPS.
- Объясните, в чем разница между пропускной способностью и IOPS.
- Назовите какое-нибудь ограничение `fdisk` в смысле создания разделов диска, отсутствующее у `parted`.
- Назовите три утилиты, которые могут представить информацию о диске.
- На что способны туннели SSH и когда они могут оказаться полезными?

Задача на ситуационный анализ

Создайте нагрузочный тест с помощью утилиты `molotov` для тестирования ответа сервера в формате JSON с кодом 200 состояния HTTP.

ГЛАВА 5

Управление пакетами

Зачастую небольшие сценарии оказываются настолько полезными и важными, что возникает потребность в совместном использовании и распространении их содержимого. Библиотеки Python, как и другие программные проекты, требуют пакетной организации. Без этого распространение кода сильно затрудняется и надежность его падает.

После прохождения проектом этапа пробной версии имеет смысл отслеживать изменения, извещая пользователей о типе изменения (например, при выпуске обновления с обратной совместимостью) и предоставляя им возможность основывать свои программы на конкретной версии. Даже в самых простых сценариях применения желательно следовать нескольким рекомендациям по созданию пакетов, включающим как минимум ведение журнала изменений и контроль версий.

Существует несколько стратегий управления пакетами, знание наиболее распространенных из них позволит вам найти наилучший способ решения поставленной задачи. Например, библиотеки Python удобнее распространять через каталог пакетов Python (Python Package Index, PyPI), вместо того чтобы делать из них системные пакеты типа Debian и RPM. Если же сценарий Python необходимо запускать в определенные моменты или он должен выполняться в течение длительного времени, возможно, стоит создать из них системный пакет для работы с `systemd`.

И хотя утилита `systemd` не предназначена для работы с пакетами, она отлично подходит для управления процессами и последовательностью загрузки сервера. Вы сможете существенно расширить возможности своего проекта Python, если научитесь управлять процессами с помощью нескольких настроек `systemd` и компоновки в пакеты.

У нативных утилит создания пакетов Python есть общедоступный сервис публикации (PyPI). Однако создание локального репозитория для пакетов Debian и RPM требует некоторых усилий. В этой главе мы рассмотрим несколько ути-

лит, упрощающих создание и сопровождение локального репозитория, включая локальную альтернативу PyPI.

Для стабильного и согласованного распространения программного обеспечения жизненно важны хорошее понимание различных стратегий создания пакетов и такие разумные практики, как надлежащий контроль версий и ведение журнала изменений.

Почему пакетная организация программ так важна

Несколько факторов делают пакетную организацию программ неотъемлемой составляющей любого проекта (независимо от размера!). Отслеживание версий и изменений (с помощью журнала изменений) — прекрасный способ рассказать про новые возможности и исправленные ошибки. Благодаря контролю версий пользователи лучше понимают, какие возможности предоставляет проект.

Журнал изменений с точным описанием изменений — неоценимое средство выявления возможных причин сбоев системы при поиске проблем и программных ошибок.

Контроль версий проекта, описание изменений в журнале изменений и предоставление пользователям различных способов установки и применения проекта требуют самодисциплины и упорной работы. Однако польза от этого при распространении, отладке, обновлении и даже удалении программ весьма существенна.

Случаи, когда пакетная организация программ не нужна

Иногда вообще не нужно распространять проект по другим системам. «Сборники сценариев» Ansible обычно запускаются с одного сервера для управления прочими системами в сети. В таких случаях, как с Ansible, достаточно контроля версий и журнала изменений.

Системы контроля версий, такие как Git, сильно упрощают решение этой задачи с помощью тегов. Тегирование в Git полезно, даже если из проекта нужно сделать пакет, поскольку большинство утилит может читать теги (если тег отражает версию проекта, конечно) и генерировать на их основе пакеты.

Недавно мы потратили немало времени на отладку, пытаясь выяснить, почему перестала работать программа установки для большого программного проекта. Внезапно все функциональные тесты маленькой Python-утилиты, для которой было важно, чтобы программа установки завершила развертывание, стали завершаться неудачей. И хотя у программы установки были различные версии,

синхронизируемые с системой контроля версий, но не было никакого журнала изменений, в котором бы упоминалось, что очередные изменения нарушат работу существующего API. Чтобы найти возможную причину проблемы, нам пришлось просмотреть все недавние коммиты.

Просмотреть несколько коммитов несложно, но попробуйте сделать это в проекте, где их более 4000! После обнаружения причин проблемы мы открыли две заявки на исправление: одна относительно найденной ошибки, а вторая — с запросом на создание журнала изменений.

Рекомендации по пакетной организации программ

Прежде чем приступать к созданию пакета, стоит обдумать несколько нюансов ради максимальной бесперебойности процесса. И даже если вы не собираетесь делать из программного продукта пакет, эти методические рекомендации помогут улучшить проект в целом.

Проекты, включенные в систему контроля версий, всегда готовы к преобразованию в пакет.

Информативный контроль версий

Существует множество способов версионной организации программного обеспечения, но лучше всего придерживаться испытанной схемы. В руководстве разработчика Python четко определены (https://oreil.ly/C3YKO) приемлемые формы контроля версий.

Схема контроля версий должна отличаться исключительной гибкостью, но с учетом согласованности, чтобы программа установки могла соответствующим образом расставить приоритеты (например, выбирать стабильную или бета-версию). В чистейшей форме, чаще всего встречающейся в пакетах Python, используются следующие два варианта указания версий: `старшая.младшая` и `старшая.младшая.микро`.

При этом допустимыми будут версии следующего вида:

- `0.0.1`;
- `1.0`;
- `2.1.1`.

Хотя в замечательном руководстве разработчика Python описано множество вариантов, рекомендуем применять простейшие формы, перечисленные ранее. Они прекрасно подходят для создания пакетов и соответствуют большинству рекомендаций относительно как системных, так и нативных пакетов Python.

Наиболее распространенный формат указания выпускаемых версий — `старшая.младшая.микро` (он используется также в схеме семантического версионирования (https://semver.org/lang/ru/)):

- `старшая` версия — для обратно несовместимых изменений;
- `младшая` версия включает в ПО обратно совместимую функциональность;
- `микроверсия` включает в ПО обратно совместимые исправления ошибок.

Исходя из такого описания версий, можно сделать вывод, что зависимость приложения версии `1.0.0` может перестать работать при использовании версии `2.0.0`.

После принятия решения о выпуске новой версии определить ее номер несложно. Если текущая версия разрабатываемого проекта — `1.0.0`, возможны следующие варианты.

- Если выпускаемая версия включает обратно несовместимые изменения, ее номер `2.0.0`.
- Если выпускаемая версия добавляет в ПО возможности, не нарушающие обратной совместимости, ее номер `1.1.0`.
- Если выпускаемая версия исправляет программные ошибки, также не нарушающие обратной совместимости, ее номер `1.0.1`.

Если следовать этой схеме, процесс выпуска версий сразу же становится вполне информативным. И хотя было бы хорошо, если бы все программное обеспечение соответствовало одному и тому же шаблону, но у некоторых проектов своя, ни на что не похожая схема версий. Например, в проекте Ceph (https://ceph.com) применяется схема версий `старшая.[0|1|2].младшая`:

- `старшая` указывает на основную версию, хотя и не обязательно нарушающую обратную совместимость;
- `0`, `1` или `2` означают опытную версию, предварительную версию и стабильную версию соответственно;
- `младшая` версия используется только для исправления ошибок, а не введения новых возможностей.

При такой схеме `14.0.0` означает опытную версию, а `14.2.1` — выпуск для исправления ошибок в стабильной основной версии (в данном случае `14`).

Журнал изменений

Как мы уже упоминали, важно следить за выпускаемыми версиями и включаемыми в них изменениями в зависимости от номера версии. Вести журнал изменений не так уж сложно, если выбрана конкретная схема контроля версий. Журнал изменений может храниться и в одном файле, хотя в крупных проектах он обычно разбивается на несколько небольших файлов, находящихся в одном каталоге. Рекомендуется при этом использовать простой информативный формат, удобный для сопровождения.

Следующий пример взят из настоящего журнала изменений реальной утилиты Python:

```
1.1.3
^^^^^
22-Mar-2019
* Никаких изменений кода, только добавлены файлы для создания пакета под Debian
1.1.2
^^^^^
13-Mar-2019
* Перебирает несколько различных исполняемых файлов (не только ``python``)
в поисках работающего, в порядке предпочтения, начиная с ``python3``, и доходя
в конце концов до интерпретатора соединений
```

В этом журнале изменений присутствует четыре важных элемента информации.

1. Номер последней выпущенной версии.
2. Совместима ли обратно последняя выпущенная версия.
3. Дата выхода последней версии.
4. Включенные в этот выпуск изменения.

Этот файл не обязательно должен записываться в каком-то особом формате, главное — единообразие и информативность. Из хорошего журнала изменений сразу ясны несколько важных элементов информации. Может показаться заманчивым полностью автоматизировать процесс записи журнала изменений при каждом выпуске версии, но мы не рекомендуем так поступать: нет ничего лучше хорошо написанного и продуманного описания исправленной ошибки или добавленной возможности.

Плохо автоматизированный журнал изменений просто включает все коммиты из системы контроля версий, попавшие в данную версию. Это не лучший вариант, поскольку ту же самую информацию можно получить просто из списка коммитов.

Выбор стратегии

Для выбора типа создаваемых пакетов очень полезно понимать, какой тип дистрибутивов требуется и какие сервисы инфраструктуры доступны. Библиотеки на чистом языке Python, расширяющие функциональность других проектов на Python, имеет смысл распространять в виде нативных пакетов Python и размещать в каталоге пакетов Python (PyPI) или локальном каталоге.

Автономные сценарии и долгоживущие процессы — хорошие кандидаты на роль системных пакетов наподобие RPM или Debian в зависимости от типов доступных систем, а также возможности в принципе разместить где-то репозиторий (и поддерживать его работу). В случае долгоживущих процессов система создания пакета может включать правила по настройке юнита `systemd`, которые превращают его в доступный пользователям управляемый процесс. С помощью `systemd` можно мягко запускать, останавливать или перезапускать операции, что невозможно для нативных пакетов Python.

В целом чем теснее сценарий или процесс должен взаимодействовать с системой, тем лучше он подходит в качестве кандидата на роль системного пакета или контейнера. А для сценариев на чистом Python лучше подойдут обычные пакеты Python.

Не существует жестких требований к выбору стратегии. Все зависит от обстоятельств. Выберите лучшую из доступных сред дистрибутивов (например, RPM, если серверы работают под управлением CentOS). Различные типы пакетов взаимно не исключают друг друга, один проект может существовать в виде пакетов нескольких форматов.

Решения для создания пакетов

В этом разделе мы подробно рассмотрим вопросы создания пакетов и их размещения.

Для упрощения примеров кода рассмотрим маленький проект `hello-world` на языке Python со следующей структурой:

```
hello-world
└── hello_world
    ├── __init__.py
    └── main.py

1 directory, 2 files
```

Проект состоит из каталога верхнего уровня `hello-world` и подкаталога (`hello_world`), содержащего два файла. В зависимости от выбранного типа пакета для его создания необходимы различные файлы.

Нативные пакеты Python

Самым простым, с большим отрывом, решением будет задействовать нативные утилиты создания пакетов Python и средства их размещения (PyPI). Как и при реализации прочих стратегий пакетной организации программ, в нашем проекте нужны дополнительные файлы, используемые `setuptools`.

Один из простейших способов получения виртуальной среды — псевдоним bash или zsh для перехода в нужный каталог и создания виртуальной среды с помощью команды source, вот так: alias sugar="source ~/.sugar/bin/activate && cd ~/src/sugar".

Далее создадим новую виртуальную среду и активируем ее:

```
$ python3 -m venv /tmp/packaging
$ source /tmp/packaging/bin/activate
```

Для генерации нативного пакета Python необходим setuptools, представляющий собой набор утилит и вспомогательных функций, предназначенных для создания и распространения пакетов Python.

В активной виртуальной среде существуют следующие зависимости:

- `setuptools` — набор утилит для создания пакетов;
- `twine` — утилита для регистрации пакетов и загрузки их на сервер.

Установите их с помощью команды:

```
$ pip install setuptools twine
```

Простейший способ выяснить, что установлено в системе, а что — нет, — воспользоваться IPython и следующим фрагментом кода для вывода списка всех пакетов Python в виде структуры данных JSON:

```
In [1]: !pip list --format=json
[{"name": "appnope", "version": "0.1.0"},
{"name": "astroid", "version": "2.2.5"},
{"name": "atomicwrites", "version": "1.3.0"},
{"name": "attrs", "version": "19.1.0"}]
```

Файлы пакетов

Для генерации нативного пакета Python необходимо добавить в проект еще несколько файлов. Ради простоты ограничимся минимальным объемом необходи-

мых для генерации пакета файлов. Описание пакета для `setuptools` приводится в файле `setup.py`, расположенном в каталоге верхнего уровня. В нашем примере проекта этот файл выглядит следующим образом:

```
from setuptools import setup, find_packages

setup(
    name="hello-world",
    version="0.0.1",
    author="Example Author",
    author_email="stopspamer@ukr.net",
    url="example.com",
    description="A hello-world example package",
    packages=find_packages(),
    classifiers=[
        "Programming Language :: Python :: 3",
        "License :: OSI Approved :: MIT License",
        "Operating System :: OS Independent",
    ],
)
```

Файл `setup.py` импортирует из модуля две вспомогательные функции: `setup` и `find_packages`. Именно для функции `setup` необходимо подробное описание пакета. Функция `find_packages` представляет собой утилиту для автоматического обнаружения местоположения файлов Python. Кроме того, этот файл импортирует `classifiers`, описывающие некоторые аспекты пакета, в частности лицензию, поддерживаемые операционные системы и версии Python. Это так называемые *trove-классификаторы* (trove classifiers), и в каталоге пакетов Python (https://pypi.org/classifiers) есть подробное описание всех доступных классификаторов. При загрузке в PyPI публикуются подробные описания пакетов.

Достаточно добавить всего один этот файл, чтобы сгенерировать пакет, в данном случае пакет *дистрибутива исходного кода* (source distribution package). Из-за отсутствия файла `README` при выполнении команд выводится предупреждение. Чтобы предотвратить это, добавьте пустой файл `README` в каталог верхнего уровня с помощью команды `touch README`.

Содержимое каталога проекта должно выглядеть следующим образом:

```
hello-world
├── hello_world
│   ├── __init__.py
│   └── main.py
└── README
└── setup.py

1 directory, 2 files
```

Для генерации на его основе *дистрибутива исходного кода* выполните следующую команду:

```
python3 setup.py sdist
```

Результаты ее выполнения должны выглядеть примерно так:

```
$ python3 setup.py sdist
running sdist
running egg_info
writing hello_world.egg-info/PKG-INFO
writing top-level names to hello_world.egg-info/top_level.txt
writing dependency_links to hello_world.egg-info/dependency_links.txt
reading manifest file 'hello_world.egg-info/SOURCES.txt'
writing manifest file 'hello_world.egg-info/SOURCES.txt'
running check
creating hello-world-0.0.1
creating hello-world-0.0.1/hello_world
creating hello-world-0.0.1/hello_world.egg-info
copying files to hello-world-0.0.1...
copying README -> hello-world-0.0.1
copying setup.py -> hello-world-0.0.1
copying hello_world/__init__.py -> hello-world-0.0.1/hello_world
copying hello_world/main.py -> hello-world-0.0.1/hello_world
Writing hello-world-0.0.1/setup.cfg
Creating tar archive
removing 'hello-world-0.0.1' (and everything under it)
```

В каталоге верхнего уровня проекта появился новый каталог `dist`, он содержит *дистрибутив исходного кода* — файл `hello-world-0.0.1.tar.gz`. Если мы взглянем на структуру каталогов, то увидим, что она изменилась:

```
hello-world
├── dist
│   └── hello-world-0.0.1.tar.gz
├── hello_world
│   ├── __init__.py
│   └── main.py
├── hello_world.egg-info
│   ├── dependency_links.txt
│   ├── PKG-INFO
│   ├── SOURCES.txt
│   └── top_level.txt
├── README
└── setup.py

3 directories, 9 files
```

Только что созданный файл `tar.gz` представляет собой пакет, который можно установить! Теперь его можно загрузить на PyPI, чтобы пользователи могли

сделать это. Поскольку мы придерживаемся схемы именования версий, установщики могут запрашивать конкретную версию (в данном случае `0.0.1`) нашего пакета, а благодаря передаче в функцию `setup()` дополнительных метаданных другие утилиты могут его обнаруживать и отображать информацию о нем, например создателя, описание и версию.

Устанавливать файлы типа `tar.gz` напрямую можно с помощью установщика Python `pip`. Попробуйте проделать это сами, указав в качестве аргумента путь к файлу:

```
$ pip install dist/hello-world-0.0.1.tar.gz
Processing ./dist/hello-world-0.0.1.tar.gz
Building wheels for collected packages: hello-world
  Building wheel for hello-world (setup.py) ... done
Successfully built hello-world
Installing collected packages: hello-world
Successfully installed hello-world-0.0.1
```

Каталог пакетов Python

Каталог пакетов Python (PyPI) — это репозиторий программного обеспечения на языке Python, в котором пользователи могут размещать пакеты Python, а также установить их оттуда. Его поддержкой в качестве части Python Software Foundation (https://www.python.org/psf) занимается сообщество разработчиков Python благодаря помощи спонсоров.

Для этого раздела вам понадобится учетная запись в тестовом экземпляре PyPI. Если у вас пока еще ее нет, зарегистрируйтесь через Интернет (https://oreil.ly/lyVVx). Имя пользователя и пароль этой учетной записи понадобятся вам для загрузки туда пакетов.

Поле для адреса электронной почты в файле `setup.py` содержит заглушку. Для публикации пакета в каталоге необходимо заменить его на тот же адрес электронной почты, что и у владельца пакета на PyPI. Можете модифицировать остальные поля, например `author`, `url` и `description`, чтобы они лучше отражали создаваемый проект.

Для проверки пакета без отправки в реальную эксплуатацию его можно загрузить в тестовый экземпляр PyPI, ведущий себя точно так же, как и реальный, и позволяющий убедиться, что пакет работает должным образом.

Традиционно пакеты загружаются в PyPI с помощью `setuptools` и файла `setup.py`. Но новый подход, `twine`, упрощает эту задачу.

В начале этого раздела мы установили утилиту `twine` в нашей виртуальной среде. После этого ее можно применять для загрузки пакетов в тестовый экземпляр PyPI. Следующая команда загружает файл `tar.gz` и запрашивает имя пользователя и пароль:

```
$ twine upload --repository-url https://test.pypi.org/legacy/ \
  dist/hello-world-0.0.1.tar.gz
Uploading distributions to https://test.pypi.org/legacy/
Enter your username:
Enter your password:
```

Чтобы проверить, все ли прошло успешно, можем попробовать установить наш пакет с помощью `pip`:

```
$ python3 -m pip install --index-url https://test.pypi.org/simple/ hello-world
```

Может показаться, что в этой команде лишний пробел в URL PyPI, но URL каталога оканчивается на `/simple/`, а `hello-world` — еще один аргумент, который указывает название устанавливаемого пакета Python.

Для настоящей промышленной версии необходимо создать учетную запись на основном экземпляре PyPI (https://pypi.org/account/register). Загрузка пакета на *настоящий* PyPI ничем не отличается от загрузки на тестовый экземпляр, включая проверку.

Более старые руководства по созданию пакетов могут включать следующие команды:

```
$ python setup.py register
$ python setup.py upload
```

Эти команды входят в набор утилит `setuptools` и, возможно, по-прежнему сработают для загрузки проектов в каталог пакетов. Однако в число возможностей утилиты `twine` входят безопасная аутентификация через HTTPS, а также подпись пакетов с помощью `gpg`. `twine` работает даже тогда, когда не работает команда `python setup.py upload`, и, наконец, позволяет тестировать пакет перед загрузкой в каталог.

Осталось отметить, что иногда удобно создать `Makefile` и вставить в него команду `make` для автоматического развертывания проекта и сборки документации. Вот пример того, как это может работать:

```
deploy-pypi:
  pandoc --from=markdown --to=rst README.md -o README.rst
  python setup.py check --restructuredtext --strict --metadata
  rm -rf dist
  python setup.py sdist
  twine upload dist/*
  rm -f README.rst
```

Внутренний каталог пакетов

В некоторых случаях лучше поддерживать свой внутренний PyPI.

У компании, где Альфредо когда-то работал, были закрытые библиотеки, вовсе не предназначавшиеся для общего доступа, так что необходимо было поддерживать свой экземпляр PyPI. Впрочем, у этого решения есть подводные камни. В экземпляр должны быть включены все зависимости и их версии, иначе могут возникнуть сбои при установке. Программа установки не может извлекать зависимости из различных источников одновременно! Несколько раз оказывалось, что для новой версии недоставало какого-либо компонента, так что для завершения установки приходилось загружать в каталог соответствующий пакет.

При локальном размещении пакета *A*, зависящего от пакетов *B* и *C*, необходимо, чтобы все три (и все нужные их версии) существовали в одном экземпляре.

Внутренний PyPI ускоряет установку пакетов, позволяет обеспечить конфиденциальность пакетов и, по сути, не так уж сложен в реализации.

Мы очень рекомендуем для создания внутреннего PyPI воспользоваться полнофункциональной утилитой devpi, обладающей возможностями зеркального копирования, предэксплуатационного тестирования, репликации и интеграции с Jenkins. В документации этого проекта (https://doc.devpi.net) можно найти подробную информацию и прекрасные примеры.

Сначала создайте новый каталог `pypi`, чтобы получить нужную структуру для размещения пакетов, после чего создайте подкаталог, называющийся так же, как и пример пакета (`hello-world`). Названия подкаталогов соответствуют названиям самих пакетов:

```
$ mkdir -p pypi/hello-world
$ tree pypi
pypi
└── hello-world

1 directory, 0 files
```

Теперь скопируйте файл `tar.gz` в каталог `hello-world`. Итоговый вариант структуры каталога должен выглядеть так:

```
$ tree pypi
pypi
└── hello-world
    └── hello-world-0.0.1.tar.gz

1 directory, 1 file
```

Следующий шаг — создание веб-сервера с включенной автоматической индексацией. В Python есть встроенный веб-сервер, вполне подходящий для наших

экспериментов, причем даже с включенной по умолчанию автоматической индексацией! Перейдите в каталог `pypi`, в котором находится пакет `hello-world`, и запустите встроенный веб-сервер:

```
$ python3 -m http.server
Serving HTTP on 0.0.0.0 port 8000 (http://0.0.0.0:8000/) ...
```

В новом окне терминала создайте временную виртуальную среду для установки пакета `hello-world` из локального экземпляра PyPI. Активируйте ее и, наконец, попробуйте установить пакет, указав в команде `pip` свой локальный URL:

```
$ python3 -m venv /tmp/local-pypi
$ source /tmp/local-pypi/bin/activate
(local-pypi) $ pip install -i http://localhost:8000/ hello-world
Looking in indexes: http://localhost:8000/
Collecting hello-world
  Downloading http://localhost:8000/hello-world/hello-world-0.0.1.tar.gz
Building wheels for collected packages: hello-world
  Building wheel for hello-world (setup.py) ... done
Successfully built hello-world
Installing collected packages: hello-world
Successfully installed hello-world-0.0.1
```

В сеансе, где запущен модуль `http.server`, при этом должны появиться записи журнала, отображающие все выполненные программой установки для извлечения пакета `hello-world`, и запросы:

```
Serving HTTP on 0.0.0.0 port 8000 (http://0.0.0.0:8000/) ...
127.0.0.1 [09:58:37] "GET / HTTP/1.1" 200 -
127.0.0.1 [09:59:39] "GET /hello-world/ HTTP/1.1" 200 -
127.0.0.1 [09:59:39] "GET /hello-world/hello-world-0.0.1.tar.gz HTTP/1.1" 200
```

Для находящейся в промышленной эксплуатации среды понадобится более мощный веб-сервер. Для простоты в этом примере мы воспользовались модулем `http.server`, но он не умеет обрабатывать одновременно несколько запросов и плохо масштабируется.

При создании локального каталога пакетов без утилит наподобие devpi имеет смысл задействовать подробную спецификацию, включающую описания стандартных названий для структуры каталогов. Ее вы можете найти в PEP 503 (https://oreil.ly/sRcAe).

Создание пакетов для Debian

Если вы рассчитываете устанавливать свой проект в операционной системе Debian (или основанных на Debian дистрибутивах, например Ubuntu), понадобятся дополнительные файлы. Понимание того, какие файлы нужны и как они используются инструментами создания пакетов для Debian, значительно

повышает эффективность процесса генерации подходящих для установки пакетов `.deb` и решения возникающих проблем.

В некоторых из этих текстовых файлов требуется *чрезвычайно* точное форматирование, и если формат хоть чуть-чуть не соблюден, пакет нормально устанавливаться не будет.

В этом разделе мы предполагаем, что пакет создается в Debian или основанном на Debian дистрибутиве, чтобы проще было установить и использовать нужные утилиты создания пакетов.

Файлы пакета

Для создания пакетов программ в Debian нам понадобится каталог `debian`, содержащий несколько файлов. Чтобы уменьшить объем необходимого для генерации пакета, опустим большинство возможных опций, в частности выполнение набора тестов перед завершением сборки или объявление нескольких версий Python.

Создайте каталог `debian`, в котором будут располагаться все необходимые файлы. Структура проекта `hello-world` должна выглядеть следующим образом:

```
$ tree
.
├── debian
├── hello_world
│   ├── __init__.py
│   └── main.py
├── README
└── setup.py

2 directories, 4 files
```

Обратите внимание на то, что этот каталог содержит файлы setup.py и README из предыдущего раздела, посвященного созданию нативных пакетов Python. Они необходимы для утилит Debian, генерирующих пакет .deb.

Файл changelog. Правильно сформировать этот файл вручную — задача порой непростая. Ошибки неправильного форматирования этого файла искать очень сложно. В большинстве схем создания пакетов Debian для улучшения возможностей отладки используется утилита `dch`.

Раньше я игнорировал данный совет и пытался создавать этот файл вручную. В итоге я просто тратил время впустую, поскольку сообщения об ошибках были

не слишком информативны, а заметить возможные проблемы очень непросто. Далее приведен пример записи из файла `changelog`, вызвавшего проблемы:

```
--Alfredo Deza <alfredo@example.com> Sat, 11 May 2013 2:12:00 -0800
```

Эта запись вызвала следующее сообщение об ошибке:

```
parsechangelog/debian: warning: debian/changelog(l7): found start of entry
  where expected more change data or trailer
```

Можете сразу заметить, что было исправлено?

```
-- Alfredo Deza <alfredo@example.com> Sat, 11 May 2013 2:12:00 -0800
```

Причиной проблемы было отсутствие *пробела* между тире и моим именем. Избавьте себя от мучений и воспользуйтесь `dch`. Эта утилита входит в состав пакета `devscripts`:

```
$ sudo apt-get install devscripts
```

Число опций утилиты командной строки `dch` очень велико, так что рекомендуем просмотреть ее документацию (основной страницы вполне достаточно). Мы воспользуемся ею для первоначального создания журнала изменений (для этого нам потребуется однократно указать флаг `--create`). Прежде чем запустить ее, экспортируйте свои полное имя и адрес электронной почты, чтобы включить их в генерируемый файл:

```
$ export DEBEMAIL="alfredo@example.com"
$ export DEBFULLNAME="Alfredo Deza"
```

Теперь запустите `dch`, чтобы сгенерировать журнал изменений:

```
$ dch --package "hello-world" --create -v "0.0.1" \
  -D stable "New upstream release"
```

Только что созданный вами файл должен выглядеть примерно так:

```
hello-world (0.0.1) stable; urgency=medium

  * New upstream release

 -- Alfredo Deza <alfredo@example.com>  Thu, 11 Apr 2019 20:28:08 -0400
```

Журналы изменений Debian учитывают специфику пакетов Debian. Если формат не соответствует или какая-то другая информация требует обновления, вполне можно вести отдельный журнал изменений для проекта. Во многих проектах файл changelog Debian хранится в виде отдельного файла, предназначенного только для Debian.

Файл control. В этом файле задаются название пакета, его описание и все необходимые для сборки и работы пакета зависимости. Он также отличается жестко заданным форматом, но его редко приходится менять (в отличие от файла `changelog`). Этот файл требует использовать Python 3, а также следовать рекомендациям по наименованиям Python для Debian.

При переходе от Python 2 к Python 3 большинство дистрибутивов остановились на применении для пакетов Python 3 схемы наименования python3-{название пакета}.

После добавления зависимостей, соглашений о наименованиях и короткого описания файл должен выглядеть вот так:

```
Source: hello-world
Maintainer: Alfredo Deza <alfredo@example.com>
Section: python
Priority: optional
Build-Depends:
 debhelper (>= 11~),
 dh-python,
 python3-all
 python3-setuptools
Standards-Version: 4.3.0

Package: python3-hello-world
Architecture: all
Depends: ${misc:Depends}, ${python3:Depends}
Description: An example hello-world package built with Python 3
```

Прочие необходимые файлы. Для генерации пакета Debian необходимо еще несколько файлов. Большинство из них состоят всего из нескольких строк и меняются нечасто.

Файл `rules` представляет собой исполняемый файл, указывающий Debian, что нужно запустить для генерации пакета, в данном случае он должен выглядеть так:

```
#!/usr/bin/make -f

export DH_VERBOSE=1

export PYBUILD_NAME=remoto

%:
    dh $@ --with python3 --buildsystem=pybuild
```

Файл `compat` задает уровень совместимости с `debhelper` (еще одна утилита для создания пакетов), рекомендуемое значение `10`. Если вы получите связанное

с ним сообщение об ошибке, возможно, стоит проверить, не нужно ли большее значение:

```
$ cat compat
10
```

Без лицензии процесс сборки может не работать, так что имеет смысл указать лицензию явно. В данном примере используется лицензия MIT, и вот как должен выглядеть файл `debian/copyright`:

```
Format: http://www.debian.org/doc/packaging-manuals/copyright-format/1.0
Upstream-Name: hello-world
Source: https://example.com/hello-world
Files: *
Copyright: 2019 Alfredo Deza
License: Expat
License: Expat
  Permission is hereby granted, free of charge, to any person obtaining a
  copy of this software and associated documentation files (the "Software"),
  to deal in the Software without restriction, including without limitation
  the rights to use, copy, modify, merge, publish, distribute, sublicense,
  and/or sell copies of the Software, and to permit persons to whom the
  Software is furnished to do so, subject to the following conditions:
  .
  The above copyright notice and this permission notice shall be included in
  all copies or substantial portions of the Software.
  .
  THE SOFTWARE IS PROVIDED "AS IS", WITHOUT WARRANTY OF ANY KIND, EXPRESS OR
  IMPLIED, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO THE WARRANTIES OF MERCHANTABILITY,
  FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE AND NONINFRINGEMENT.  IN NO EVENT SHALL
  THE AUTHORS OR COPYRIGHT HOLDERS BE LIABLE FOR ANY CLAIM, DAMAGES OR OTHER
  LIABILITY, WHETHER IN AN ACTION OF CONTRACT, TORT OR OTHERWISE, ARISING
  FROM, OUT OF OR IN CONNECTION WITH THE SOFTWARE OR THE USE OR OTHER
  DEALINGS IN THE SOFTWARE.
```

В итоге после добавления всех этих новых файлов в каталог `debian` проект `hello-world` выглядит вот так:

```
.
├── debian
│   ├── changelog
│   ├── compat
│   ├── control
│   ├── copyright
│   └── rules
├── hello_world
│   ├── __init__.py
│   └── main.py
├── README
└── setup.py

2 directories, 9 files
```

Генерация двоичного файла

Для генерации двоичного файла используйте утилиту командной строки `debuild`. В своем примере проекта мы не станем подписывать пакет (для создания цифровой подписи требуется GPG-ключ), а в документации `debuild` есть пример, позволяющий пропустить этап подписывания. Сценарий запускается изнутри дерева каталогов исходного кода для сборки только двоичного пакета. Вот команда, подходящая для проекта `hello-world`:

```
$ debuild -i -us -uc -b
...
dpkg-deb: building package 'python3-hello-world'
in '../python3-hello-world_0.0.1_all.deb'.
...
 dpkg-genbuildinfo --build=binary
 dpkg-genchanges --build=binary >../hello-world_0.0.1_amd64.changes
dpkg-genchanges: info: binary-only upload (no source code included)
 dpkg-source -i --after-build hello-world-debian
dpkg-buildpackage: info: binary-only upload (no source included)
Now running lintian hello-world_0.0.1_amd64.changes ...
E: hello-world changes: bad-distribution-in-changes-file stable
Finished running lintian.
```

Теперь в верхнем каталоге должен появиться файл `python3-hello-world_0.0.1_all.deb`. При вызове `lintian` (линтера Debian для создания пакетов) в самом конце возникает сообщение о некорректном дистрибутиве. Об этом волноваться не стоит, ведь мы и не ориентировались на какой-то конкретный дистрибутив (например, Debian Buster), а собирали пакет, который можно было бы установить в любом дистрибутиве на основе Debian, совместимом со всеми зависимостями (в данном случае только Python 3).

Репозитории Debian

Существует множество утилит для автоматизации работы с репозиториями Debian, но совсем не помешает разобраться в схеме их создания (Альфредо даже помогал разрабатывать один репозиторий (https://oreil.ly/hJMgY), предназначенный как для RPM, так и для Debian). Убедитесь, что созданный нами ранее бинарный пакет находится в нужном месте:

```
$ mkdir /opt/binaries
$ cp python3-hello-world_0.0.1_all.deb /opt/binaries/
```

Для этого раздела необходимо, чтобы была установлена утилита `reprepro`:

```
$ sudo apt-get install reprepro
```

Создайте новый каталог где-нибудь в системе для хранения пакетов. В данном примере его роль играет каталог `/opt/repo`. Для основных настроек репозитория

понадобится файл `distributions` с описанием содержимого репозитория, который выглядит вот так:

```
Codename: sid
Origin: example.com
Label: example.com
Architectures: amd64 source
DscIndices: Sources Release .gz .bz2
DebIndices: Packages Release . .gz .bz2
Components: main
Suite: stable
Description: example repo for hello-world package
Contents: .gz .bz2
```

Сохраните этот файл по адресу `/opt/repo/conf/distributions`. Создайте еще один каталог, в котором будет располагаться сам репозиторий:

```
$ mkdir /opt/repo/debian/sid
```

Для создания репозитория необходимо указать утилите `reprepro`, что нужно использовать созданный нами файл `distributions`, а роль базового каталога должен играть `/opt/repo/debian/sid`. Наконец, укажите ранее созданный бинарный файл в качестве целевого для дистрибутива sid Debian:

```
$ reprepro --confdir /opt/repo/conf/distributions -b /opt/repo/debian/sid \
  -C main includedeb sid /opt/binaries/python3-hello-world_0.0.1_all.deb
Exporting indices...
```

Эта команда создает репозиторий для дистрибутива sid Debian. Ее можно приспособить для различных дистрибутивов на основе Debian, например Ubuntu Bionic. Для этого достаточно заменить `sid` на `bionic`.

Следующий шаг после создания репозитория — добиться, чтобы он работал так, как нужно. Для промышленной эксплуатации подойдет надежный веб-сервер, например Apache или Nginx, но для тестирования примера мы воспользуемся модулем `http.server` Python. Перейдите в каталог, содержащий репозиторий, и запустите веб-сервер:

```
$ cd /opt/repo/debian/sid
$ python3 -m http.server
Serving HTTP on 0.0.0.0 port 8000 (http://0.0.0.0:8000/) ...
```

Необходимо указать системе управления пакетами Debian `apt` (Aptitude) на новое местоположение пакетов. Соответствующая конфигурация представляет собой простой файл, содержащий всего одну строку со ссылкой на URL и компоненты нашего репозитория. Создайте файл `/etc/apt/sources.lists.d/hello-world.list`. Его содержимое должно выглядеть так:

```
$ cat /etc/apt/sources.list.d/hello-world.list
deb [trusted=yes] http://localhost:8000/ sid main
```

Настройка `[trusted=yes]` означает, что `apt` не должна требовать подписанных пакетов. В подписанных должным образом репозиториях эта настройка не нужна.

После создания указанного файла обновите `apt`, чтобы она обнаружила новое местоположение репозитория и нашла (и установила) пакет `hello-world`:

```
$ sudo apt-get update
Ign:1 http://localhost:8000 sid InRelease
Get:2 http://localhost:8000 sid Release [2,699 B]
Ign:3 http://localhost:8000 sid Release.gpg
Get:4 http://localhost:8000 sid/main amd64 Packages [381 B]
Get:5 http://localhost:8000 sid/main amd64 Contents (deb) [265 B]
Fetched 3,345 B in 1s (6,382 B/s)
Reading package lists... Done
```

При поиске пакета `python3-hello-world` мы видим описание, внесенное в файл `distributions` в процессе настройки `reprepro`:

```
$ apt-cache search python3-hello-world
python3-hello-world - An example hello-world package built with Python 3
```

Установка и удаление пакета должны выполняться без проблем:

```
$ sudo apt-get install python3-hello-world
Reading package lists... Done
Building dependency tree
Reading state information... Done
The following NEW packages will be installed:
  python3-hello-world
0 upgraded, 1 newly installed, 0 to remove and 48 not upgraded.
Need to get 2,796 B of archives.
Fetched 2,796 B in 0s (129 kB/s)
Selecting previously unselected package python3-hello-world.
(Reading database ... 242590 files and directories currently installed.)
Preparing to unpack .../python3-hello-world_0.0.1_all.deb ...
Unpacking python3-hello-world (0.0.1) ...
Setting up python3-hello-world (0.0.1) ...
$ sudo apt-get remove --purge python3-hello-world
Reading package lists... Done
Building dependency tree
Reading state information... Done
The following packages will be REMOVED:
  python3-hello-world*
0 upgraded, 0 newly installed, 1 to remove and 48 not upgraded.
After this operation, 19.5 kB disk space will be freed.
Do you want to continue? [Y/n] Y
(Reading database ... 242599 files and directories currently installed.)
Removing python3-hello-world (0.0.1) ...
```

Создание пакетов RPM

Как и при создании пакетов Debian, в ходе работы с RPM уже должна быть подготовлена возможность генерации нативного пакета Python с помощью файла `setup.py`. Однако, в отличие от Debian, где требовалось много файлов, создание пакетов RPM требует всего одного файла — `spec`. Система управления пакетами RPM (известная ранее как система управления пакетами Red Hat) прекрасно подойдет для этой цели, если роль целевого дистрибутива Linux играет CentOS или Fedora.

Файл spec

В простейшем варианте файла `spec` (в этом примере он называется `hello-world.spec`) ничего сложного нет, большинство разделов его говорят сами за себя. Его можно даже сгенерировать с помощью `setuptools`:

```
$ python3 setup.py bdist_rpm --spec-only
running bdist_rpm
running egg_info
writing hello_world.egg-info/PKG-INFO
writing dependency_links to hello_world.egg-info/dependency_links.txt
writing top-level names to hello_world.egg-info/top_level.txt
reading manifest file 'hello_world.egg-info/SOURCES.txt'
writing manifest file 'hello_world.egg-info/SOURCES.txt'
writing 'dist/hello-world.spec'
```

Полученный в результате файл `dist/hello-world.spec` будет выглядеть примерно так:

```
%define name hello-world
%define version 0.0.1
%define unmangled_version 0.0.1
%define release 1

Summary: A hello-world example package
Name: %{name}
Version: %{version}
Release: %{release}
Source0: %{name}-%{unmangled_version}.tar.gz
License: MIT
Group: Development/Libraries
BuildRoot: %{_tmppath}/%{name}-%{version}-%{release}-buildroot
Prefix: %{_prefix}
BuildArch: noarch
Vendor: Example Author <author@example.com>
Url: example.com
```

```
%description
A Python3 hello-world package

%prep
%setup -n %{name}-%{unmangled_version} -n %{name}-%{unmangled_version}

%build
python3 setup.py build

%install
python3 setup.py install --single-version-externally-managed -O1 \
--root=$RPM_BUILD_ROOT --record=INSTALLED_FILES

%clean
rm -rf $RPM_BUILD_ROOT

%files -f INSTALLED_FILES
%defattr(-,root,root)
```

Хотя он выглядит простым, сразу же возникает потенциальная проблема: версию придется обновлять каждый раз. Этот процесс напоминает файл `changelog` Debian, который следует обновлять с помощью утилиты `bump` для каждой новой версии.

Определенные перспективы несет интеграция `setuptools`, позволяющая при необходимости выполнять дальнейшую модификацию этого файла и копировать его в корневой каталог проекта для постоянного хранения. В некоторых проектах используется базовый шаблон, заполняемый в процессе сборки для генерации файла `spec`. В проекте Ceph (https://ceph.com) выпускаемым версиям с помощью системы контроля версий (Git) присваивается тег, который сценарии выпуска версий применяют к упомянутому шаблону через `Makefile`. Стоит отметить, что существуют и дополнительные методы для дальнейшей автоматизации этого процесса.

Генерировать файл spec не всегда имеет смысл, поскольку некоторые его разделы приходится жестко «зашивать», следуя каким-либо правилам создания дистрибутива или из-за конкретных зависимостей, не входящих в сгенерированный файл. В подобных случаях лучше сгенерировать его один раз, а затем внести нужные изменения настроек и сохранить, после чего сделать полученный файл spec частью проекта.

Генерирование бинарного файла

Существует несколько утилит для генерирования бинарных файлов RPM, одна из них — утилита командной строки `rpmbuild`:

```
$ sudo yum install rpm-build
```

Утилита командной строки называется rpmbuild, а пакет — rpm-build, так что убедитесь, что rpmbuild (утилита командной строки) доступна для использования в терминале.

Для создания бинарного файла утилите `rpmbuild` необходима определенная структура каталогов. После их создания в каталоге `SOURCES` должен присутствовать файл `source` (сгенерированный `setuptools` файл `tar.gz`). Далее показано, как следует создавать эту структуру и как она будет выглядеть в итоге:

```
$ mkdir -p /opt/repo/centos/{SOURCES,SRPMS,SPECS,RPMS,BUILD}
$ cp dist/hello-world-0.0.1.tar.gz /opt/repo/centos/SOURCES/
$ tree /opt/repo/centos
/opt/repo/centos
├── BUILD
├── BUILDROOT
├── RPMS
├── SOURCES
│   └── hello-world-0.0.1.tar.gz
├── SPECS
└── SRPMS

6 directories, 1 file
```

Эта структура каталогов необходима всегда, причем по умолчанию утилита `rpmbuild` ожидает ее наличия в домашнем каталоге. Чтобы не сваливать все в одну кучу, воспользуемся другим местом в файловой системе (`/opt/repo/centos`). Это значит, что нам нужно попросить утилиту `rpmbuild` задействовать этот каталог. В результате благодаря флагу `-ba` будут сгенерированы бинарный файл и пакет `source` (мы немного сократили выводимое командой):

```
$ rpmbuild -ba --define "_topdir /opt/repo/centos"  dist/hello-world.spec
...
Executing(%build): /bin/sh -e /var/tmp/rpm-tmp.CmGOdp
running build
running build_py
creating build
creating build/lib
creating build/lib/hello_world
copying hello_world/main.py -> build/lib/hello_world
copying hello_world/__init__.py -> build/lib/hello_world
Executing(%install): /bin/sh -e /var/tmp/rpm-tmp.CQgOKD
+ python3 setup.py install --single-version-externally-managed \
-O1 --root=/opt/repo/centos/BUILDROOT/hello-world-0.0.1-1.x86_64
running install
writing hello_world.egg-info/PKG-INFO
writing dependency_links to hello_world.egg-info/dependency_links.txt
writing top-level names to hello_world.egg-info/top_level.txt
reading manifest file 'hello_world.egg-info/SOURCES.txt'
writing manifest file 'hello_world.egg-info/SOURCES.txt'
```

```
running install_scripts
writing list of installed files to 'INSTALLED_FILES'
Processing files: hello-world-0.0.1-1.noarch
Provides: hello-world = 0.0.1-1
Wrote: /opt/repo/centos/SRPMS/hello-world-0.0.1-1.src.rpm
Wrote: /opt/repo/centos/RPMS/noarch/hello-world-0.0.1-1.noarch.rpm
Executing(%clean): /bin/sh -e /var/tmp/rpm-tmp.gcIJgT
+ umask 022
+ cd /opt/repo/centos//BUILD
+ cd hello-world-0.0.1
+ rm -rf /opt/repo/centos/BUILDROOT/hello-world-0.0.1-1.x86_64
+ exit 0
```

В структуре каталогов в `/opt/repo/centos` появится множество новых файлов, но нас интересует только один, с расширением `noarch.rpm`:

```
$ tree /opt/repo/centos/RPMS
/opt/repo/centos/RPMS
└── noarch
    └── hello-world-0.0.1-1.noarch.rpm

1 directory, 1 file
```

Этот файл представляет собой подходящий для установки пакет RPM! Утилита сгенерировала и другие полезные пакеты, которые также можно опубликовать (загляните, например, в `/opt/repo/centos/SRPMS`).

Репозитории RPM

Для создания репозитория RPM мы возьмем утилиту командной строки `createrepo`. Она создает метаданные репозитория (метаданные RPM в формате XML) из бинарных файлов, найденных в указанном каталоге. В этом разделе мы создадим (и разместим в репозитории) бинарный файл типа `noarch`:

```
$ sudo yum install createrepo
```

Можете создать репозиторий там же, где мы генерировали пакет `noarch`, или воспользоваться новым (пустым) каталогом. При необходимости создайте новые бинарные файлы. А затем скопируйте пакет:

```
$ mkdir -p /var/www/repos/centos
$ cp -r /opt/repo/centos/RPMS/noarch /var/www/repos/centos
```

Запустите утилиту `createrepo` для создания метаданных:

```
$ createrepo -v /var/www/repos/centos/noarch
Spawning worker 0 with 1 pkgs
Worker 0: reading hello-world-0.0.1-1.noarch.rpm
Workers Finished
Saving Primary metadata
```

```
Saving file lists metadata
Saving other metadata
Generating sqlite DBs
Starting other db creation: Thu Apr 18 09:13:35 2019
Ending other db creation: Thu Apr 18 09:13:35 2019
Starting filelists db creation: Thu Apr 18 09:13:35 2019
Ending filelists db creation: Thu Apr 18 09:13:35 2019
Starting primary db creation: Thu Apr 18 09:13:35 2019
Ending primary db creation: Thu Apr 18 09:13:35 2019
Sqlite DBs complete
```

И хотя пакета `x86_64` не существует, повторите вызов утилиты `createrepo` для нового каталога, чтобы не получать предупреждений `yum` в дальнейшем:

```
$ mkdir /var/www/repos/centos/x86_64
$ createrepo -v /var/www/repos/centos/x86_64
```

Для выдачи данных из этого каталога по HTTP давайте воспользуемся модулем `http.server`:

```
$ python3 -m http.server
Serving HTTP on 0.0.0.0 port 8000 (http://0.0.0.0:8000/) ...
```

Для доступа к этому репозиторию `yum` понадобятся настройки в файле `repo`. Создайте его — `/etc/yum.repos.d/hello-world.repo`. Он должен выглядеть вот так:

```
[hello-world]
name=hello-world example repo for noarch packages
baseurl=http://0.0.0.0:8000/$basearch
enabled=1
gpgcheck=0
type=rpm-md
priority=1

[hello-world-noarch]
name=hello-world example repo for noarch packages
baseurl=http://0.0.0.0:8000/noarch
enabled=1
gpgcheck=0
type=rpm-md
priority=1
```

Обратите внимание на то, что значение `gpgcheck` равно `0`. Это значит, что мы не подписывали никаких пакетов и утилита `yum` не должна пытаться проверить подписи, из-за чего в этом примере могла бы возникнуть ошибка. Теперь можно выполнить поиск пакета, в ходе которого мы получим описание в виде части выводимых данных:

```
$ yum --enablerepo=hello-world search hello-world
Loaded plugins: fastestmirror, priorities
Loading mirror speeds from cached hostfile
```

```
 * base: reflector.westga.edu
 * epel: mirror.vcu.edu
 * extras: mirror.steadfastnet.com
* updates: mirror.mobap.edu
base                                                                    | 3.6 kB
extras                                                                  | 3.4 kB
hello- world                                                            | 2.9 kB
hello-world-noarch                                                      | 2.9 kB
updates                                                                 | 3.4 kB
8 packages excluded due to repository priority protections
===============================================================================
matched: hello-world
===============================================================================
hello-world.noarch : A hello-world example package
```

Функция поиска работает должным образом, значит, и установка пакета должна пройти успешно:

```
$ yum --enablerepo=hello-world install hello-world
Loaded plugins: fastestmirror, priorities
Loading mirror speeds from cached hostfile
 * base: reflector.westga.edu
 * epel: mirror.vcu.edu
 * extras: mirror.steadfastnet.com
 * updates: mirror.mobap.edu
8 packages excluded due to repository priority protections
Resolving Dependencies
--> Running transaction check
---> Package hello-world.noarch 0:0.0.1-1 will be installed
--> Finished Dependency Resolution

Dependencies Resolved
Installing:
 hello-world          noarch          0.0.1-1            hello-world-noarch

Transaction Summary
Install  1 Package

Total download size: 8.1 k
Installed size: 1.3 k
Downloading packages:
hello-world-0.0.1-1.noarch.rpm                                          | 8.1 kB
Running transaction check
Running transaction test
Transaction test succeeded
Running transaction
  Installing : hello-world-0.0.1-1.noarch
  Verifying  : hello-world-0.0.1-1.noarch

Installed:
  hello-world.noarch 0:0.0.1-1

Complete!
```

Удаление также проходит без проблем:

```
$ yum remove hello-world
Loaded plugins: fastestmirror, priorities
Resolving Dependencies
--> Running transaction check
---> Package hello-world.noarch 0:0.0.1-1 will be erased
--> Finished Dependency Resolution

Dependencies Resolved
Removing:
 hello-world          noarch          0.0.1-1          @hello-world-noarch

Transaction Summary
Remove  1 Package

Installed size: 1.3 k
Is this ok [y/N]: y
Downloading packages:
Running transaction check
Running transaction test
Transaction test succeeded
Running transaction
  Erasing    : hello-world-0.0.1-1.noarch
  Verifying  : hello-world-0.0.1-1.noarch
Removed:
  hello-world.noarch 0:0.0.1-1
Complete!
```

Модуль `http.server` должен при этом вывести сообщения о каких-то действиях, демонстрирующих, что утилита `yum` обратилась для получения пакета `hello-world`:

```
[18/Apr/2019 03:37:24] "GET /x86_64/repodata/repomd.xml HTTP/1.1"
[18/Apr/2019 03:37:24] "GET /noarch/repodata/repomd.xml HTTP/1.1"
[18/Apr/2019 03:37:25] "GET /x86_64/repodata/primary.sqlite.bz2 HTTP/1.1"
[18/Apr/2019 03:37:25] "GET /noarch/repodata/primary.sqlite.bz2 HTTP/1.1"
[18/Apr/2019 03:56:49] "GET /noarch/hello-world-0.0.1-1.noarch.rpm HTTP/1.1"
```

Диспетчеризация с помощью systemd

`systemd` — *диспетчер системы и сервисов* (system and service manager) для операционной системы Linux, известный также как *подсистема инициализации* (init system). Он играет роль подсистемы инициализации по умолчанию во многих дистрибутивах, в частности Debian и Red Hat. Вот лишь некоторые из множества возможностей `systemd`:

- удобное распараллеливание;
- точки подключения и триггеры для поведения по требованию;

- журналирование интеграции;
- возможность использования других модулей для координации сложных вариантов загрузки.

У `systemd` есть множество других восхитительных аспектов, например возможности работы с сетью, DNS и даже монтирования устройств. Идея удобной работы с процессами на Python всегда была крепким орешком — в какой-то момент существовало сразу несколько напоминающих *подсистему инициализации* проектов на Python, каждый со своими настройками и API. `systemd` благодаря своей повсеместной доступности обеспечивает переносимость и упрощает взаимодействие.

supervisord (http://supervisord.org) и circus (https://oreil.ly/adGEj) — два широко известных средства управления процессами на Python.

Недавно Альфредо написал на Python маленький HTTP API для промышленной эксплуатации. Этот проект был перенесен с `supervisord` на `circus`, и все работало нормально. К сожалению, ограничения среды эксплуатации требовали интеграции `systemd` в операционную систему. Этот переход прошел не так гладко, поскольку утилита `systemd` была относительно новой, но по его завершении мы получили преимущество в виде единообразия при разработке и промышленной эксплуатации, благодаря чему смогли выявлять проблемы интеграции на более ранних стадиях цикла разработки. При выпуске промышленной версии API во время работы с `systemd` мы чувствовали себя уже достаточно уверенно, чтобы решать проблемы и даже выполнять тонкую настройку параметров для решения внешних проблем (случалось вам видеть сбой сценария `init` из-за отказа сети?).

В этом разделе мы создадим небольшой HTTP-сервис, доступный при загрузке системы, который можно перезапустить в любой момент. Настройки в unit-файле обеспечивают журналирование и доступность требуемых системных ресурсов до запуска.

Долгоживущие процессы

Процессы, которые должны выполняться практически все время, — отличные кандидаты для внесения в список находящихся под управлением `systemd`. Представьте себе, например, DNS или сервер электронной почты — они работают в системе непрерывно, ими нужно управлять для захвата журналов или перезапуска при изменениях конфигурации.

Мы воспользуемся маленьким сервером HTTP API, в основе которого лежит веб-фреймворк Pecan (https://www.pecanpy.org/).

Ничего связанного конкретно с Pecan в этом разделе нет, так что примеры подходят и для других фреймворков или долгоживущих процессов.

Настройка

Выберем постоянное месторасположение по адресу `/opt/http` для создания каталога проекта, после чего создадим новую виртуальную среду и устанавливаем фреймворк Pecan:

```
$ mkdir -p /opt/http
$ cd /opt/http
$ python3 -m venv .
$ source bin/activate
(http) $ pip install "pecan==1.3.3"
```

У Pecan есть встроенные вспомогательные функции для создания необходимых файлов и каталогов для нашего примера проекта. С помощью Pecan можно создать простейший базовый проект API HTTP, способный привязываться к `systemd`. У версии 1.3.3 есть две опции — `base` и `rest-api`:

```
$ pecan create api rest-api
Creating /opt/http/api
Recursing into +package+
  Creating /opt/http/api/api
...
Copying scaffolds/rest-api/config.py_tmpl to /opt/http/api/config.py
Copying scaffolds/rest-api/setup.cfg_tmpl to /opt/http/api/setup.cfg
Copying scaffolds/rest-api/setup.py_tmpl to /opt/http/api/setup.py
```

Важно использовать один и тот же путь, поскольку в дальнейшем он будет применяться при настройке сервиса с помощью systemd.

Благодаря включению туда скаффолдинга проекта мы без всяких усилий получаем полнофункциональный проект. Он даже содержит файл `setup.py` со всем необходимым, готовый к созданию нативного пакета Python! Установим проект[1], чтобы можно было его запустить:

[1] Перед этим необходимо перейти в каталог api:cd api/. — *Примеч. пер.*

```
(http) $ python setup.py install
running install
running bdist_egg
running egg_info
creating api.egg-info
...
creating dist
creating 'dist/api-0.1-py3.6.egg' and adding 'build/bdist.linux-x86_64/egg'
removing 'build/bdist.linux-x86_64/egg' (and everything under it)
Processing api-0.1-py3.6.egg
creating /opt/http/lib/python3.6/site-packages/api-0.1-py3.6.egg
Extracting api-0.1-py3.6.egg to /opt/http/lib/python3.6/site-packages
...
Installed /opt/http/lib/python3.6/site-packages/api-0.1-py3.6.egg
Processing dependencies for api==0.1
Finished processing dependencies for api==0.1
```

Утилите командной строки `pecan` требуется файл конфигурации. Он уже был создан для вас в процессе скаффолдинга и располагается в каталоге верхнего уровня. Запустите сервер с `config.py` в качестве параметра:

```
(http) $ pecan serve config.py
Starting server in PID 17517
serving on 0.0.0.0:8080, view at http://127.0.0.1:8080
```

При проверке его в браузере вы получите текстовое сообщение. Вот что отображается, если воспользоваться командой `curl`:

```
(http) $ curl localhost:8080
Hello, World!
```

С помощью команды `pecan serve config.py` запускается выполнение долгоживущего процесса. Единственный способ остановить его — отправить встроенное исключение `KeyboardInterrupt` с помощью сочетания клавиш Ctrl+C. Для повторного его запуска требуются активация виртуальной среды и повторное выполнение той же команды `pecan serve`.

Юниты systemd

В отличие от более старых систем инициализации, работающих с исполняемыми сценариями, `systemd` работает с неформатированными текстовыми файлами. Итоговая версия unit-файла выглядит вот так:

```
[Unit]
Description=hello world pecan service
After=network.target

[Service]
Type=simple
```

```
ExecStart=/opt/http/bin/pecan serve /opt/http/api/config.py
WorkingDirectory=/opt/http/api
StandardOutput=journal
StandardError=journal

[Install]
WantedBy=multi-user.target
```

Сохраните этот файл с названием `hello-world.service`. Далее в этом разделе мы скопируем его туда, где он должен в итоге находиться.

Важно обеспечить правильность всех названий разделов и инструкций конфигурации, поскольку они все учитывают регистр клавиатуры. Если названия хоть чуть-чуть расходятся, ничего работать не будет. Рассмотрим во всех подробностях каждый из разделов для HTTP-сервиса.

- **Unit.** Приводит описание и включает инструкцию `After`, указывающую `systemd`, что перед выполнением данного юнита сервиса сетевая среда должна быть в рабочем состоянии. Требования других юнитов могут быть еще сложнее не только для запуска сервиса, но и *после* его запуска! Очень удобны, в частности, инструкции `Condition` и `Wants`.
- **Service.** Этот раздел необходим только при настройке юнита *сервиса*. По умолчанию `Type=simple`. От сервисов этого типа не следует порождать новые — они должны оставаться на переднем плане, чтобы `systemd` мог управлять их работой. Строка `ExecStart` задает команду, которую необходимо выполнить для запуска сервиса. *Обязательно* используйте абсолютные пути во избежание проблем с поиском нужных файлов.

  Хотя это и не обязательно, я включил инструкцию `WorkingDirectory`, чтобы гарантировать выполнение процесса в том же каталоге, где располагается приложение. В случае изменений в будущем соответствующее приложению местоположение может пригодиться.

  Инструкции `StandardOutput` и `StandardError` очень удобны в работе и демонстрируют широту возможностей `systemd`. Они берут на себя все журналы, выдаваемые механизмами `systemd` через `stdout` и `stderr`. Мы продемонстрируем это подробнее, когда будем обсуждать взаимодействие с сервисом.
- **Install.** Инструкция `WantedBy` указывает, когда запускать юнит в случае его активации. `multi-user.target` эквивалентно `runlevel 3` (обычный уровень выполнения для сервера, которому для штатной работы достаточно текстового терминала). С помощью этой настройки система определяет поведение после активации. После активации создается символическая ссылка в каталоге `multi-user.target.wants`.

Установка юнита

Указанный файл конфигурации необходимо поместить в определенное место, чтобы `systemd` смогла его найти и *загрузить*. Поддерживается несколько возможных местоположений, но для созданных или управляемых администратором юнитов предназначен каталог `/etc/systemd/system`.

Имеет смысл проверить, что инструкция ExecStart работает с этими путями. Использование абсолютных путей повышает риск случайной опечатки. Для проверки выполните всю строку в терминале и посмотрите, будет ли результат выполнения примерно таким:

```
$ /opt/http/bin/pecan serve /opt/http/api/config.py
Starting server in PID 20621
serving on 0.0.0.0:8080, view at http://127.0.0.1:8080
```

После проверки работы команды скопируйте unit-файл в этот каталог, дав ему название `hello-world.service`:

```
$ cp hello-world.service /etc/systemd/system/
```

После этого необходимо перезагрузить `systemd`, чтобы дать ей знать о новом юните:

```
$ systemctl daemon-reload
```

Теперь сервис находится в полностью рабочем состоянии, его можно запускать и останавливать. Для проверки состояния процесса можно воспользоваться подкомандой `status`. Вкратце рассмотрим различные команды, с помощью которых можно взаимодействовать с нашим сервисом. Вначале посмотрим, распознает ли его `systemd`. Вот как он должен вести себя и как должен выглядеть результат работы:

```
$ systemctl status hello-world
● hello-world.service - hello world pecan service
   Loaded: loaded (/etc/systemd/system/hello-world.service; disabled; )
   Active: inactive (dead)
```

Поскольку наш сервис не запущен, неудивительно, что он отмечен как `dead`. Запустите сервис и снова проверьте состояние (утилита `curl` должна сообщать, что на порте `8080` ничего не запущено):

```
$ curl localhost:8080
curl: (7) Failed to connect to localhost port 8080: Connection refused
$ systemctl start hello-world
$ systemctl status hello-world
```

```
● hello-world.service - hello world pecan service
   Loaded: loaded (/etc/systemd/system/hello-world.service; disabled; )
   Active: active (running) since Tue 2019-04-23 13:44:20 EDT; 5s ago
 Main PID: 23980 (pecan)
    Tasks: 1 (limit: 4915)
   Memory: 20.1M
   CGroup: /system.slice/hello-world.service
           └─23980 /opt/http/bin/python /opt/http/bin/pecan serve config.py

Apr 23 13:44:20 huando systemd[1]: Started hello world pecan service.
```

Сервис запущен и находится в полностью рабочем состоянии. Вновь проверьте на порте `8080`, что фреймворк запущен, работает и реагирует на запросы:

```
$ curl localhost:8080
Hello, World!
```

Если остановить наш сервис с помощью команды `systemctl stop hello-world`, команда `curl` снова начнет сообщать об ошибке соединения.

Пока что мы создали и установили юнит, проверили, что он работает, запустив и остановив сервис, а также проверили, что фреймворк Pecan реагирует на запросы на его порте по умолчанию. Хотелось бы, чтобы этот сервис запускался и работал при перезагрузке сервера, и в этом нам поможет раздел `Install`. Активируем (`enable`) сервис:

```
$ systemctl enable hello-world
Created symlink hello-world.service → /etc/systemd/system/hello-world.service.
```

В случае перезагрузки сервера наш маленький сервис HTTP API снова запустится и будет работать.

Управление журналами

Благодаря тому что речь идет о сконфигурированном сервисе с настройками журналирования (весь вывод `stdout` и `stderr` направляется прямиком в `systemd`), управление журналами происходит без всяких усилий с нашей стороны. Не требуется настраивать файлы журналов, их циклическую замену или даже задавать окончание срока действия. `systemd` предоставляет несколько интересных и очень удобных возможностей для работы с журналами, например ограничение временно́го промежутка, а также фильтрацию по юнитам или идентификаторам процессов.

Для взаимодействия с журналами из юнита служит утилита командной строки journalctl. Этот процесс может оказаться для вас неожиданностью, если вы предполагали наличие дополнительной подкоманды из systemd, включающей вспомогательные функции для журналирования.

В предыдущем разделе мы запустили сервис и с помощью утилиты `curl` выполнили несколько запросов к нему, так что можно посмотреть, что показывают журналы:

```
$ journalctl -u hello-world
-- Logs begin at Mon 2019-04-15 09:05:11 EDT, end at Tue 2019-04-23
Apr 23 13:44:20 srv1 systemd[1]: Started hello world pecan service.
Apr 23 13:44:44 srv1 pecan[23980] [INFO    ] [pecan.commands.serve] GET / 200
Apr 23 13:44:55 srv1 systemd[1]: Stopping hello world pecan service...
Apr 23 13:44:55 srv1 systemd[1]: hello-world.service: Main process exited
Apr 23 13:44:55 srv1 systemd[1]: hello-world.service: Succeeded.
Apr 23 13:44:55 srv1 systemd[1]: Stopped hello world pecan service.
```

Флаг `-u` задает юнит, в данном случае `hello-world`, но можно также использовать шаблон или даже указать несколько юнитов.

Зачастую, чтобы следить за записями в журнале, применяют команду `tail`. Ее вызов выглядит примерно так:

```
$ tail -f pecan-access.log
```

Команда, делающая то же самое с помощью `journalctl`, выглядит несколько иначе, но *работает точно так же*:

```
$ journalctl -fu hello-world
Apr 23 13:44:44 srv1 pecan[23980][INFO][pecan.commands.serve] GET / 200
Apr 23 13:44:44 srv1 pecan[23980][INFO][pecan.commands.serve] GET / 200
Apr 23 13:44:44 srv1 pecan[23980][INFO][pecan.commands.serve] GET / 200
```

Если доступен пакет systemd с движком pcre2, можно воспользоваться подкомандой --grep для дальнейшей фильтрации записей журнала в соответствии с шаблоном.

Флаг `-f` служит для того, чтобы *следить* за журналом, он начинает с самых недавних записей и продолжает отображать записи по мере их появления аналогично `tail -f`. В промышленной эксплуатации количество журналов может быть слишком велико, а ошибки могли появиться, например, *сегодня*. В подобных случаях можно применить сочетание флагов `--since` и `--until`. Оба флага принимают несколько видов параметров:

- `today`;
- `yesterday`;
- `"3 hours ago"`;
- `-1h`;
- `-15min`;
- `-1h35min`.

В нашем маленьком примере команда `journalctl` не может найти ничего за последние 15 минут. В начале выводимой ею информации указывается промежуток времени, а далее отображаются записи, если они найдены:

```
$  journalctl -u hello-world --since "-15min"
-- Logs begin at Mon 2019-04-15 09:05:11 EDT, end at Tue 2019-04-23
-- No entries --
```

Вопросы и упражнения

- Получите записи журналов от `systemd` с помощью `journalctl`, воспользовавшись тремя различными командами.
- Поясните, для чего служит опция `WorkinDirectory` у юнитов `systemd`.
- Почему журналы изменений так важны?
- Для чего предназначен файл `setup.py`?
- Назовите три различия пакетов Debian и RPM.

Задача на ситуационный анализ

Создайте локальный экземпляр PyPI с помощью `devpi`, загрузите в него пакет Python, а затем попробуйте установить его из этого локального экземпляра `devpi`.

ГЛАВА 6

Непрерывная интеграция и непрерывное развертывание

Автор: Ной

Практики непрерывной интеграции (CI) и непрерывного развертывания (CD) — неотъемлемая составляющая жизненного цикла разработки современного программного обеспечения. Система CI клонирует базу кода рассматриваемого программного обеспечения из системы контроля исходных кодов, например, GitHub, собирает программное обеспечение в артефакт — бинарный файл, архив tar или образ Docker — и, что чрезвычайно важно, выполняет модульное и/или комплексное тестирование программного обеспечения. Система CD развертывает собранные системой CI артефакты в целевой среде. Развертывание может производиться автоматически в среде, предназначенной для разработки, но обычно включает шаг совершаемого вручную одобрения для промышленной эксплуатации. Подобные системы более совершенного типа — платформы непрерывного развертывания — автоматизируют шаг развертывания в промышленную эксплуатацию и способны откатывать развернутую систему в зависимости от показателей, полученных от платформ мониторинга и журналирования.

Ситуационный анализ примера из практики: перевод плохо работавшего сайта с WordPress на Hugo

Некоторое время назад один друг попросил меня об услуге: помочь с исправлением проблем веб-сайта их компании. Эта компания продавала очень дорогое подержанное научное оборудование, и их база товаров отображалась на сайте

под управлением WordPress, постоянно взламываемом, работавшем ужасно или вообще не работавшем днями. Обычно я стараюсь не впутываться в подобные проекты, но, поскольку речь шла о друге, решил помочь. Найти код проекта преобразования этого веб-сайта на Hugo вы можете в следующем репозитории Git (https://oreil.ly/myos1).

Этот репозиторий GitHub охватывает все шаги процесса преобразования.

1. Создание резервной копии.
2. Преобразование.
3. Обновление.
4. Развертывание.

Концовка этой истории весьма забавна. Созданный мной сверхнадежный сайт с высочайшими производительностью и безопасностью, автоматическим развертыванием и невероятной поисковой оптимизацией работал годами без всяких уязвимостей или простоев на обслуживание. Спустя долгое время, когда я уже забыл об этом проекте, я получил сообщение от этого друга, хотя уже пару лет от него не было ни слуху ни духу. Он сказал, что сайт перестал работать и ему нужна моя помощь.

Я спросил, как это могло случиться, сайт же работал на Amazon S3 с временем доступности 99,999999999 %. Он ответил, что недавно преобразовал его обратно в WordPress, чтобы проще было вносить изменения. Я засмеялся и сказал, что я для его проекта не подхожу. Как говорится, добрые дела не остаются безнаказанными.

Вот некоторые требования, которые я учитывал в этом проекте.

- Необходимость непрерывного развертывания.
- Быстрота работы, а также разработки!
- Он должен представлять собой статический веб-сайт, размещаемый на облачном хостинге.
- Необходим приемлемый технологический процесс преобразования из WordPress.
- Возможность создания подходящего поискового интерфейса на языке Python.

В конце концов я решил остановиться на Hugo (https://gohugo.io/), AWS (https://aws.amazon.com/) и Algolia (https://www.algolia.com/). Общая архитектура приведена на рис. 6.1.

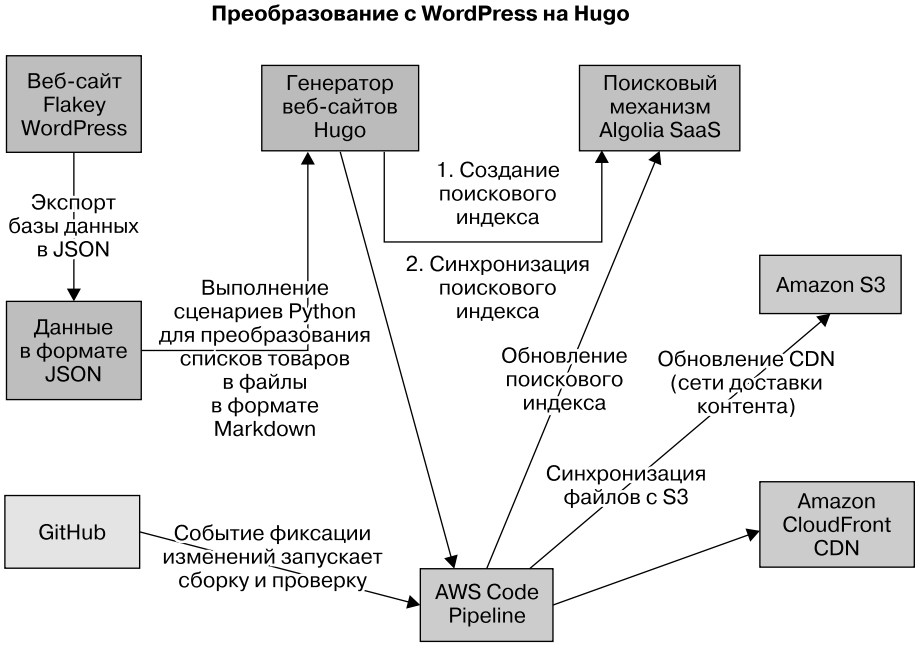


Рис. 6.1. Непрерывное развертывание с помощью Hugo

Настройка Hugo

Начать работать с Hugo очень просто (см. руководство по началу работы с Hugo (https://oreil.ly/r_Rcg)). Во-первых, необходимо его установить. На моей машине под управлением OS X я воспользовался командой

```
brew install hugo
```

Если вы уже установили Hugo, возможно, необходимо его обновить:

```
Error: hugo 0.40.3 is already installed
To upgrade to 0.57.2, run brew upgrade hugo.
```

Если вы работаете на другой платформе, можете использовать инструкции, приведенные тут: https://oreil.ly/FfWdo. Чтобы проверить, что все работает, выполните команду `hugo version`:

```
(.python-devops) →  ~ hugo version
Hugo Static Site Generator v0.57.2/extended darwin/amd64 BuildDate: unknown
```

Осталось только инициализировать каркас приложения Hugo и установить тему:

```
hugo new site quickstart
```

Эта команда создает новый сайт `quickstart`. Можно произвести его повторную сборку, *очень быстро* выполнив команду `hugo`, которая компилирует файлы в формате Markdown в HTML и CSS.

Преобразование WordPress в посты Hugo

Далее я преобразовал базу данных WordPress в формат JSON через неформатированный дамп. Затем написал сценарий Python для преобразования этих данных в посты Hugo в формате Markdown. Вот его код:

```
"""Код преобразования полей старой базы данных в формат Markdown

Если вы выполнили дамп базы данных WordPress и затем преобразовали его в JSON,
можете приспособить этот код под свои нужды"""

import os
import shutil
from category import CAT
from new_picture_products import PICTURES

def check_all_category():
  ares = {}
  REC = []
  for pic in PICTURES:
    res  = check_category(pic)
    if not res:
      pic["categories"] = "Other"
      REC.append(pic)
      continue

    title,key = res
    if key:
      print("FOUND MATCH: TITLE--[%s], CATEGORY--[%s]" %\
        (title, key))
      ares[title]= key
      pic["categories"] = key
      REC.append(pic)
  return ares, REC

def check_category(rec):

  title = str(rec['title'])
  for key, values in CAT.items():
```

```
    print("KEY: %s, VALUE: %s" % (key, values))
    if title in key:
      return title,key
    for val in values:
      if title in val:
        return title,key

def move_image(val):
  """Создает новую копию загруженных на сайт изображений в каталоге img"""

  source_picture = "static/uploads/%s" % val["picture"]
  destination_dir = "static/img/"
  shutil.copy(source_picture, destination_dir)

def new_image_metadata(vals):
  new_paths = []
  for val in vals:
    pic = val['picture'].split("/")[-1:].pop()
    destination_dir = "static/img/%s" % pic
    val['picture'] = destination_dir
    new_paths.append(val)
  return new_paths

CAT_LOOKUP = {'2100': 'Foo',
 'a': 'Biz',
 'b': 'Bam',
 'c': 'Bar',
 '1': 'Foobar',
 '2': 'bizbar',
 '3': 'bam'}

def write_post(val):

    tags = val["tags"]
    date = val["date"]
    title = val["title"]
    picture = val["picture"]
    categories = val["categories"]
    out = """
+++
tags = ["%s"]
categories = ["%s"]
date = "%s"
title = "%s"
banner = "%s"
+++
[![%s](%s)](%s)
 **Product Name**: %s""" %\
 (tags, categories, date, title, picture.lstrip("/"),
   title, picture, picture, title)
```

```
    filename = "../content/blog/%s.md" % title
    if os.path.exists(filename):
        print("Removing: %s" % filename)
        os.unlink(filename)

    with open(filename, 'a') as the_file:
        the_file.write(out)

if __name__ == '__main__':
    from new_pic_category import PRODUCT
    for product in PRODUCT:
        write_post(product)
```

Создание поискового индекса Algolia и его обновление

После преобразования товаров из базы данных в посты в формате Markdown необходимо написать код на языке Python для создания поискового индекса Algolia и его синхронизации. Algolia (https://www.algolia.com/) — замечательный инструмент, позволяющий быстро решить проблему поискового механизма, с прекрасной поддержкой Python.

Следующий сценарий сканирует все файлы в формате Markdown и генерирует поисковый индекс, который можно загрузить в Algolia:

```
"""
Создает очень простой и очень легко расширяемый JSON-индекс
для Hugo для импорта в Algolia
# Возможно, имеет смысл запустить следующую команду для каталога content,
# чтобы удалить пробелы
for f in *\ *; do mv "$f" "${f// /_}"; done

"""
import os
import json

CONTENT_ROOT = "../content/products"
CONFIG = "../config.toml"
INDEX_PATH = "../index.json"

def get_base_url():
    for line in open(CONFIG):
        if line.startswith("baseurl"):
            url = line.split("=")[-1].strip().strip('"')
            return url

def build_url(base_url, title):
```

```
    url = "<a href='%sproducts/%s'>%s</a>" %\
         (base_url.strip(), title.lower(), title)
    return url

def clean_title(title):
    title_one = title.replace("_", " ")
    title_two = title_one.replace("-", " ")
    title_three = title_two.capitalize()
    return title_three

def build_index():
    baseurl = get_base_url()
    index =[]
    posts = os.listdir(CONTENT_ROOT)
    for line in posts:
        print("FILE NAME: %s" % line)
        record = {}
        title = line.strip(".md")
        record['url'] = build_url(baseurl, title)
        record['title'] = clean_title(title)
        print("INDEX RECORD: %s" % record)
        index.append(record)
    return index

def write_index():
    index = build_index()
    with open(INDEX_PATH, 'w') as outfile:
        json.dump(index,outfile)

if __name__ == '__main__':
    write_index()
```

Наконец, с помощью следующего фрагмента кода можно отправить этот индекс в Algolia:

```
import json
from algoliasearch import algoliasearch

def update_index():
    """Удаляет индекс, затем обновляет его"""
    print("Starting Updating Index")
    client = algoliasearch.Client("YOUR_KEY", "YOUR_VALUE")
    index = client.init_index("your_INDEX")
    print("Clearing index")
    index.clear_index()
    print("Loading index")
    batch = json.load(open('../index.json'))
    index.add_objects(batch)

if __name__ == '__main__':
    update_index()
```

Координация с помощью Makefile

Использование `Makefile` позволяет повторять шаги развертывания. Обычно я создаю `Makefile` для локальной координации этого процесса. Вот как выглядит весь ход сборки и развертывания:

```
build:
  rm -rf public
  hugo

watch: clean
  hugo server -w

create-index:
  cd algolia;python make_algolia_index.py;cd ..

update-index:
  cd algolia;python sync_algolia_index.py;cd ..

make-index: create-index update-index

clean:
  -rm -rf public

sync:
  aws s3 --profile <yourawsprofile> sync --acl \
    "public-read" public/ s3://example.com

build-deploy-local: build sync

all: build-deploy-local
```

Развертывание с помощью AWS CodePipeline

Веб-сервисы Amazon (Amazon Web Services, AWS) — часто используемая платформа развертывания статических веб-сайтов посредством Amazon S3, Amazon Route 53 и Amazon CloudFront. AWS CodePipeline, сервис сервера сборки, прекрасно подходит для этих сайтов в качестве механизма развертывания. Можно войти в систему AWS CodePipeline, создать новый проект сборки и задать для использования им файл настроек `buildspec.yml`. Код можно настроить под свои нужды, а шаблонизированные части заменить фактическими значениями.

Сразу после получения GitHub события фиксации изменения CodePipeline запускает установку в контейнере. Сначала он берет указанную конкретную версию Hugo, а затем выполняет сборку страниц Hugo. Благодаря мощи Go визуализация тысяч страниц Hugo занимает считаные доли секунды.

Наконец, производится синхронизация HTML-страниц в Amazon S3. А поскольку она выполняется внутри AWS и синхронизируется, то тоже происходит чрезвычайно быстро. Последний шаг — удаление объектов из CloudFront:

```
version: 0.1

environment_variables:
  plaintext:
    HUGO_VERSION: "0.42"

phases:
  install:
    commands:
      - cd /tmp
      - wget https://github.com/gohugoio/hugo/releases/\
      download/v${HUGO_VERSION}/hugo_${HUGO_VERSION}_Linux-64bit.tar.gz
      - tar -xzf hugo_${HUGO_VERSION}_Linux-64bit.tar.gz
      - mv hugo /usr/bin/hugo
      - cd -
      - rm -rf /tmp/*
  build:
    commands:
      - rm -rf public
      - hugo
  post_build:
    commands:
      - aws s3 sync public/ s3://<yourwebsite>.com/ --region us-west-2 --delete
      - aws s3 cp s3://<yourwebsite>.com/\
      s3://<yourwebsite>.com/ --metadata-directive REPLACE \
        --cache-control 'max-age=604800' --recursive
      - aws cloudfront create-invalidation --distribution-id=<YOURID> --paths '/*'
      - echo Build completed on `date`
```

Ситуационный анализ примера из практики: развертывание приложения Python App Engine с помощью Google Cloud Build

В 2008 году я написал свою первую статью об использовании Google App Engine. Чтобы посмотреть ее в блоге O'Reilly, вам придется воспользоваться архивом Интернета (https://oreil.ly/8LoIf).

Этот пример — ее переосмысление применительно к современности. Это еще одна версия Google App Engine, но на этот раз задействующая Google Cloud Build (https://oreil.ly/MllhM). Далее приведен файл конфигурации, занесенный

в репозиторий GitHub. Называется он `cloudbuild.yaml`. Весь исходный код данного проекта вы можете посмотреть в этом репозитории Git (https://oreil.ly/vxsnc):

```
steps:
- name: python:3.7
  id: INSTALL
  entrypoint: python3
  args:
  - '-m'
  - 'pip'
  - 'install'
  - '-t'
  - '.'
  - '-r'
  - 'requirements.txt'
- name: python:3.7
  entrypoint: ./pylint_runner
  id: LINT
  waitFor:
  - INSTALL
- name: "gcr.io/cloud-builders/gcloud"
  args: ["app", "deploy"]
timeout: "1600s"
images: ['gcr.io/$PROJECT_ID/pylint']
```

Отмечу, что файл `cloudbuild.yaml` устанавливает пакеты, указанные в файле `requirements.txt`, а также выполняет команду `gcloud app deploy`, развертывающую приложение App Engine при внесении в GitHub:

```
Flask==1.0.2
gunicorn==19.9.0
pylint==2.3.1
```

Вот пошаговое описание настройки этого проекта.

1. Создайте проект.
2. Активируйте облачную командную оболочку.
3. Загляните в начальное руководство из документации Python 3 App Engine (https://oreil.ly/zgf5J).
4. Выполните команду `describe`:

   ```
   verify project is working
   ```bash
   gcloud projects describe $GOOGLE_CLOUD_PROJECT
   ```
   output of command:
   ```bash
   createTime: '2019-05-29T21:21:10.187Z'
   ```
   ```

```
lifecycleState: ACTIVE
name: helloml
projectId: helloml-xxxxx
projectNumber: '881692383648'
```

5. Возможно, вы захотите проверить, что работаете с нужным проектом. Если нет, можете переключиться на другой с помощью следующей команды:

```
gcloud config set project $GOOGLE_CLOUD_PROJECT
```

6. Создайте приложение App Engine:

```
gcloud app create
```

При выполнении этой команды у вас будет запрошен регион. Выберите `us-central [12]`:

```
Creating App Engine application in project [helloml-xxx]
and region [us-central]....done.
Success! The app is now created.
Please use `gcloud app deploy` to deploy your first app.
```

7. Клонируйте репозиторий примера приложения hello world:

```
git clone https://github.com/GoogleCloudPlatform/python-docs-samples
```

8. Перейдите в каталог репозитория с помощью команды `cd`:

```
cd python-docs-samples/appengine/standard_python37/hello_world
```

9. Обновите образ контейнера Cloudshell (отмечу, что это необязательный шаг):

```
git clone https://github.com/noahgift/gcp-hello-ml.git
# Отредактируйте .cloudshellcustomimagerepo.json, указав названия
# проекта и образа
# Совет: включите "Boost Mode" в Cloudshell
cloudshell env build-local
cloudshell env push
cloudshell env update-default-image
# Перезапускаем виртуальную машину Cloudshell
```

10. Создайте виртуальную среду с помощью команды `source`:

```
virtualenv --python $(which python) venv
source venv/bin/activate
```

Проверьте еще раз, что все работает:

```
which python
/home/noah_gift/python-docs-samples/appengine/\
  standard_python37/hello_world/venv/bin/python
```

11. Вызовите редактор облачной командной оболочки.
12. Установите нужные пакеты:

```
pip install -r requirements.txt
```

    В результате этого должен быть установлен Flask:

```
Flask==1.0.2
```

13. Запустите Flask локально, в командной оболочке GCP:

```
python main.py
```

14. Воспользуйтесь предварительным просмотром (web preview) (рис. 6.2).

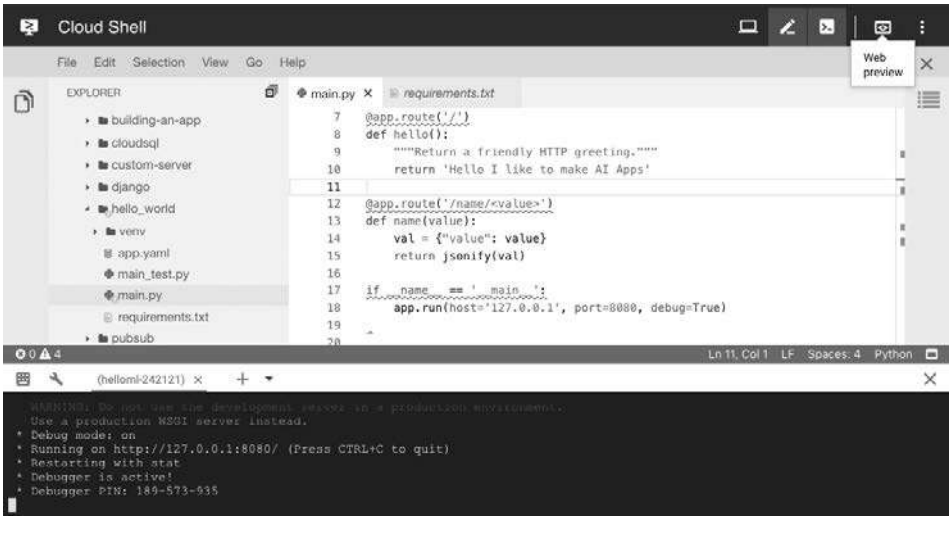


Рис. 6.2. Предварительный просмотр

15. Модифицируйте файл `main.py`:

```
from flask import Flask
from flask import jsonify

app = Flask(__name__)

@app.route('/')
def hello():
    """Возвращает дружеское HTTP-приветствие."""
    return 'Hello I like to make AI Apps'

@app.route('/name/<value>')
def name(value):
```

```
    val = {"value": value}
    return jsonify(val)

if __name__ == '__main__':
    app.run(host='127.0.0.1', port=8080, debug=True)
```

16. Передайте параметры для проверки работы этой функции:

```
@app.route('/name/<value>')
def name(value):
    val = {"value": value}
    return jsonify(val)
```

Например, обращение к следующему маршруту приведет к передаче слова *lion* в функцию `name` в Flask:

```
https://8080-dot-3104625-dot-devshell.appspot.com/name/lion
```

При этом возвращается значение в веб-браузере:

```
{
value: "lion"
}
```

17. Разверните приложение:

```
gcloud app deploy
```

Учтите, что в первый раз развертывание займет около десяти минут. Кроме того, возможно, вам придется включить облачное API сборки.

```
Do you want to continue (Y/n)?  y
Beginning deployment of service [default]...
╔═══════════════════════════════════════════════════════════════╗
╠═ Uploading 934 files to Google Cloud Storage                  ═╣
```

18. Выполните потоковую передачу файлов журналов:

```
gcloud app logs tail -s default
```

19. Приложение для промышленной эксплуатации развернуто, что должно выглядеть примерно так:

```
Setting traffic split for service [default]...done.
Deployed service [default] to [https://helloml-xxx.appspot.com]
You can stream logs from the command line by running:
  $ gcloud app logs tail -s default

  $ gcloud app browse
(venv) noah_gift@cloudshell:~/python-docs-samples/appengine/\
  standard_python37/hello_world (helloml-242121)$ gcloud app
 logs tail -s default
Waiting for new log entries...
2019-05-29 22:45:02 default[2019]  [2019-05-29 22:45:02 +0000] [8]
```

```
2019-05-29 22:45:02 default[2019]  [2019-05-29 22:45:02 +0000] [8]
 (8)
2019-05-29 22:45:02 default[2019]  [2019-05-29 22:45:02 +0000] [8]
2019-05-29 22:45:02 default[2019]  [2019-05-29 22:45:02 +0000] [25]
2019-05-29 22:45:02 default[2019]  [2019-05-29 22:45:02 +0000] [27]
2019-05-29 22:45:04 default[2019]  "GET /favicon.ico HTTP/1.1" 404
2019-05-29 22:46:25 default[2019]  "GET /name/usf HTTP/1.1" 200
```

20. Добавьте новый маршрут и проверьте его:

```
@app.route('/html')
def html():
    """Возвращает пользовательский HTML"""
    return """
    <title>This is a Hello World World Page</title>
    <p>Hello</p>
    <p><b>World</b></p>
    """
```

21. Установите Pandas и верните результаты в формате JSON. На данном этапе имеет смысл создать `Makefile` и выполнить следующее:

```
touch Makefile
# Следующее необходимо поместить внутрь файла Makefile
install:
  pip install -r requirements.txt
```

Имеет смысл также настроить lint:

```
pylint --disable=R,C main.py
-----------------------------------
Your code has been rated at 10.00/10
```

Синтаксис веб-маршрутов выглядит так, как показано в следующем блоке кода. Добавьте вверху импорт Pandas:

```
import pandas as pd

@app.route('/pandas')
def pandas_sugar():
    df = pd.read_csv(
      "https://raw.githubusercontent.com/noahgift/sugar/\
      master/data/education_sugar_cdc_2003.csv")
    return jsonify(df.to_dict())
```

При обращении к маршруту `https://<вашеприложение>.appspot.com/pandas` вы должны получить что-то наподобие изображенного на рис. 6.3.

22. Добавьте следующий маршрут «Википедии»:

```
import wikipedia
@app.route('/wikipedia/<company>')
def wikipedia_route(company):
    result = wikipedia.summary(company, sentences=10)
    return result
```

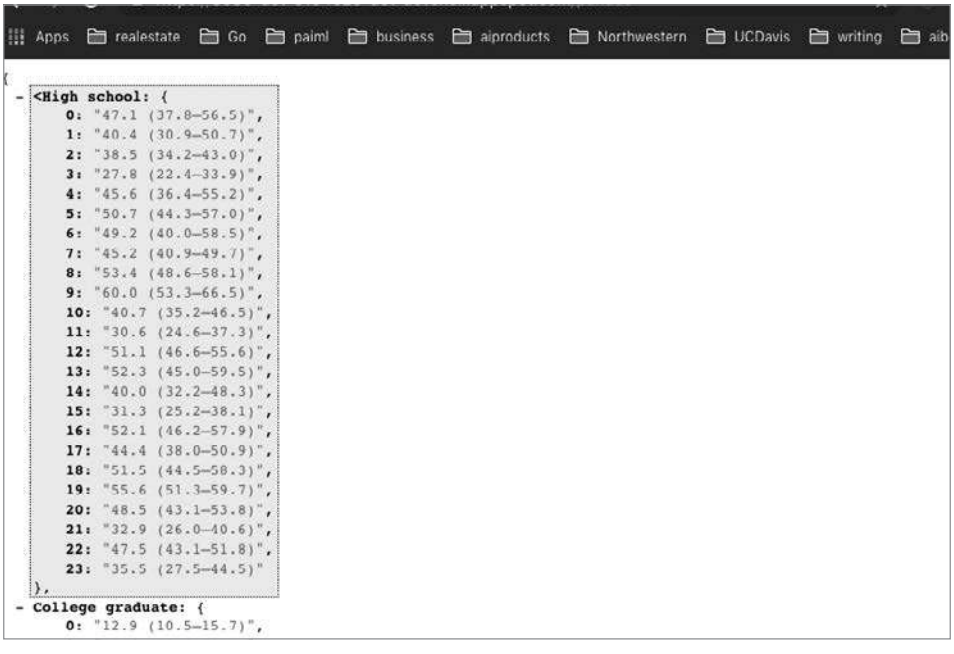


Рис. 6.3. Пример отображения результатов в формате JSON

23. Добавьте в приложение NLP:
    - запустите блокнот IPython (https://oreil.ly/c564z);
    - включите облачное API обработки естественного языка;
    - выполните команду `pip install google-cloud-language`:

```
In [1]: from google.cloud import language
   ...: from google.cloud.language import enums
   ...:
   ...: from google.cloud.language import types
In [2]:
In [2]: text = "LeBron James plays for the Cleveland Cavaliers."
   ...: client = language.LanguageServiceClient()
   ...: document = types.Document(
   ...:         content=text,
   ...:         type=enums.Document.Type.PLAIN_TEXT)
   ...: entities = client.analyze_entities(document).entities
In [3]: entities
```

24. Вот пример API ИИ целиком:

```
from flask import Flask
from flask import jsonify
import pandas as pd
```

```
import wikipedia

app = Flask(__name__)
@app.route('/')
def hello():
    """Возвращает дружеское HTTP-приветствие."""
    return 'Hello I like to make AI Apps'

@app.route('/name/<value>')
def name(value):
    val = {"value": value}
    return jsonify(val)

@app.route('/html')
def html():
    """Возвращает пользовательский HTML"""
    return """
    <title>This is a Hello World World Page</title>
    <p>Hello</p>
    <p><b>World</b></p>
    """

@app.route('/pandas')
def pandas_sugar():
    df = pd.read_csv(
      "https://raw.githubusercontent.com/noahgift/sugar/\
      master/data/education_sugar_cdc_2003.csv")
    return jsonify(df.to_dict())

@app.route('/wikipedia/<company>')
def wikipedia_route(company):

    # Импортируем клиентскую библиотеку Google Cloud
    from google.cloud import language
    from google.cloud.language import enums
    from google.cloud.language import types
    result = wikipedia.summary(company, sentences=10)

    client = language.LanguageServiceClient()
    document = types.Document(
        content=result,
        type=enums.Document.Type.PLAIN_TEXT)
    entities = client.analyze_entities(document).entities
    return str(entities)

if __name__ == '__main__':
    app.run(host='127.0.0.1', port=8080, debug=True)
```

В этом разделе мы показали и как создать с нуля приложение App Engine в командной оболочке Google Cloud, и как осуществлять непрерывную поставку с помощью GCP Cloud Build.

Ситуационный анализ примера из практики: NFSOPS

NFSOPS — эксплуатационная методика, использующая точки монтирования NFS (Network File System, сетевая файловая система) для управления кластерами компьютеров. Может показаться, что это какая-то новинка, но она применялась с первых дней существования Unix. Я еще в 2000 году использовал точки монтирования NFS на Unix-системах Калифорнийского технологического института для управления программным обеспечением и его сопровождения. Новое — это хорошо забытое старое.

Одной из задач, с которыми я столкнулся в качестве внештатного консультанта в стартапе, занимающемся вопросами виртуальной реальности, было создание инфраструктуры распределения заданий для распределения рабочей нагрузки по тысячам спотовых инстансов AWS[1].

Решением, которое в итоге оказалось наиболее работоспособным, было таким: воспользоваться NFSOPS (рис. 6.4) для развертывания кода Python по тысячам спотовых инстансов для машинного зрения за доли секунды.

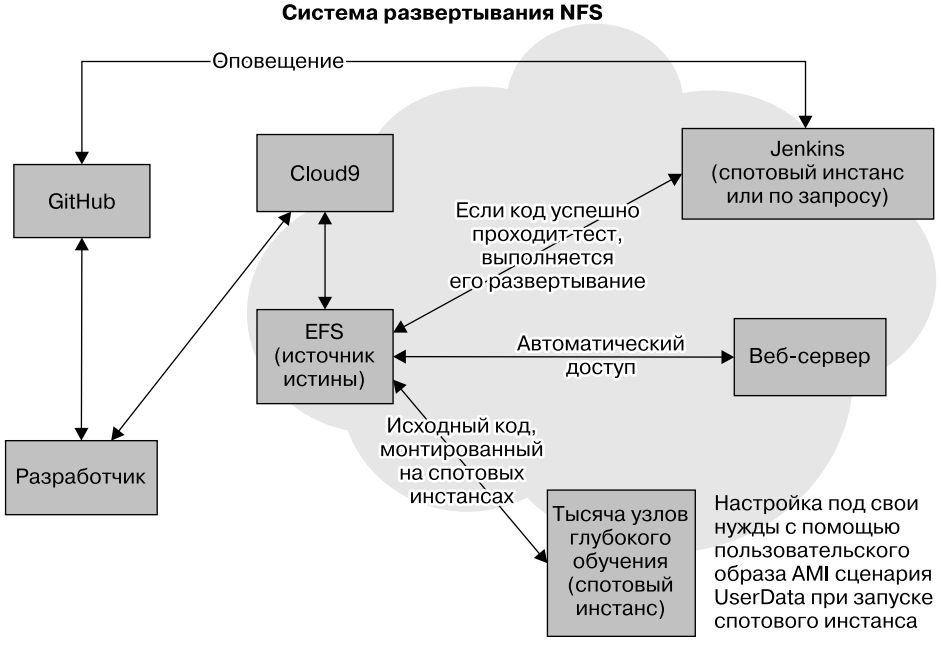


Рис. 6.4. NFSOPS

[1] Это официальная терминология Amazon: https://aws.amazon.com/ru/ec2/spot/. — *Примеч. пер.*

В основе работы NFSOPS лежит монтирование сервером сборки, в данном случае Jenkins, нескольких точек монтирования (DEV, STAGE, PROD) адаптивной файловой системы Amazon (Amazon Elastic File System, EFS). Роль последнего шага выполнения сборки непрерывной интеграции играет синхронизация (`rsync`) с соответствующей точкой монтирования:

```
# Этап развертывания при выполнении Jenkins сборки
rsync -az --delete * /dev-efs/code/
```

Развертывание на точку монтирования затем занимает доли секунды. При запуске тысяч спотовых инстансов они заранее настраиваются для монтирования EFS (точек монтирования NFS) и использования исходного кода. Это удобный паттерн развертывания, оптимальный по простоте и скорости. Кроме того, он хорошо сочетается с применением IAC, Amazon Machine Image (AMI) или Ansible.

ГЛАВА 7

Мониторинг и журналирование

Участвуя в стартапах Сан-Франциско, Ной привык во время обеденного перерыва тренироваться: играть в баскетбол, бегать до башни Койт или заниматься бразильским джиу-джитсу. В большинстве стартапов, где работал Ной, обед доставляли прямо на рабочее место.

Возвращаясь с обеденного перерыва, он обнаружил очень странную закономерность. Никаких вредных продуктов никто не оставлял. Среди остатков было полно салатов, фруктов, овощей или полезного для здоровья нежирного мяса. Пока он занимался спортом, орды голодных работников стартапов съедали все вредное для здоровья, лишая его всякого соблазна съесть что-то подобное. Из этого явно можно сделать вывод на тему «не делать то же, что все».

Аналогично проще всего игнорировать какие-либо операции при разработке моделей машинного обучения, мобильных приложений и веб-приложений. Эта практика настолько распространена, что напоминает поглощение чипсов, газировки и мороженого из привезенного в офис обеда. Быть как все не всегда хорошо. В этой главе описывается подход «едим только салат и нежирное мясо» к разработке программного обеспечения.

Ключевые понятия создания надежных систем

С высоты накопленного опыта интересно посмотреть, какие методики разработки ПО доказали свою эффективность, а какие — нет. Один из лучших антипаттернов в этой сфере — «доверься мне». Никакой здравомыслящий специалист по DevOps не станет верить никому на слово. Людям свойственно ошибаться, поступать в соответствии с эмоциями и ни с того ни с сего ставить под угрозу целые компании. Особенно если они эти компании основали.

Вместо построения иерархии, базирующейся на совершенной бессмыслице, лучше разрабатывать надежные системы пошагово. Кроме того, при создании

платформы следует быть готовыми к сбоям в любой момент. Единственное, что может повлиять на эту азбучную истину, — участие в создании архитектуры какого-либо влиятельного человека. В подобном случае справедливость этой истины возрастает многократно.

Возможно, вы слышали об утилите Chaos Monkey от Netflix, но зачем морочить себе этим голову? Лучше пусть основатели вашей компании, главный инженер или вице-президент по техническим вопросам периодически пишут код и критикуют вашу архитектуру и базу кода и имитируют таким образом работу Chaos Monkey. Еще лучше разрешить им компилировать JAR-файлы посреди перебоев в обслуживании промышленной версии и подключаться к узлам по одному по SSH с криками: «Это именно то, что нужно!» Благодаря этому будет достигнуто гармоническое среднее самомнения и хаоса.

Какой порядок действий следует выбрать здравомыслящему специалисту DevOps? Автоматизация важнее иерархии. Единственное решение проблемы хаоса в стартапах — сочетание автоматизации, здравого скептицизма, самокритичности и неизменных принципов DevOps.

Неизменные принципы DevOps

Сложно представить себе лучшую отправную точку создания надежной системы, чем эти неизменные принципы. Если главный инженер собирает JAR-файлы Java на своем ноутбуке для исправления горящих проблем при промышленной эксплуатации — увольняйтесь. Подобную компанию не спасет ничего. Мы знаем — мы сами были на вашем месте!

Неважно, насколько умен/авторитетен/харизматичен/творчески развит/богат человек, но если он вручную вносит критические изменения в вашу программную платформу во время кризиса, вы обречены, просто еще об этом не знаете. Единственная альтернатива этому непрерывному кошмару — автоматизация.

Люди не должны участвовать в развертывании программного обеспечения на постоянной основе. Это главный антипаттерн индустрии разработки программного обеспечения и, по существу, лазейка для хулиганов, позволяющая им вносить хаос в вашу платформу. Развертывание, тестирование и сборка программного обеспечения должны быть на 100 % автоматизированы.

Главное, что вы можете сделать для компании на начальном этапе своей карьеры, — настроить непрерывную интеграцию и непрерывную поставку. Все остальное блекнет в сравнении с этим.

Централизованное журналирование

Журналирование по степени важности не слишком отстает от автоматизации. В крупномасштабных распределенных системах журналирование совершенно необходимо. Особое внимание следует уделить журналированию как на уровне приложения, так и на уровне среды.

Например, исключения всегда должны отправляться в централизованную систему журналирования. В то же время при разработке программного обеспечения журналы отладки зачастую полезнее, чем вывод в консоль. Почему? Многие часы тратятся на разработку эвристических правил отладки исходного кода. Почему бы не использовать эти наработки для решения конкретных проблем при промышленной эксплуатации?

Хитрость заключается в уровнях журналирования. Благодаря уровням журналирования, отображаемым только в среде разработки, а не промышленной эксплуатации, исходный код может включать всю логику журналирования. Аналогично можно отключать чрезмерно подробное и вводящее в заблуждение журналирование при промышленной эксплуатации.

Пример журналирования в крупномасштабных распределенных системах можно найти в Ceph (https://ceph.com/): у демонов может быть до 20 уровней журналирования! Все они обрабатываются в коде, что позволяет гибко регулировать его объем. Ceph еще более совершенствует эту стратегию за счет возможности ограничения объема журналирования для демонов. В системе может быть несколько демонов, и журналирование можно расширять для одного из них или их всех.

Ситуационный анализ: база данных при промышленной эксплуатации разрушает жесткие диски

Еще одна важнейшая стратегия журналирования связана с решением проблемы масштабируемости. По достижении приложением определенных размеров уже не имеет смысла хранить все его журналы в файле. Альфредо однажды пришлось искать причины проблемы с основной базой данных крупного веб-приложения, охватывавшего сайты около сотни газет, радиостанции и телевизионного канала. Эти сайты генерировали огромный объем трафика и колоссальное количество записей журналов. Журналов было так много, что журналирование PostgreSQL было установлено на минимальный уровень, так что Альфредо не мог найти причину проблемы, так как не мог повысить уровень журналирования. При повышении уровня журналирования приложение просто перестало бы работать из-за интенсивных операций ввода/вывода. Каждый

день примерно в 05:00 нагрузка на базу данных резко возрастала. И ситуация становилась все хуже и хуже.

Администраторы возражали против того, чтобы повысить уровень журналирования и посмотреть, какие запросы расходуют больше всего ресурсов (PostgreSQL может записывать информацию о запросах в журналы) за целый день, так что мы нашли компромисс: повысить уровень журналирования на 15 минут около 05:00. Получив эти журналы, Альфредо сразу же смог найти медленнее всего выполняемые запросы и узнать частоту их выполнения. Среди них немедленно обнаружился лидер: запрос типа `SELECT *` выполнялся так долго, что выходил за рамки 15-минутного окна. Приложение никаких запросов, выбиравших все данные из какой-либо таблицы, не производило — что же это был за запрос?

После долгих уговоров мы получили доступ к серверу базы данных. Раз всплеск нагрузки происходит около 05:00 *каждый день*, возможно, он связан с каким-либо регулярно выполняемым сценарием? Мы заглянули в `crontab` (программа, отслеживающая выполняемые в определенные моменты времени процессы) и обнаружили подозрительный сценарий `backup.sh`. В нем было несколько SQL-запросов, включавших `SELECT *`. Администраторы базы данных использовали его для создания резервных копий основной базы данных, и по мере увеличения ее размера росла и нагрузка, пока не вышла за рамки разумного. Решение? Отказаться от применения этого сценария и создавать резервные копии одной из четырех вторичных баз данных (реплик).

Это решало проблему резервных копий, но ничем не помогало с невозможностью доступа к журналам. Лучше всего заранее позаботиться о распределенном журналировании. Для этого предназначены такие утилиты, как `rsyslog` (https://www.rsyslog.com/), которые, если их использовать с самого начала, могут значительно упростить поиск причин перебоев в обслуживании при промышленной эксплуатации.

Производить или покупать?

Невероятно, насколько большая шумиха поднимается из-за *зависимости пользователей от конкретного производителя*. Впрочем, зависимость пользователей от конкретного производителя — вещь субъективная. Бросьте камень в любую сторону в деловом центре Сан-Франциско — и почти наверняка попадете в кого-нибудь вещающего об ужасах зависимости пользователей от производителей. Впрочем, если копнуть чуть глубже, становится ясно, что альтернативы-то и нет.

В экономике известен принцип сравнительного преимущества. По существу, он заключается в том, что с экономической точки зрения лучше сосредоточить свое внимание на том, в чем вы сильны, а все остальные задачи делегировать дру-

гим людям. В частности, в сфере облачных сервисов наблюдается постоянный прогресс, идущий на пользу конечным потребителям и не несущий им дополнительных затрат, — и в большинстве случаев реализация проще, чем прежде.

Если ваша компания по масштабу не сравнима с крупнейшими технологическими компаниями, вам вряд ли удастся реализовать, поддерживать и усовершенствовать частное облако, чтобы одновременно экономить деньги и двигать бизнес вперед. Например, в 2017 году Amazon открыла возможность развертывания мультимастерных баз данных с автоматическим восстановлением после отказа в нескольких *зонах доступности* (Availability Zones). На правах людей, пробовавших ее, можем сказать, что добавление в систему вероятности автоматического восстановления после отказа в подобном сценарии находится буквально на грани возможного, это невероятно сложно. Один из главных вопросов, которые следует себе задать в плане аутсорсинга: «Профильная ли это деятельность для вашего бизнеса?» Компания, поддерживающая собственный сервер электронной почты, притом что ее профильный вид деятельности — продажа автомобилей, играет с огнем и, вероятно, уже сейчас несет убытки.

Отказоустойчивость

Отказоустойчивость — интереснейшая для обсуждения тема, но иногда весьма неоднозначная. Что же такое отказоустойчивость и как ее достичь? Прекрасный способ больше узнать про отказоустойчивость — изучить официальные технические описания от AWS (https://oreil.ly/zYuls). Рекомендуем прочитать их столько, сколько сможете.

При проектировании отказоустойчивых систем полезно начать с ответа на следующий вопрос: что можно реализовать, чтобы исключить (или хотя бы сократить объем) необходимость ручного вмешательства в случае сбоя сервиса? Никому не понравится оповещение о сбое критически важной системы, особенно если ее восстановление состоит из множества этапов, а для того, чтобы убедиться в нормальной работе, необходимо обмениваться информацией с другими сервисами. Обратите внимание на то, что этот вопрос не говорит о каком-то маловероятном событии, в нем явно утверждается, что сбой сервиса рано или поздно произойдет и для восстановления его работоспособности понадобятся определенные усилия.

Однажды, довольно давно, планировалось полное перепроектирование сложной системы сборки. Она отвечала за несколько действий, в основном связанных с пакетной организацией программ и выпуском программного обеспечения: контролировала зависимости, генерировала исполняемые файлы, пакеты RPM и Debian, создаваемые `make` и прочими утилитами, а кроме того, создавала и размещала на сервере репозитории для различных дистрибутивов Linux (например,

CentOS, Debian и Ubuntu). Основным требованием к системе сборки было ее быстродействие.

И хотя одной из главных среди поставленных задач была скорость работы, при проектировании системы, включающем несколько этапов и различные компоненты, имеет смысл заранее учесть известные проблемные места и попытаться предотвратить появление новых. В больших системах всегда возникают новые проблемы, поэтому жизненно важны правильные стратегии журналирования (и агрегирования журналов), мониторинга и восстановления.

Вернемся к системе сборки. Одна из проблем заключалась в сложности организации машин для создания репозиториев: HTTP API получал пакеты для конкретной версии конкретного проекта, а репозитории генерировались автоматически. В этом процессе участвовали база данных, сервис RabbitMQ для асинхронной обработки заданий и большой объем пространства в хранилище под управлением Nginx для хранения репозиториев. Наконец, информация о состоянии отправлялась на центральную инструментальную панель, чтобы в процессе сборки разработчики могли отследить свою ветвь проекта. *Совершенно необходимо* было проектировать все с учетом вероятности отказа этого сервиса.

На доску приклеили большую записку: «ОШИБКА: отказ сервиса репозитория вследствие переполнения диска». Задача заключалась вовсе не в предотвращении переполнения диска, а в создании системы, которая могла бы продолжать работать и при заполненном диске, так что после решения проблемы с диском не представляло бы труда снова подключить его к системе. Ошибка переполненного диска — выдуманная, ее место могла занимать любая другая, например не запущенный сервис RabbitMQ или проблема с DNS, но она прекрасно отражает суть поставленной задачи.

Не так уж просто осознать важность паттернов мониторинга, журналирования и грамотной архитектуры до тех пор, пока часть этого пазла не перестанет работать и не окажется невозможно понять, *почему* и *как*. Важно знать, почему произошел сбой, чтобы реализовать шаги по его предотвращению (оповещения, мониторинг и самовосстановление), гарантируя, что это проблема не возникнет в будущем.

Чтобы система могла продолжить работать в случае отказа, мы разобьем нагрузку на пять одинаковых машин, выполняющих одну работу — создание и размещение репозиториев. Узлы, создающие бинарные файлы, запрашивают у API исправную машину репозитория, которая, в свою очередь, отправляет HTTP-запрос к конечной точке `/health/` следующего сервера сборки в списке. Если сервер отвечает, что исправен, туда отправляются исполняемые файлы, в противном случае API выбирает следующий сервер в списке. Если проверка

состояния узла пройдена неудачно три раза подряд, он изымается из оборота. Чтобы вернуть его в оборот, системному администратору достаточно всего лишь перезапустить сервис репозитория. (У сервиса репозитория есть процедура оценки своего состояния, в случае успешного выполнения которой API оповещается о готовности.)

И хотя реализация не железобетонная (все равно требуется определенная работа для запуска сервера, и оповещения не всегда точны), она очень сильно влияет на сопровождение сервиса в случае необходимости восстановления и обеспечивает работу всего, даже когда система еще не восстановилась после системного сбоя. Именно в этом и заключается отказоустойчивость!

Мониторинг

Мониторинг — одна из тех задач, где можно практически ничего не делать и все равно заявлять, что система мониторинга работает как полагается (на практикуме Альфредо однажды использовал запланированное задание `curl` для проверки состояния находящегося в промышленной эксплуатации сайта), но он может и вырасти до такой степени запутанности, что среда промышленной эксплуатации тускнеет по сравнению с ним. Правильно реализованные мониторинг и отправка отчетов об ошибках в общем случае могут помочь найти ответ на самые сложные вопросы жизненного цикла промышленной эксплуатации. Они остро необходимы, но реализовать их правильно очень трудно. Именно поэтому существует множество компаний, специализирующихся на мониторинге, оповещении и визуализации метрик.

Фактически большинство сервисов относятся к двум парадигмам: извлечение (pull) и помещение (push). В этой главе мы рассмотрим относящийся к первой категории Prometheus и относящиеся ко второй Graphite с StatsD. При добавлении возможностей мониторинга в среду очень полезно знать, какой из вариантов лучше подходит для конкретного случая и каковы его подводные камни. А главное, важно знать оба варианта и иметь возможность развернуть те сервисы, которые лучше подходят для конкретного сценария.

Надежное ПО, работающее в последовательном режиме, должно справляться с чрезвычайно высокими темпами поступления информации о транзакциях, хранить ее, осуществлять привязку к времени, поддерживать выполнение к ней запросов и предоставлять настраиваемый графический интерфейс с фильтрами и запросами. По существу, оно должно напоминать высокопроизводительную базу данных, но со специализацией на привязке к времени, операциях над данными и визуализации.

Graphite

Graphite — хранилище числовых хронологических данных: оно умеет хранить захваченную числовую информацию с привязкой к времени в соответствии с настраиваемыми правилами. Оно предоставляет *обладающий очень широкими возможностями* API, к которому можно делать запросы относительно данных с указанием промежутков времени, а также применять *функции* для преобразования данных или выполнения вычислений над ними.

Важный аспект хранилища Graphite (https://oreil.ly/-0YEs) — оно *не собирает данные*, а сосредотачивает внимание на API и возможностях обработки колоссальных объемов данных для заданных промежутков времени. В результате пользователям приходится выбирать, какое программное обеспечение для сбора данных применять вместе с Graphite. Существует немало вариантов программного обеспечения, способного передавать метрики в Graphite, в этой главе мы рассмотрим один из них — StatsD.

Еще один интересный аспект Graphite — хотя в его состав входит веб-приложение, способное рисовать графики по требованию, обычно оно развертывается вместе с другим сервисом, которым может использовать Graphite как прикладную часть для отрисовки графиков. Прекрасный пример этого — великолепный проект Grafana (https://grafana.com), предоставляющий полнофункциональное веб-приложение для визуализации метрик.

StatsD

В Graphite можно помещать метрики через TCP или UDP, но StatsD намного удобнее, поскольку существуют варианты создания средств на Python для организации технологических процессов наподобие агрегирования метрик по UDP с последующей передачей их в Graphite. Подобная архитектура логична для приложений Python, в которых нежелательно блокирование при отправке данных (TCP-соединения блокируются вплоть до получения ответа, UDP — нет). В ходе работы занимающего очень много времени Python-цикла для захвата метрик не имеет смысла расходовать лишнее время на взаимодействие с захватывающим их сервисом.

Если вкратце, отправка метрик в сервис StatsD практически не занимает времени (как и должно быть!). Благодаря возможностям Python измерение метрик не составляет сложности. Когда у сервиса StatsD набирается достаточно метрик для отправки в Graphite, он запускает процесс отправки. Все это происходит полностью асинхронно, благодаря чему приложение может продолжать работу. Метрики, мониторинг и журналирование никоим образом не должны влиять на работу приложения, находящегося в промышленной эксплуатации!

Помещаемые в StatsD данные агрегируются и сбрасываются в гибко настраиваемую прикладную часть (например, Graphite) через заданные промежутки времени (по умолчанию 10 секунд). По нашему опыту развертывания сочетания Graphite и StatsD в нескольких средах промышленной эксплуатации, проще использовать по одному экземпляру StatsD на каждом сервере приложения вместо одного экземпляра для всех приложений. Подобное развертывание упрощает настройку и повышает безопасность: конфигурация на всех серверах приложений указывает на сервис StatsD на `localhost`, так что не требуется открывать никакие внешние порты. В конце StatsD передает метрики в Graphite через исходящее UDP-соединение. Определенное преимущество заключается также в повышении масштабируемости благодаря распределению нагрузки далее по конвейеру на Graphite.

StatsD представляет собой демон Node.js, так что его установка означает подтягивание зависимости Node.js. Это отнюдь не проект Python!

Prometheus

Во многом Prometheus (https://prometheus.io) похож на Graphite (широкие возможности выполнения запросов и визуализации). Основное различие — он *извлекает* информацию из источников, причем по HTTP. Так что сервисы должны открывать доступ к конечным точкам HTTP, чтобы Prometheus мог собирать метрики. Еще одно существенное отличие его от Graphite — встроенные возможности оповещения с настраиваемыми правилами генерации оповещений либо возможностью использовать `Alertmanager` — компонент, предназначенный для управления оповещениями, их подавления, агрегирования и перенаправления в различные системы, например электронную почту, чат и онлайн-платформы.

В некоторых проектах, например Ceph (https://ceph.com), есть настраиваемые опции, активирующие сбор Prometheus информации через заданные промежутки времени. Если есть готовая интеграция подобного вида — замечательно, в противном случае придется запустить где-то экземпляр HTTP-сервера, предоставляющий сервису данные. Например, в случае применения базы данных PostgreSQL (https://www.postgresql.org) экспорт в Prometheus выполняется контейнером, в котором запущен HTTP-сервис, предоставляющий доступ к данным. Такой вариант вполне подходит во многих случаях, но если уже интегрированы какие-либо системы для сбора информации, например `collectd` (https://collectd.org), то запуск HTTP-сервисов может оказаться нежелательным.

Prometheus отлично подходит для краткосрочных и часто меняющихся временны*х* данных, в то время как Graphite лучше подходит для информации, собранной за большой промежуток времени. Оба предоставляют очень развитой язык запросов, но возможности Prometheus шире.

Отличная утилита для Python для отправки метрик в Prometheus — `prometheus_client` (https://oreil.ly/t9NtW), а если речь идет о веб-приложении, то этот клиент интегрирован с множеством веб-серверов Python, в частности Twisted, WSGI, Flask и даже Gunicorn. Помимо этого, он может экспортировать все данные для выдачи их в заданной конечной точке (вместо использования для этого отдельного экземпляра HTTP-сервера). Чтобы ваше веб-приложение выдавало их в конечной точке `/metrics/`, добавьте обработчик, вызывающий метод `prometheus_client.generate_latest()`, который вернет данные в формате, понятном синтаксическому анализатору Prometheus.

Создайте маленькое приложение Flask (сохраните его в виде файла `web.py`), чтобы самим попробовать, насколько прост в применении `generate_latest()`, не забыв перед этим установить пакет `prometheus_client`:

```
from flask import Response, Flask
import prometheus_client

app = Flask('prometheus-app')

@app.route('/metrics/')
def metrics():
    return Response(
        prometheus_client.generate_latest(),
        mimetype='text/plain; version=0.0.4; charset=utf-8'
    )
```

Запустите приложение с помощью предназначенного для разработки веб-сервера Flask:

```
$ FLASK_APP=web.py flask run
 * Serving Flask app "web.py"
 * Environment: production
   WARNING: This is a development server.
   Use a production WSGI server instead.
 * Running on http://127.0.0.1:5000/ (Press CTRL+C to quit)
127.0.0.1 - - [07/Jul/2019 10:16:20] "GET /metrics HTTP/1.1" 308 -
127.0.0.1 - - [07/Jul/2019 10:16:20] "GET /metrics/ HTTP/1.1" 200 -
```

Пока приложение работает, откройте веб-браузер и введите URL `http://localhost:5000/metrics`. При этом будет генерироваться информация, подходящая для сбора Prometheus, хотя ничего особо ценного в ней нет:

```
...
# HELP process_cpu_seconds_total Total user and system CPU time in seconds.
# TYPE process_cpu_seconds_total counter
process_cpu_seconds_total 0.27
# HELP process_open_fds Number of open file descriptors.
# TYPE process_open_fds gauge
process_open_fds 6.0
# HELP process_max_fds Maximum number of open file descriptors.
# TYPE process_max_fds gauge
process_max_fds 1024.0
```

Большинство предназначенных для промышленной эксплуатации веб-серверов, таких как Nginx и Apache, могут генерировать исчерпывающие метрики времени отклика и ожидания. Например, для добавления подобного типа данных в приложение Flask отлично подойдет промежуточное ПО, в котором фиксируются все запросы. Приложения обычно выполняют в запросах и другие интересные вещи, так что добавим еще две конечные точки — одну со счетчиком, а другую с таймером. Эти конечные точки будут генерировать метрики, в дальнейшем обрабатываемые библиотекой `prometheus_client` и выдаваемые при запросе к конечной точке `/metrics/` по HTTP.

Добавление счетчика к нашему маленькому приложению требует нескольких небольших изменений. Создайте новую конечную точку:

```
@app.route('/')
def index():
    return '<h1>Development Prometheus-backed Flask App</h1>'
```

Теперь опишем объект `Counter`. Добавьте название счетчика (`requests`), короткое его описание (`Application Request Count`) и по крайней мере одну удобную метку (например, `endpoint`), которая поможет определить источник этого счетчика:

```
from prometheus_client import Counter

REQUESTS = Counter(
    'requests', 'Application Request Count',
    ['endpoint']
)

@app.route('/')
def index():
    REQUESTS.labels(endpoint='/').inc()
    return '<h1>Development Prometheus-backed Flask App</h1>'
```

После описания счетчика `REQUESTS` включите его в функцию `index()`, перезапустите приложение и выполните несколько запросов. При выполнении запросов

к конечной точке /metrics/ в выводимой информации будут отражены выполненные нами действия:

```
...
# HELP requests_total Application Request Count
# TYPE requests_total counter
requests_total{endpoint="/"} 3.0
# TYPE requests_created gauge
requests_created{endpoint="/"} 1.562512871203272e+09
```

Теперь добавьте объект Histogram для захвата более подробной информации о конечной точке, которая иногда отвечает с некоторым запозданием. Код моделирует эту ситуацию посредством приостановки выполнения на случайно выбранный промежуток времени. Как и в функции index, необходима новая конечная точка, в которой бы использовался объект Histogram:

```
from prometheus_client import Histogram

TIMER = Histogram(
    'slow', 'Slow Requests',
    ['endpoint']
)
```

В моделируемой нами ресурсоемкой операции задействуется функция, отслеживающая время ее начала и окончания, а затем передающая эту информацию в объект Histogram:

```
import time
import random

@app.route('/database/')
def database():
    with TIMER.labels('/database').time():
        # Моделируем время отклика базы данных
        sleep(random.uniform(1, 3))
    return '<h1>Completed expensive database operation</h1>'
```

Нам нужны еще два модуля, time и random, для вычисления передаваемого в гистограмму значения времени и моделирования производимой в базе данных ресурсоемкой операции. Запустите приложение еще раз, обратитесь к конечной точке /database/ — и увидите, как при опросе конечной точки /metrics/ начнут генерироваться данные. При этом должны появиться несколько записей, соответствующих измерению длительностей выполнения смоделированной операции:

```
# HELP slow Slow Requests
# TYPE slow histogram
slow_bucket{endpoint="/database",le="0.005"} 0.0
slow_bucket{endpoint="/database",le="0.01"} 0.0
```

```
slow_bucket{endpoint="/database",le="0.025"} 0.0
slow_bucket{endpoint="/database",le="0.05"} 0.0
slow_bucket{endpoint="/database",le="0.075"} 0.0
slow_bucket{endpoint="/database",le="0.1"} 0.0
slow_bucket{endpoint="/database",le="0.25"} 0.0
slow_bucket{endpoint="/database",le="0.5"} 0.0
slow_bucket{endpoint="/database",le="0.75"} 0.0
slow_bucket{endpoint="/database",le="1.0"} 0.0
slow_bucket{endpoint="/database",le="2.5"} 2.0
slow_bucket{endpoint="/database",le="5.0"} 2.0
slow_bucket{endpoint="/database",le="7.5"} 2.0
slow_bucket{endpoint="/database",le="10.0"} 2.0
slow_bucket{endpoint="/database",le="+Inf"} 2.0
slow_count{endpoint="/database"} 2.0
slow_sum{endpoint="/database"} 2.0021886825561523
```

Объект `Histogram` отличается большой гибкостью, он может выступать в роли контекстного менеджера, декоратора или получать значения напрямую. Подобная гибкость открывает невероятные возможности и помогает с легкостью создавать инструменты для работы в самых разных средах.

Телеметрия

В одной из известных нам компаний было приложение, используемое несколькими газетами, — гигантское монолитное веб-приложение без мониторинга выполнения. Команда эксплуатации неплохо справлялась с отслеживанием расхода системных ресурсов, в частности оперативной памяти и CPU, но не было никакой проверки количества вызовов в секунду API стороннего поставщика видео, а также степени их ресурсоемкости. Можно возразить, что подобные измерения можно получить посредством журналирования, и это действительно так, но опять же речь идет о гигантском монолитном приложении, и без того отличающемся безумным объемом журналов.

Задача состояла в создании надежных метрик с удобной визуализацией и организацией запросов, причем таких, чтобы их добавление в код требовало не многодневного обучения разработчиков, а всего лишь добавления операторов журналирования. Для любой технологии телеметрия во время выполнения должна быть как можно ближе к описанному в предыдущем предложении варианту. Любое решение, которое ему не соответствует, вряд ли будет успешно работать. Если выполнение запросов или визуализация в нем требуют значительных усилий, мало кто им будет пользоваться или обращать внимание на результаты. Если реализация (и сопровождение!) сложны, от него могут отказаться. Если добавление такой телеметрии времени выполнения неудобно для разработчиков, то не имеет значения, что вся инфраструктура и сервисы готовы использовать метрики — ничего они не получат (по крайней мере, ничего осмысленного).

`python-statsd` — прекрасная (и крошечная) библиотека, помещающая метрики в StatsD (далее их можно перенаправить в Graphite), с помощью которой можно легко и удобно организовать мониторинг на основе метрик. Удобно выделить в приложении отдельный модуль в качестве адаптера этой библиотеки, поскольку вам нужно будет добавить свои настройки, а делать это во множестве мест довольно утомительно.

Существует несколько пакетов Python-клиентов для StatsD в PyPI. Для следующих примеров используйте пакет python-statsd. Установите его в виртуальной среде с помощью команды pip install python-statsd. Применение не того клиента может привести к ошибкам импорта!

Один из простейших сценариев использования — счетчик, и примеры для библиотеки `python-statsd` выглядят примерно вот так:

```
>>> import statsd
>>>
>>> counter = statsd.Counter('app')
>>> counter += 1
```

В этом примере предполагается, что StatsD запущен на локальной машине, а значит, не нужно создавать соединение, настройки по умолчанию прекрасно подходят. Но при обращении к классу `Counter` передается название (`app`), что в среде промышленной эксплуатации не сработает. Как рассказывается в разделе «Соглашения о наименованиях» далее, для работы приложения жизненно важна хорошая схема наименования, помогающая легко идентифицировать среду и местоположение данных метрик, но делать это повсюду — избыточно. В некоторых средах Graphite для всех метрик, отправляемых с целью аутентификации, пространству имен должно предшествовать *секретное значение*. В результате возникает дополнительный слой, который требуется абстрагировать, чтобы не нужно было использовать его при реализации метрик.

Некоторые части пространства имен, например секретное значение, должны гибко настраиваться, а другие могут присваиваться программно. Если у нас есть функция `get_prefix()` для необязательного добавления префикса к пространству имен, то адаптер для `Counter` в отдельном модуле для беспрепятственного взаимодействия можно создать следующим образом. Для работы примеров создайте новый модуль, назовите его `metrics.py` и добавьте в него следующее:

```
import statsd
import get_prefix

def Counter(name):
    return statsd.Counter("%s.%s" % (get_prefix(), name))
```

Создать экземпляр `Counter` для небольшого Python-приложения, вызывающего API Amazon S3 с путем `web/api/aws.py`, можно вот так (см. пример из раздела «Соглашения о наименованиях» далее):

```
from metrics import Counter

counter = Counter(__name__)

counter += 1
```

Благодаря использованию `__name__` объект `Counter` создается с полным пространством имен модуля Python в названии, что на стороне получателя вызова будет выглядеть как `web.api.aws.Counter`. Эта схема работает хорошо, но оказывается недостаточно гибкой в случае, если нам понадобится несколько счетчиков в циклах, протекающих в различных местах. Необходимо модифицировать адаптер, чтобы можно было применить суффикс:

```
import statsd
import get_prefix

def Counter(name, suffix=None):
    if suffix:
        name_parts = name.split('.')
        name_parts.append(suffix)
        name =  '.'.join(name_parts)
    return statsd.Counter("%s.%s" % (get_prefix(), name))
```

Если счетчик в файле `aws.py` требуется в двух местах, скажем в функциях чтения и записи для S3, то можно с легкостью добавить в их названия префиксы:

```
from metrics import Counter
import boto

def s3_write(bucket, filename):
    counter = Counter(__name__, 's3.write')
    conn = boto.connect_s3()
    bucket = conn.get_bucket(bucket)
    key = boto.s3.key.Key(bucket, filename)
    with open(filename) as f:
        key.send_file(f)
    counter += 1

def s3_read(bucket, filename):
    counter = Counter(__name__, 's3.read')
    conn = boto.connect_s3()
    bucket = conn.get_bucket(bucket)
    k = Key(bucket)
    k.key = filename
    counter += 1
    return k
```

Теперь в этих двух вспомогательных функциях есть свои уникальные счетчики на основе одного адаптера, так что в среде промышленной эксплуатации метрики появятся в пространстве имен наподобие `secret.app1.web.api.aws.s3.write.Counter`. Подобный уровень детализации удобен при идентификации метрик по операциям. Даже если и существуют сценарии использования, в которых такая детализация не нужна, всегда лучше иметь данные и игнорировать их, чем не иметь. Большинство инструментальных панелей для отображения метрик предоставляют возможности настройки их группировки.

Суффикс полезен при добавлении к названиям функций (или методов классов), которые плохо отражают свое назначение, так что усовершенствование схемы наименования с помощью суффикса — еще одно преимущество достигнутой гибкости:

```
def helper_for_expensive_operations_on_large_files():
    counter = Counter(__name__, suffix='large_file_operations')
    while slow_operation:
        ...
        counter +=1
```

Добавлять счетчики и прочие типы метрик, например датчики, так легко, что возникает соблазн включить их в цикл, но подобная телеметрия может отрицательно повлиять на производительность требующих быстродействия блоков кода, выполняемых тысячи раз в секунду. Лучший вариант — ограничить число отправляемых метрик или отправить их позднее.

В этом разделе мы показали реализацию получения метрик для локального сервиса StatsD. Этот экземпляр в конечном итоге передает данные в настроенную прикладную часть, например Graphite, но приведенные упрощенные примеры не относятся исключительно к StatsD. Напротив, они демонстрируют необходимость добавления вспомогательных функций и утилит в качестве адаптеров для стандартных задач и то, что при наличии удобных средств реализации разработчики захотят использовать их повсеместно. Слишком много данных метрик — это лучше, чем их отсутствие.

Соглашения о наименованиях

В большинстве сервисов мониторинга и обработки метрик, таких как Graphite, Graphana, Prometheus и даже StatsD, есть понятие пространств имен. Пространства имен очень важны, так что желательно тщательно выбрать соглашение о наименованиях, которое позволило бы с легкостью идентифицировать компоненты системы и в то же время было достаточно гибким для дальнейшего расши-

рения или даже изменения. Эти пространства имен аналогичны пространствам имен Python: имена разделяются точками, и каждая отдельная часть отражает шаг иерархии слева направо. Первый элемент слева — родительский, а каждая последующая часть — дочерний элемент.

Например, пусть быстродействующее приложение Python, выдающее изображения на веб-сайте, выполняет обращения к API AWS. Модуль Python, в одном из мест которого мы хотели бы получить метрики, располагается по следующему пути: `web/api/aws.py`. Логично было бы выбрать для этого пути пространство имен `web.api.aws`, но что, если у нас несколько серверов приложений в промышленной эксплуатации? Поскольку метрики передаются с одним пространством имен, очень трудно (практически невозможно!) перейти на использование другой схемы наименования. Усовершенствуем пространство имен так, чтобы удобнее было идентифицировать серверы в промышленной эксплуатации: `{название_сервера}.web.api.aws`.

Намного лучше! Но заметили ли вы другую проблему? При передаче метрик отправляется завершающая часть названия. В примере со счетчиками название будет выглядеть примерно так: `{название_сервера}.web.api.aws.counter`. Это вызовет проблемы, поскольку наше маленькое приложение выполняет несколько обращений к AWS, например S3, а в будущем нам может понадобиться обращаться и к другим сервисам AWS. Исправлять наименование дочерних узлов проще, чем родительских, так что в данном случае разработчикам достаточно, чтобы метрики соответствовали измеряемым величинам с максимально возможной степенью детализации. Например, если у нас есть модуль S3 внутри файла `aws.py`, имеет смысл включить его в название, чтобы отличать от прочих элементов. Дочерняя часть названия этой метрики будет иметь вид `aws.s3`, а метрика-счетчик в итоге будет выглядеть примерно так: `aws.s3.counter`.

Такое количество переменных для пространств имен может показаться неудобным, но большинство известных сервисов метрик позволяют с легкостью комбинировать их, например, так: «Покажите мне среднее количество для всех обращений к S3 за последнюю неделю, но только от серверов, находящихся в промышленной эксплуатации на Восточном побережье США». Потрясающие возможности, правда?

Есть и еще одна потенциальная проблема. Как поступить со средами предэксплуатационного тестирования и промышленной эксплуатации? Что, если разработка и тестирование производятся где-то на виртуальной машине? Часть `{название_сервера}` названия не слишком поможет, если все станут называть свои предназначенные для разработки машины `srv1`. При развертывании в различных областях или в случае планов в будущем выполнить масштабирование за рамки отдельной области или страны имеет смысл добавить в пространство

имен дополнительный элемент. Существует множество вариантов расширения пространства имен так, чтобы оно лучше подходило для конкретной среды, в частности, подойдет префикс: `{область}.{экспл|предэкспл_тест|разработка}.{название_сервера}`.

Журналирование

Правильная настройка тестирования в Python — немного пугающая задача. Модуль журналирования высокопроизводителен, потреблять выводимую им информацию могут несколько различных модулей. Достаточно разобраться в базовых его настройках, чтобы в дальнейшем с легкостью вносить изменения в его конфигурацию. Признаемся, что мы однажды реализовали альтернативный вариант журналирования, так как нам было лень настроить модуль журналирования должным образом. Это было ошибкой: нам практически никогда не удавалось охватить все то, что так хорошо умеет делать стандартный модуль, — многопоточные среды, Unicode, поддержку отличных от `STDOUT` выходных потоков и многое другое.

Модуль журналирования Python столь велик и существует так много различных вариантов его использования (как и практически всего программного обеспечения, рассматриваемого в этой главе), что даже целой главы недостаточно, чтобы охватить его полностью. В этом разделе приведем краткие примеры лишь простейших сценариев применения, а затем постепенно перейдем к более сложным. Разобравшись в нескольких сценариях, вы без проблем сможете расширить журналирование на прочие.

Эта тема сложна, и на ее освоение придется потратить некоторое время, но помните: журналирование — один из *краеугольных камней* DevOps, без него невозможно быть успешным специалистом в этой сфере.

Почему это так трудно

Приложения Python, как и большинство утилит командной строки и «одноразовых» утилит, обычно имеют вертикальную архитектуру и отличаются значительной степенью процедурной организации. В начале обучения разработке на чем-то наподобие Python (или, возможно, Bash) имеет смысл прежде всего привыкнуть к подобному процессу разработки. Даже при переходе к более объектно-ориентированному программированию с более широким использованием классов и модулей все равно остается ощущение объявления того, что нужно, создания объектов для их последующего применения и т. д. Настройки модулей

и объектов обычно не задаются заранее при импорте, так что редко можно видеть, чтобы настройки какого-то импортированного модуля задавались глобально для всего проекта еще до создания его экземпляра.

Возникает ощущение: *«Каким-то образом настройки модуля уже заданы, но разве это возможно, если я еще даже не вызывал его?»* Журналирование в чем-то аналогично: если настройки однажды заданы, во время выполнения модуль каким-то образом сохраняет их вне зависимости от того, где он импортируется и используется еще до создания механизмов журналирования. Все это очень удобно, но привыкнуть к этому нелегко, когда практически ни одна из составляющих стандартной библиотеке Python так себя не ведет!

basicconfig

Простейший способ выбраться из трясины настроек журналирования — воспользоваться `basicconfig`. Это простой и понятный способ настроить журналирование с множеством значений по умолчанию, требующий всего около трех строк кода:

```
>>> import logging
>>> logging.basicConfig()
>>> logger = logging.getLogger()
>>> logger.critical("this can't be that easy")
CRITICAL:root:this can't be that easy
```

Сообщения выводятся, и модуль, похоже, настроен правильно, причем для этого не нужно ничего знать о журналировании. Удобны широкие возможности настройки под свои нужды и несколько опций, хорошо подходящих для маленьких приложений, в которых не требуются гибко настраиваемые интерфейсы журналирования. Форматирование записей журналов и задание уровня «многословности» также не требует особых усилий:

```
>>> import logging
>>> FORMAT = '%(asctime)s %(name)s %(levelname)s %(message)s'
>>> logging.basicConfig(format=FORMAT, level=logging.INFO)
>>> logger = logging.getLogger()
>>> logger.debug('this will probably not show up')
>>> logger.warning('warning is above info, should appear')
2019-07-08 08:31:08,493 root WARNING warning is above info, should appear
```

В этом примере установлен минимальный уровень журналирования — `INFO`, поэтому отладочное сообщение не выводится. В вызов `basicConfig` передаются опции форматирования для времени, название (далее в этом разделе расскажем об этом подробнее), уровень журналирования и, наконец, само сообщение. Для большинства приложений этого более чем достаточно, и приятно знать, что

с помощью даже такого простого начального журналирования можно добиться столь многого.

Проблема с подобными настройками состоит в том, что их может оказаться недостаточно для более сложных сценариев. В подобных настройках очень много значений по умолчанию, возможно, неприемлемых, менять которые весьма хлопотно. Если есть хотя бы небольшая вероятность, что приложению понадобится нечто более сложное, рекомендуется задать полную конфигурацию журналирования, разобравшись (как ни неприятно это) во всех нюансах.

Углубляемся в конфигурацию

В модуле журналирования есть несколько *механизмов журналирования* (loggers), которые можно настраивать независимо друг от друга, кроме того, они могут наследовать настройки от *родительского* механизма журналирования. Верхний механизм журналирования в иерархии — корневой (`root`), а все остальные — дочерние для него (`root` — родительский). При настройке корневого механизма журналирования, по существу, задается глобальная конфигурация *для всех* механизмов журналирования. Подобная схема журналирования имеет смысл, если для различных приложений или частей одного приложения необходимы разные интерфейсы журналирования и настройки.

Веб-приложению не удастся отправлять ошибки сервера WSGI по электронной почте, а все остальное записывать в журнал с помощью одного настроенного механизма журналирования уровня `root`. Это аналогично описанному в разделе «Соглашения о наименованиях» (см. ранее) в том, что названия разделены точками, причем каждая означает новый уровень иерархии. Это значит, что `app.wsgi` можно настроить на отправку журналов ошибок по электронной почте, а `app.requests` — отдельно на журналирование в файлы.

Удобный способ работы с этим пространством имен — применить то же пространство имен, что и Python, вместо того чтобы выдумывать что-то свое. Для этого воспользуйтесь name для создания механизмов журналирования в модулях. Задействование одного и того же пространства имен для проекта и журналирования позволяет избежать путаницы.

Настройки журналирования следует задавать *как можно раньше*. Если приложение представляет собой утилиту командной строки, лучше всего делать это в главной точке входа, возможно, даже до синтаксического разбора аргументов. Настройки журналирования для веб-приложений обычно задаются с помощью вспомогательных функций фреймворка. У большинства распространенных веб-фреймворков сейчас есть средства настройки журналирования: Django, Flask,

Pecan и Pyramid, все они предоставляют интерфейсы для ранней настройки журналирования. Пользуйтесь!

Следующий пример демонстрирует настройку утилиты командной строки, можно заметить некоторое сходство с `basicConfig`:

```
import logging
import os

BASE_FORMAT = "[%(name)s][%(levelname)-6s] %(message)s"
FILE_FORMAT = "[%(asctime)s]" + BASE_FORMAT

root_logger = logging.getLogger()
root_logger.setLevel(logging.DEBUG)

try:
    file_logger = logging.FileHandler('application.log')
except (OSError, IOError):
    file_logger = logging.FileHandler('/tmp/application.log')
file_logger.setLevel(logging.INFO)
console_logger.setFormatter(logging.Formatter(BASE_FORMAT))
root_logger.addHandler(file_logger)
```

В этом примере происходит много интересного. Производится запрос к корневому механизму журналирования путем вызова `getLogger()` без каких-либо аргументов, причем уровень журналирования устанавливается равным `DEBUG`. Для начала это неплохо, ведь другие дочерние механизмы журналирования могут менять уровень. Далее мы задаем настройки механизма журналирования в файл. В данном случае он пытается открыть файл журнала, а если нет возможности записывать в него, то использует временный файл в каталоге `tmp`. Далее его уровень журналирования устанавливается в `INFO`, а формат сообщений меняется и теперь включает метки даты/времени (удобно для файлов журналов).

Обратите внимание на то, что в конце к `root_logger` добавляется механизм журналирования в файл. Это кажется странным, но в данном случае задается такая конфигурация корневого механизма журналирования, чтобы он отвечал за все. Благодаря добавлению к корневому механизму журналирования *потокового обработчика* (stream handler) приложение будет отправлять журналы в файл и в стандартный поток ошибок одновременно:

```
console_logger = logging.StreamHandler()
console_logger.setFormatter(BASE_FORMAT)
console_logger.setLevel(logging.WARNING)
root_logger.addHandler(console_logger)
```

В данном случае мы воспользовались форматом `BASE_FORMAT`, поскольку информация будет выводиться в терминал, где метки даты/времени будут только

мешать. Как видите, настроек требуется довольно много и они сильно усложняются, если механизмов журналирования несколько. Для минимизации этого эффекта лучше создать отдельный модуль со вспомогательной функцией, которая будет задавать все эти опции. В качестве альтернативы подобному варианту конфигурации модуль `logging` предлагает конфигурацию на основе ассоциативного массива, в которой параметры конфигурации задаются в интерфейсе вида «ключ/значение». Далее приведена подобная конфигурация для того же примера.

Чтобы увидеть все это в действии, добавьте в конец файла несколько операций записи в журнал, выполняемых непосредственно с помощью Python, и сохраните его в файл `log_test.py`:

```
# Корневой механизм журналирования
logger = logging.getLogger()
logger.warning('this is an info message from the root logger')

app_logger = logging.getLogger('my-app')
app_logger.warning('an info message from my-app')
```

Корневой механизм журналирования является родительским, кроме того, здесь появляется новый механизм журналирования `my-app`. Если выполнить этот файл напрямую, в терминал, как и в файл `application.log`, будет выведено следующее:

```
$ python log_test.py
[root][WARNING] this is an info message from the root logger
[my-app][WARNING] an info message from my-app
$ cat application.log
[2019-09-08 12:28:25,190][root][WARNING] this is an info message from the root
logger
[2019-09-08 12:28:25,190][my-app][WARNING] an info message from my-app
```

Выводимая информация дублируется, поскольку мы настроили оба механизма журналирования, но это вовсе не обязательно. Форматирование в файловом механизме журналирования отличается, чтобы было удобнее просматривать в консоли:

```
from logging.config import dictConfig

dictConfig({
    'version': 1,
    'formatters': {
        'BASE_FORMAT': {
            'format': '[%(name)s][%(levelname)-6s] %(message)s',
        },
        'FILE_FORMAT': {
            'format': '[%(asctime)s] [%(name)s][%(levelname)-6s] %(message)s',
        },
```

```
    },
    'handlers': {
        'console': {
            'class': 'logging.StreamHandler',
            'level': 'INFO',
            'formatter': 'BASE_FORMAT'
        },
        'file': {
            'class': 'logging.FileHandler',
            'level': 'DEBUG',
            'formatter': 'FILE_FORMAT'
        }
    },
    'root': {
        'level': 'INFO',
        'handlers': ['console', 'file']
    }
})
```

`dictConfig` тут помогает нагляднее отобразить, куда что попадает и как все связано друг с другом, по сравнению с приведенным ранее примером. Для сложных архитектур, где нужны несколько механизмов журналирования, предпочтительнее вариант с `dictConfig`. В большинстве веб-фреймворков используется исключительно конфигурация на основе ассоциативных массивов.

Иногда формат журналирования игнорируется. Его часто рассматривают как некую обертку, предназначенную для удобства читающих журнал. Хотя в этом есть доля истины, но квадратные скобки с обозначением уровня журналирования (например, `[CRITICAL]`) очень удобны, особенно когда нужно отделять среды друг от друга в соответствии с другими параметрами, например среды промышленной эксплуатации, предэксплуатационного тестирования и разработки. Разработчику может быть и так сразу ясно, что эти журналы — из версии для разработки, но чрезвычайно важно понимать, были ли они переданы откуда-то или собирались централизованно. Вот как эти возможности применяются динамически в `dictConfig` с помощью переменных среды и `logging.Filter`:

```
import os
from logging.config import dictConfig

import logging

class EnvironFilter(logging.Filter):
    def filter(self, record):
        record.app_environment = os.environ.get('APP_ENVIRON', 'DEVEL')
        return True

dictConfig({
    'version': 1,
    'filters' : {
```

```
        'environ_filter' : {
          '()': EnvironFilter
        }
    },
    'formatters': {
        'BASE_FORMAT': {
            'format':
                '[%(app_environment)s][%(name)s][%(levelname)-6s] %(message)s',
        }
    },
    'handlers': {
        'console': {
            'class': 'logging.StreamHandler',
            'level': 'INFO',
            'formatter': 'BASE_FORMAT',
            'filters': ['environ_filter'],
        }
    },
    'root': {
        'level': 'INFO',
        'handlers': ['console']
    }
})
```

В этом примере есть много нюансов и можно легко упустить несколько модифицированных мест. Во-первых, был добавлен новый класс `EnvironFilter`, базовым для которого служит `logging.Filter`. В нем объявлен метод `filter`, принимающий в качестве аргумента `record`. Именно такого описания этого метода требует базовый класс. Аргумент `record` далее расширяется, включая переменную среды `APP_ENVIRON`, по умолчанию равную `DEVEL`.

Во-вторых, в `dictConfig` добавляется новый ключ (`filters`), в котором фильтр называется `environ_filter`, указывающий на класс `EnvironFilter`. Наконец, в ключе `handlers` мы добавляем ключ `filters`, принимающий список, в данном случае содержащий только один фильтр — `environ_filter`.

Описание и наименование фильтров выглядят неуклюже, но лишь потому, что наш пример тривиален. В более сложных случаях благодаря этому настройка и расширение не требуют заполнения ассоциативного массива *шаблонным кодом*, упрощая, таким образом, дальнейшую модификацию и расширение.

С помощью короткой проверки в командной строке можно посмотреть, как новый фильтр отражает среду. В этом примере используется простое приложение Pecan (https://www.pecanpy.org):

```
$ pecan serve config.py
Starting server in PID 25585
serving on 0.0.0.0:8080, view at http://127.0.0.1:8080
2019-08-12 07:57:28,157 [DEVEL][INFO    ] [pecan.commands.serve] GET / 200
```

Среда DEVEL прекрасно работает, и для смены ее на среду промышленной эксплуатации достаточно всего одной переменной среды:

```
$ APP_ENVIRON='PRODUCTION' pecan serve config.py
Starting server in PID 2832
serving on 0.0.0.0:8080, view at http://127.0.0.1:8080
2019-08-12 08:15:46,552 [PRODUCTION][INFO    ] [pecan.commands.serve] GET / 200
```

Распространенные паттерны

Модуль журналирования включает несколько неплохих паттернов, на первый взгляд неочевидных, но заслуживающих как можно более частого применения. Один из них — использование вспомогательной функции `logging.exception`. Обычная схема выглядит вот так:

```
try:
    return expensive_operation()
except TypeError as error:
    logging.error("Running expensive_operation caused error: %s" % str(error))
```

Она неудачна по нескольким причинам: сначала «съедает» исключение и лишь потом отображает его строковое представление. Если исключение неочевидное либо генерируется в неочевидном месте, то оповещать о `TypeError` бессмысленно. Если замена исключения на строковое значение завершилась неудачей, вы получите ошибку `ValueError`, но она мало чем поможет, если код скрывает трассу вызовов:

```
[ERROR] Running expensive_operation caused an error:
    TypeError: not all arguments converted during string formatting
```

Где возникла эта ошибка? Мы знаем, что она произошла при вызове `expensive_operation()`, но где именно? В каких функции, классе или файле? Подобное журналирование не помогает, а только приводит разработчика в бешенство! С помощью модуля журналирования можно занести в журнал полную трассу исключения:

```
try:
    return expensive_operation()
except TypeError:
    logging.exception("Running expensive_operation caused error")
```

Вспомогательная функция `logging.exception` как по волшебству помещает в журнал полную трассу исключения. В реализации не нужно заботиться о перехвате ошибки, как раньше, или даже пытаться извлечь из исключения полезную информацию. Модуль журналирования позаботится обо всем сам.

Еще один удобный паттерн — использование встроенных возможностей модуля журналирования для интерполяции строк. Возьмем для примера следующий фрагмент кода:

```
>>> logging.error(
"An error was produced when calling: expensive_operation, \
with arguments: %s, %s" % (arguments))
```

В этом операторе есть две строковые замены, он предполагает, что `arguments` состоит минимум из двух элементов. Если в `arguments` нет двух элементов, приведенный оператор приведет к сбою находящегося в промышленной эксплуатации кода. А его сбой из-за журналирования *всегда* нежелателен. В модуле есть вспомогательная функция, позволяющая перехватить эту ошибку, сообщить о проблеме и продолжить работу программы:

```
>>> logging.error("An error was produced when calling: expensive_operation, \
with arguments: %s, %s", arguments)
```

Этот рекомендуемый способ передачи аргументов в оператор совершенно безопасен.

Стек ELK

Подобно тому как Linux, Apache, MySQL и PHP известны под общей аббревиатурой *LAMP*, нередко можно услышать про стек *ELK*: Elasticsearch, Logstash и Kibana. Он дает возможность извлекать информацию из журналов, захватывать полезные метаданные и отправлять их в хранилище документов (Elasticsearch), а затем отображать информацию на мощной инструментальной панели (Kibana). Хорошо понимать все составляющие этого стека жизненно важно для эффективной стратегии потребления журналов. Все эти составляющие одинаково важны, и хотя для каждой из них существуют аналоги, в этом разделе мы рассмотрим роли, которые именно они играют в примере приложения.

Большинство находящихся в промышленной эксплуатации систем существуют довольно давно, и разработчику редко выпадает шанс переделать инфраструктуру с нуля. Но даже если вам посчастливилось проектировать инфраструктуру с чистого листа, очень легко упустить из виду важность структуры журналов. Правильная структура журналов столь же важна, как и сама фиксация полезной информации, но в случае отсутствия инфраструктуры на помощь может прийти Logstash. Выводимая по умолчанию в журнал информация при установке Nginx выглядит примерно так:

```
192.168.111.1 - - [03/Aug/2019:07:28:41 +0000] "GET / HTTP/1.1" 200 3700 "-" \
"Mozilla/5.0 (X11; Ubuntu; Linux x86_64; rv:68.0) Gecko/20100101 Firefox/68.0"
```

Некоторые части этого оператора записи в журнал вполне очевидны, например HTTP-метод (`GET`) и метка даты/времени. Если у вас есть возможность управлять отображением информации, можете отбросить несущественную или включить какие-то нужные данные, главное — четко понимать смысл каждого из компонентов. Вот настройки по умолчанию в конфигурации HTTP-сервера в `/etc/nginx/nginx.conf`:

```
http {
    log_format  main  '$remote_addr - $remote_user [$time_local] "$request" '
                      '$status $body_bytes_sent "$http_referer" '
                      '"$http_user_agent" "$http_x_forwarded_for"';
...
```

При первом взгляде на выводимую информацию может сложиться впечатление, что тире символизируют отсутствующую информацию, но это не совсем так. В нашем примере вывода записей журнала за IP-адресом следуют *два* тире: одно просто в «косметических» целях, а второе обозначает отсутствие информации. Из конфигурации видно, что за IP-адресом следует одиночное тире, а затем `$remote_user`, что удобно для аутентификации (захвата аутентифицированного пользователя). Если же речь идет о HTTP-сервере, на котором не включена аутентификация, `$remote_user` можно из конфигурации убрать (при наличии прав доступа на изменение файла `nginx.conf`) или проигнорировать с помощью правил извлечения метаданных из журналов. В следующем разделе взглянем, чем в этой ситуации может помочь Logstash с его множеством плагинов обработки входных данных.

Elasticsearch, Logstash и Kibana обычно недоступны в дистрибутивах Linux. В зависимости от вида дистрибутива необходимо импортировать соответствующие ключи подписи, кроме того, система управления пакетами должна быть настроена на работу с нужными репозиториями. Загляните в посвященные установке разделы официальной документации (https://oreil.ly/A-EwN). Убедитесь также, что установлен пакет Filebeat — облегченная, но обладающая большими возможностями утилита для перенаправления журналов. Мы воспользуемся ею в дальнейшем для отправки журналов в Logstash.

Logstash

Первый шаг после того, как выбран стек ELK, — применить правила Logstash для извлечения информации из нужного источника, ее фильтрации, а затем передачи в нужный сервис — в данном случае Elasticsearch. После установки Logstash в файловой системе появляется путь `/etc/logstash/` с полезным каталогом `conf.d` внутри, в который можно добавлять файлы конфигурации для различных сервисов. В нашем случае речь идет о захвате информации Nginx, ее

фильтрации, а затем передаче локальному сервису Elasticsearch, который должен быть уже установлен и запущен.

Для потребления журналов необходимо установить утилиту `filebeat`. Она имеется в тех же репозиториях, которые вы использовали для установки Elasticsearch, Kibana и Logstash. Прежде чем настраивать Logstash, необходимо убедиться, что настройки Filebeat соответствуют файлам журналов Nginx и местоположению Logstash.

После установки Filebeat добавьте пути журналов Nginx и порт Logstash по умолчанию для `localhost` (`5044`). В конфигурацию в файле `/etc/filebeat/filebeat.yml` необходимо включить (или раскомментировать) следующее:

```
filebeat.inputs:

- type: log
  enabled: true

  paths:
    - /var/log/nginx/*.log

output.logstash:
  hosts: ["localhost:5044"]
```

Благодаря этому Filebeat просмотрит все до единого пути из `/var/log/nginx/`, после чего перенаправит их в экземпляр `localhost` Logstash. Если для другого приложения Nginx требуется отдельный файл журнала, он тоже добавляется тут. В файле конфигурации могут присутствовать и другие значения по умолчанию, их можно оставить без изменений. Запустите сервис:

```
$ systemctl start filebeat
```

А теперь создайте новый файл с именем `nginx.conf` в каталоге конфигурации Logstash (`/etc/logstash/conf.d`). Первый раздел, который нужно добавить, относится к обработке входных данных:

```
input {
  beats {
    port => "5044"
  }
}
```

Раздел `input` указывает, что поток информации поступит из сервиса Filebeat по порту 5044. А поскольку все пути к файлам указываются в конфигурации Filebeat, здесь больше ничего и не требуется.

Далее необходимо извлечь информацию и связать ее с ключами (или полями). Чтобы разобраться в этих неструктурированных данных, понадобятся правила

синтаксического разбора. Для такого разбора мы воспользуемся плагином grok. Добавьте в конец того же файла следующую конфигурацию:

```
filter {
  grok {
    match => { "message" => "%{COMBINEDAPACHELOG}"}
  }
}
```

В разделе filter теперь описано, как должен использоваться плагин grok, который получает входную строку и применяет обладающий большими возможностями набор регулярных выражений COMBINEDAPACHELOG, с помощью которых можно найти и привязать все компоненты журналов веб-сервера, поступающих из Nginx.

Наконец, в разделе output необходимо указать, куда должны отправляться теперь уже структурированные данные:

```
output {
  elasticsearch {
    hosts => ["localhost:9200"]
  }
}
```

Это значит, что все структурированные данные пересылаются в локальный экземпляр Elasticsearch. Как видите, для этого достаточно минимальной конфигурации Logstash (и сервиса Filebeat). Для дальнейшей более точной настройки сбора и синтаксического разбора журналов можно добавить еще несколько плагинов и опций конфигурации. Подобный подход с готовыми инструментами идеален для того, чтобы сразу приступить к работе, не задумываясь о том, какие нужны расширения или плагины. Если интересно, можете заглянуть в исходный код Logstash и найти содержащий COMBINEDAPACHELOG файл grok-patterns — этот набор регулярных выражений поистине впечатляет.

Elasticsearch и Kibana

Чтобы подготовить и запустить систему для получения структурированных данных из Logstash на локальной машине, практически ничего, кроме установки пакета elasticsearch, не требуется. Убедитесь, что сервис запущен и работает без проблем:

```
$ systemctl start elasticsearch
```

Аналогичным образом установите пакет kibana и запустите соответствующий сервис:

```
$ systemctl start kibana
```

И хотя Kibana — это инструментальная панель, а стек ELK не основан на Python, эти сервисы настолько хорошо интегрированы, что демонстрируют, что такое по-настоящему хорошая архитектура платформы. После первого запуска Kibana начнет искать запущенный на машине экземпляр Elasticsearch, просматривая вывод записей журналов. Таково поведение по умолчанию ее плагина Elasticsearch без каких-либо дополнительных настроек. Все прозрачно, из сообщений понятно, что плагин был инициализирован и смог получить доступ к Elasticsearch:

```
{"type":"log","@timestamp":"2019-08-09T12:34:43Z",
"tags":["status","plugin:elasticsearch@7.3.0","info"],"pid":7885,
"state":"yellow",
"message":"Status changed from uninitialized to yellow",
"prevState":"uninitialized","prevMsg":"uninitialized"}

{"type":"log","@timestamp":"2019-08-09T12:34:45Z",
"tags":["status","plugin:elasticsearch@7.3.0","info"],"pid":7885,
"state":"green","message":"Status changed from yellow to green - Ready",
"prevState":"yellow","prevMsg":"Waiting for Elasticsearch"}
```

Если поменять настройки, указав неправильный порт, из журналов становится совершенно ясно, что ничего само по себе не работает:

```
{"type":"log","@timestamp":"2019-08-09T12:59:27Z",
"tags":["error","elasticsearch","data"],"pid":8022,
"message":"Request error, retrying
  GET http://localhost:9199/_xpack => connect ECONNREFUSED 127.0.0.1:9199"}

{"type":"log","@timestamp":"2019-08-09T12:59:27Z",
"tags":["warning","elasticsearch","data"],"pid":8022,
"message":"Unable to revive connection: http://localhost:9199/"}
```

После запуска Kibana вместе с Elasticsearch (на правильном порте!), Filebeat и Logstash вы увидите полнофункциональную инструментальную панель и множество возможных опций (рис. 7.1).

Выполните запрос к локальному экземпляру Nginx, чтобы в журнале появились новые записи, и запустите обработку данных. В этом примере мы задействуем утилиту Apache Benchmarking (`ab`), но вы можете использовать просто браузер или сделать запрос напрямую с помощью `curl`:

```
$ ab -c 8 -n 50 http://localhost/
This is ApacheBench, Version 2.3 <$Revision: 1430300 $>
Copyright 1996 Adam Twiss, Zeus Technology Ltd, http://www.zeustech.net/
Licensed to The Apache Software Foundation, http://www.apache.org/

Benchmarking localhost (be patient).....done
```

Не настраивая далее Kibana, перейдите на URL/порт по умолчанию, на котором она работает, — `http://localhost:5601/`. Представление по умолчанию предлагает множество дополнительных опций. В разделе `discover` вы увидите

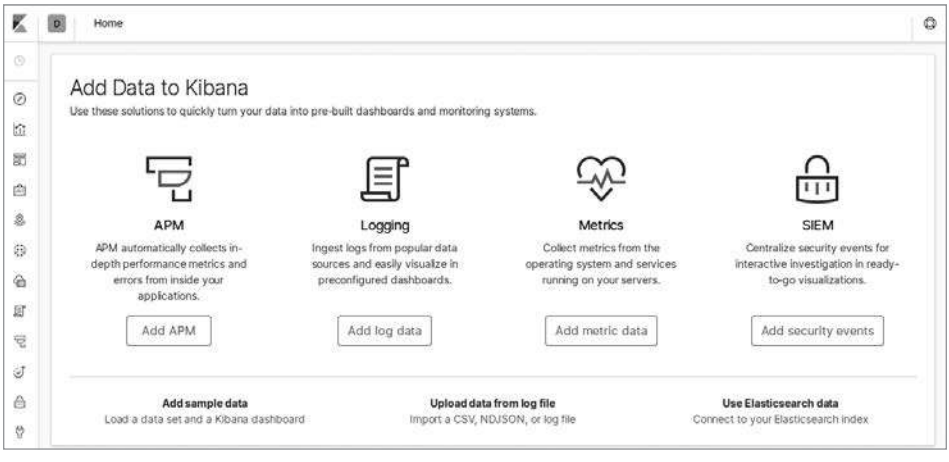


Рис. 7.1. Стартовая страница инструментальной панели Kibana

всю структурированную информацию по запросам. Вот пример доступного в Kibana (получающего данные из Elasticsearch) фрагмента в формате JSON, обработанного Logstash:

```
...
    "input": {
      "type": "log"
    },
    "auth": "-",
    "ident": "-",
    "request": "/",
    "response": "200",
    "@timestamp": "2019-08-08T21:03:46.513Z",
    "verb": "GET",
    "@version": "1",
    "referrer": "\"-\"",
    "httpversion": "1.1",
    "message": "::1 - - [08/Aug/2019:21:03:45 +0000] \"GET / HTTP/1.1\" 200",
    "clientip": "::1",
    "geoip": {},
    "ecs": {
      "version": "1.0.1"
    },
    "host": {
      "os": {
        "codename": "Core",
        "name": "CentOS Linux",
        "version": "7 (Core)",
        "platform": "centos",
        "kernel": "3.10.0-957.1.3.el7.x86_64",
        "family": "redhat"
      },
```

```
      "id": "0a75ccb95b4644df88f159c41fdc7cfa",
      "hostname": "node2",
      "name": "node2",
      "architecture": "x86_64",
      "containerized": false
    },
    "bytes": "3700"
  },
  "fields": {
    "@timestamp": [
      "2019-08-08T21:03:46.513Z"
    ]
  }
...
```

Logstash захватил важнейшие ключи (`verb`, `timestamp`, `request` и `response`) и произвел их синтаксический разбор. Чтобы превратить эту простую архитектуру в нечто полезное на практике, придется проделать еще немало работы. Захваченные метаданные можно использовать для визуализации трафика (включая данные геолокации), причем Kibana позволяет даже задавать для данных пороговые значения для оповещения в случаях, когда конкретные метрики превышают определенное значение или оказываются ниже его.

На инструментальной панели все эти структурированные данные можно разобрать по составляющим и создать на их основе содержательные графики и представления (рис. 7.2).

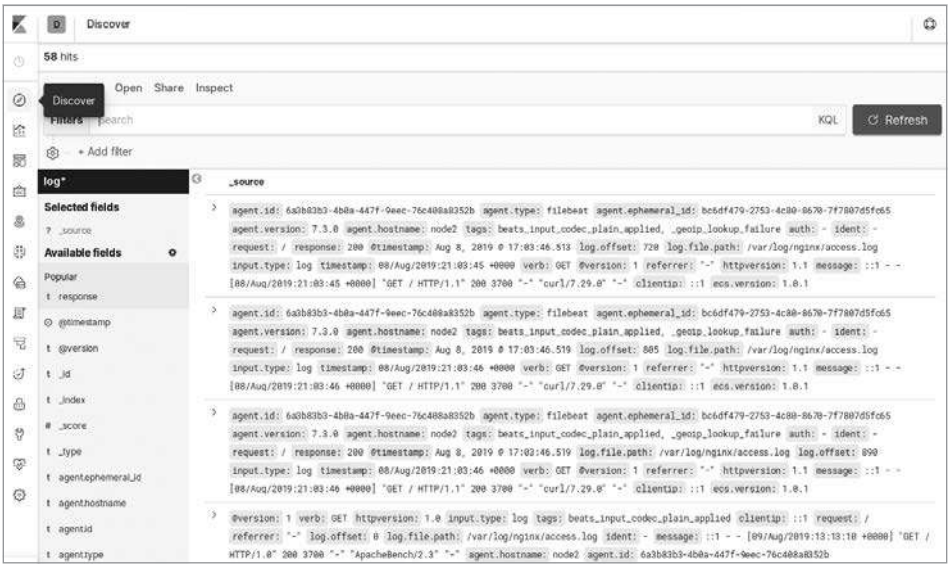


Рис. 7.2. Структурированные данные в Kibana

Как мы видели, при использовании стека ELK не требуется практически никаких усилий и нужны лишь минимальные настройки, чтобы приступить к захвату и синтаксическому разбору журналов. Приведенные примеры тривиальны, но демонстрируют колоссальные возможности его (стека) компонентов. Нам приходилось чаще, чем хотелось бы, сталкиваться с инфраструктурой, в которой задание `cron` производило над журналами операции `tail` и `grep` для поиска каких-либо шаблонов, отправки сообщения электронной почты или отсылки уведомления в Nagios. Обладающие большими возможностями программные компоненты (если вы хорошо осознаете их потенциал даже в простейшем варианте) жизненно важны для усовершенствования инфраструктуры, а в данном случае — для лучшего понимания того, что она делает.

Вопросы и упражнения

- Что такое отказоустойчивость и чем она полезна для инфраструктурных систем?
- Что делать с системами, генерирующими огромные объемы журналов?
- Поясните, почему при помещении метрик в другие системы предпочтительнее UDP. В чем заключается проблема с TCP?
- Опишите различия между системами, ориентированными на извлечение *(pull)* и помещение *(push)* данных. В каких случаях предпочтительнее первые, а в каких — вторые?
- Предложите соглашение о наименованиях для хранения метрик, подходящее для среды промышленной эксплуатации, веб-серверов и серверов баз данных и различных названий приложений.

Задача на ситуационный анализ

Создайте приложение Flask, полностью реализующее журналирование на различных уровнях (`info`, `debug`, `warning` и `error`) и при возникновении исключения отправляющее метрику (например, счетчик) в удаленный экземпляр Graphite через сервис StatsD.

ГЛАВА 8

Pytest для DevOps

Непрерывная интеграция, непрерывная поставка, развертывания и любые конвейерные технологические процессы в целом даже при минимальной степени продуманности будут наполнены различными проверками. Они могут встречаться на любых этапах, а также при достижении системой каких-либо важных целей.

Например, если посередине длинного списка этапов развертывания вызывается команда `curl` для получения очень важного файла, как думаете, нужно продолжать сборку в случае неудачного ее выполнения? Наверное, нет! У `curl` есть флаг (`--fail`) для возврата ненулевого кода завершения в случае ошибки HTTP. Этот простой флаг может послужить своего рода проверкой, чтобы убедиться в успешности запроса, а в противном случае перевести сборку в состояние завершившейся неудачно. Ключевое здесь — *убедиться* в успешном выполнении чего-либо, именно стратегии проверки и тестирования, позволяющие создавать лучшую инфраструктуру, являются фундаментом этой главы.

А если задействовать Python с его фреймворками тестирования наподобие `pytest` для верификации систем, идея проверок начинает радовать разработчика намного больше.

В этой главе мы обсудим основы тестирования на Python с помощью феноменального фреймворка `pytest`, углубимся в некоторые продвинутые его возможности и, наконец, подробно расскажем о проекте *Testinfra* — плагине к `pytest` для верификации систем.

Сверхспособности тестирования фреймворка pytest

У нас не хватит слов, чтобы воспеть хвалу фреймворку `pytest` так, как он того заслуживает. Создан он был Хольгером Крекелем (Holger Krekel), а сейчас за его поддержку отвечает совсем небольшая группа людей, которым великолепно удается добиться высокого качества этого программного продукта, использу-

емого нами ежедневно. Довольно трудно кратко описать основные возможности этого полнофункционального фреймворка, не продублировав при этом его полную документацию.

В документации проекта pytest можно найти очень много информации, примеров и подробных описаний возможностей (https://oreil.ly/PSAu2), заслуживающих внимания. По мере выхода новых версий этого проекта неизменно появляются интересные новинки и различные способы усовершенствования тестирования.

Первое знакомство Альфредо с этим фреймворком состоялось, когда он мучился с написанием тестов и неудобным встроенным способом тестирования Python с использованием `unittest` (мы обсудим различия между ним и `pytest` далее в этой главе). Ему хватило всего нескольких минут, чтобы оценить волшебные возможности `pytest`. При этом не нужно было отступать от привычной схемы написания тестов и все заработало сразу, без каких-либо модификаций! Подобная гибкость характерна для всего проекта `pytest`, и даже если какие-то возможности сегодня в нем отсутствуют, его функциональность всегда можно расширить с помощью плагинов или файлов конфигурации.

Разобравшись, как писать более понятные тестовые сценарии, и научившись использовать возможности утилиты командной строки, механизма отчетов, расширяемости с помощью плагинов, а также различных утилит фреймворка, вы захотите писать все больше и больше тестов, что, несомненно, хорошо во всех отношениях.

Начало работы с pytest

В простейшем виде `pytest` представляет собой утилиту командной строки, которая находит тесты Python и выполняет их. Пользователю не обязательно понимать ее внутреннее устройство, что сильно упрощает начало работы с ней. В этом разделе мы покажем часть основных возможностей фреймворка `pytest`, от написания тестов до размещения файлов (для автоматического обнаружения), и обсудим основные различия между ним и `unittest` — встроенным фреймворком тестирования Python.

Большинство интегрированных сред разработки (IDE), например PyCharm и Visual Studio Code, обладают встроенной поддержкой pytest. Текстовый редактор Vim поддерживается посредством плагина pytest.vim (https://oreil.ly/HowKu). Использование pytest из редактора экономит время и упрощает отладку в случае сбоев, но учтите, что поддерживаются не все возможности и плагины.

Тестирование с помощью pytest

Убедитесь, что `pytest` установлен и доступен для вызова в командной строке:

```
$ python3 -m venv testing
$ source testing/bin/activate
```

Создайте файл `test_basic.py`, он должен выглядеть следующим образом:

```
def test_simple():
    assert True

def test_fails():
    assert False
```

При запуске `pytest` без аргументов должно быть выведено сообщение о пройденном и непройденном тестах:

```
$ (testing) pytest
============================= test session starts ==============================
platform linux -- Python 3.6.8, pytest-4.4.1, py-1.8.0, pluggy-0.9.0
rootdir: /home/alfredo/python/testing
collected 2 items
test_basic.py .F                                                         [100%]
================================= FAILURES =================================
_____________________________ test_fails ______________________________
    def test_fails():
>       assert False
E       assert False
test_basic.py:6: AssertionError
==================== 1 failed, 1 passed in 0.02 seconds ====================
```

Выводимая информация немедленно начинает приносить пользу, показывая, сколько тестов было собрано, сколько пройдено успешно и какой тест не пройден, включая его номер строки.

Выводимая pytest по умолчанию информация полезна, но, возможно, слишком многословна. Управлять количеством выводимой информации можно с помощью настроек, чтобы сократить ее, воспользуйтесь флагом -q.

Создавать класс, включающий тесты, не обязательно — все функции были найдены и выполнены должным образом. В набор тестов могут входить тесты обоих видов, и фреймворк прекрасно работает в подобных условиях.

Макеты и соглашения

При тестировании в Python `pytest` неявно придерживается нескольких соглашений, большинство которых относятся к наименованию и структуре. Например, попробуйте переименовать файл `test_basic.py` в `basic.py` и запустить `pytest`:

```
$ (testing) pytest -q

no tests ran in 0.00 seconds
```

Никаких тестов запущено не было в соответствии с соглашением о том, что названия файлов тестов должны начинаться с `test_`. Если переименовать файл обратно в `test_basic.py`, он будет автоматически обнаружен и тесты будут выполнены.

Макеты и соглашения удобны для автоматического обнаружения тестов. Фреймворк pytest можно настроить на использование других соглашений о наименованиях или для непосредственного выполнения файла с другим названием. Однако удобнее придерживаться соглашений по умолчанию во избежание путаницы, если тесты вдруг не запустятся.

Вот соглашения, которым будет следовать утилита `pytest` при обнаружении тестов.

- Каталог с тестами должен называться `tests`.
- Названия файлов тестов должны начинаться с `test`, например `test_basic.py`, либо заканчиваться на `test.py`.
- Названия функций тестов должны начинаться с `test_`, например `def test-simple():`.
- Названия классов тестов должны начинаться на `Test`, например `class TestSimple`.
- Методы тестов придерживаются тех же соглашений, что и функции, и должны начинаться на `test_`, например, `def test_method(self):`.

А поскольку для автоматического обнаружения и выполнения тестов требуется, чтобы названия начинались на `test_`, можно просто создавать вспомогательные функции и прочий не относящийся непосредственно к тестам код с другими названиями, и они будут исключаться автоматически.

Отличия от unittest

Python изначально включает набор утилит и вспомогательных функций для тестирования, входящих в состав модуля `unittest`. Так что не помешает понимать, чем отличается `pytest` и почему именно его рекомендуется применять.

Модуль `unittest` навязывает использование классов и их наследование. Это не проблема для опытного разработчика, хорошо разбирающегося в объектно-ориентированном программировании и наследовании классов, но для начинающих становится препятствием. Нельзя требовать применения классов и наследования для написания простейших тестов!

В частности, из-за необходимости наследовать от класса `unittest.TestCase` разработчику приходится знать (и помнить) большинство методов-операторов контроля, применяемых для верификации результатов. При использовании `pytest` за все это отвечает одна-единственная вспомогательная функция контроля `assert`.

Вот лишь часть методов-операторов контроля, которые можно задействовать при написании тестов на основе `unittest`. Понять суть некоторых из них несложно, но разобраться с частью прочих весьма непросто:

- `self.assertEqual(a, b)`;
- `self.assertNotEqual(a, b)`;
- `self.assertTrue(x)`;
- `self.assertFalse(x)`;
- `self.assertIs(a, b)`;
- `self.assertIsNot(a, b)`;
- `self.assertIsNone(x)`;
- `self.assertIsNotNone(x)`;
- `self.assertIn(a, b)`;
- `self.assertNotIn(a, b)`;
- `self.assertIsInstance(a, b)`;
- `self.assertNotIsInstance(a, b)`;
- `self.assertRaises(exc, fun, *args, **kwds)`;
- `self.assertRaisesRegex(exc, r, fun, *args, **kwds)`;
- `self.assertWarns(warn, fun, *args, **kwds)`;

- `self.assertWarnsRegex(warn, r, fun, *args, **kwds)`;
- `self.assertLogs(logger, level)`;
- `self.assertMultiLineEqual(a, b)`;
- `self.assertSequenceEqual(a, b)`;
- `self.assertListEqual(a, b)`;
- `self.assertTupleEqual(a, b)`;
- `self.assertSetEqual(a, b)`;
- `self.assertDictEqual(a, b)`;
- `self.assertAlmostEqual(a, b)`;
- `self.assertNotAlmostEqual(a, b)`;
- `self.assertGreater(a, b)`;
- `self.assertGreaterEqual(a, b)`;
- `self.assertLess(a, b)`;
- `self.assertLessEqual(a, b)`;
- `self.assertRegex(s, r)`;
- `self.assertNotRegex(s, r)`;
- `self.assertCountEqual(a, b)`.

`pytest` дает возможность пользоваться исключительно `assert` и не требует применения чего-либо из перечисленного. Более того, он *позволяет* писать тесты с помощью `unittest` и даже выполняет их. Мы настоятельно рекомендуем этого не делать и предлагаем вам задействовать простые операторы `assert`.

Использовать простые операторы `assert` не только удобнее — `pytest` также предоставляет обладающий большими возможностями механизм сравнения для случая непрохождения тестов (больше об этом расскажем в следующем разделе).

Возможности pytest

Помимо упрощения написания и выполнения тестов, фреймворк `pytest` предоставляет множество расширяемых опций, в частности точек подключения. Они позволяют взаимодействовать с внутренними механизмами фреймворка на различных этапах выполнения. Например, можно добавить точку подключения для механизма сбора тестов, чтобы внести изменения в процесс сбора. Еще один

полезный пример — реализация более информативного отчета о том, что тест не пройден.

При разработке API HTTP мы порой обнаруживали отсутствие практической пользы от непрохождения тестов, применяющих HTTP-запросы к приложению: система просто сообщала о срабатывании оператора контроля, поскольку вместо ожидаемого ответа (HTTP 200) была получена ошибка HTTP 500. Мы хотели больше узнать о запросе: к конечной точке с каким URL он производился? Если это был запрос `POST`, включал ли он данные? И если да, то какие? Вся эта информация присутствует в объекте HTTP-ответа, так что мы написали точку подключения, чтобы заглянуть внутрь этого объекта и включить все упомянутые элементы в отчет о том, что тест не пройден.

Точки подключения — продвинутая возможность `pytest`, которая, возможно, вам и не понадобится, однако не помешает понимать, что фреймворк `pytest` достаточно гибок, чтобы удовлетворить самые разные требования. В следующих разделах мы рассмотрим, как расширить возможности этого фреймворка, почему оператор `assert` настолько ценен, как параметризовать тесты с целью сокращения повторов, как создавать вспомогательные функции с помощью фикстур, а также как использовать уже имеющиеся встроенные.

conftest.py

Почти все программное обеспечение позволяет расширять функциональность с помощью плагинов (например, в веб-браузерах они называются *расширениями* (extensions)), и в `pytest` также имеется обладающий большими возможностями API для разработки плагинов. Мы рассмотрим не весь API, а лишь более простой подход — файл `conftest.py`. В нем можно расширять функциональность утилит *совершенно так же, как плагинами*. При этом не нужно знать во всех деталях, как создать отдельный плагин, преобразовать его в пакет и установить. Фреймворк `pytest` загружает файл `conftest.py` (при его наличии) и считывает из него все инструкции. Все происходит автоматически!

Обычно файл `conftest.py` включает точки подключения, фикстуры и вспомогательные функции для последних. Если объявить эти фикстуры в качестве аргументов, можно использовать их внутри тестов (этот процесс описан далее в разделе, посвященном фикстурам).

Фикстуры и вспомогательные функции имеет смысл добавлять в этот файл, если его будут использовать несколько модулей. Если же файл теста только один или фикстура либо точка подключения будет применяться только в одном файле, создавать или использовать файл `conftest.py` смысла нет. Фикстуры

и вспомогательные функции можно описать в том же файле, что и тест, они будут вести себя точно так же.

Единственное условие для загрузки файла `conftest.py`: он должен находиться в каталоге `tests` и называться именно так. Кроме того, хотя название можно менять в настройках, мы не рекомендуем это делать и советуем вам во избежание возможных проблем придерживаться принятых по умолчанию соглашений о наименованиях.

Этот замечательный оператор assert

Когда мы хотим рассказать о том, насколько замечателен инструментарий `pytest`, то начинаем с важнейших вариантов использования оператора `assert`. «За кулисами» фреймворк `pytest` просматривает объекты и предоставляет механизм сравнения, чтобы лучше описать ошибки. Разработчики обычно не хотят задействовать эти возможности, поскольку простой оператор `assert` в Python очень плохо описывает ошибки. Сравним для примера две длинные строки:

```
>>> assert "using assert for errors" == "using asert for errors"
Traceback (most recent call last):
  File "<stdin>", line 1, in <module>
AssertionError
```

Чем они различаются? Трудно ответить на этот вопрос, если долго в них не всматриваться. Поэтому многие и не рекомендуют его использовать. Маленький тест демонстрирует, насколько иначе сообщает об ошибках `pytest`:

```
$ (testing) pytest test_long_lines.py
============================= test session starts ==============================
platform linux -- Python 3.6.8, pytest-4.4.1, py-1.8.0, pluggy-0.9.0
collected 1 item
test_long_lines.py F                                                     [100%]
================================== FAILURES ===================================
_____________________________ test_long_lines ______________________________
    def test_long_lines():
>       assert "using assert for errors" == "using asert for errors"
E       AssertionError: assert '...rt for errors' == '...rt for errors'
E         - using assert for errors
E         ?        -
E         + using asert for errors
test_long_lines.py:2: AssertionError
========================== 1 failed in 0.04 seconds ===========================
```

Можете ли вы теперь сказать, в чем различие? *Намного легче*. `pytest` не только сообщает, что контроль не пройден, но и указывает точно, *где* найдено расхождение. Этот пример — всего лишь простой оператор контроля для длинных строк,

но фреймворк `pytest` может без проблем работать и с другими структурами данных, например со списками и ассоциативными массивами. Приходилось ли вам сравнивать в тестах очень длинные списки? Вот небольшой фрагмент кода с длинными списками:

```
    assert ['a', 'very', 'long', 'list', 'of', 'items'] == [
            'a', 'very', 'long', 'list', 'items']
E   AssertionError: assert [...'of', 'items'] == [...ist', 'items']
E     At index 4 diff: 'of' != 'items'
E     Left contains more items, first extra item: 'items'
E     Use -v to get the full diff
```

Проинформировав пользователя о том, что тест не пройден, фреймворк точно указывает позицию элемента (индекс 4, то есть пятый элемент) и сообщает, что в одном из списков на один элемент больше. Без такого уровня диагностики отладка занимала бы очень много времени. Еще одно достоинство такого отчета — по умолчанию очень длинные элементы опускаются при сравнении, так что выводится только имеющая отношение к делу порция информации. В конце концов, нам хочется знать не только что списки (или другие структуры данных) различаются, но и *в каком именно месте*.

Параметризация

Параметризация — одна из возможностей, разобраться в которой непросто, поскольку в `unittest` она отсутствует и имеется только в фреймворке `pytest`. Но все станет понятно, когда вам придется писать очень похожие тесты, исследующие одно и то же, но с небольшими различиями во входных данных. Возьмем для примера класс для тестирования функции, которая должна возвращать `True`, если переданное ей строковое значение описывает истину:

```
from my_module import string_to_bool

class TestStringToBool(object):

    def test_it_detects_lowercase_yes(self):
        assert string_to_bool('yes')

    def test_it_detects_odd_case_yes(self):
        assert string_to_bool('YeS')

    def test_it_detects_uppercase_yes(self):
        assert string_to_bool('YES')

    def test_it_detects_positive_str_integers(self):
        assert string_to_bool('1')

    def test_it_detects_true(self):
        assert string_to_bool('true')
```

```
    def test_it_detects_true_with_trailing_spaces(self):
        assert string_to_bool('true ')

    def test_it_detects_true_with_leading_spaces(self):
        assert string_to_bool(' true')
```

Видите, как все эти тесты вычисляют один и тот же результат на основе схожих входных данных? Именно в подобных случаях для группировки всех этих значений и передачи их в тест и пригодится параметризация — она позволяет свести все эти тесты к одному:

```
import pytest
from my_module import string_to_bool

true_values = ['yes', '1', 'Yes', 'TRUE', 'TruE', 'True', 'true']

class TestStrToBool(object):

    @pytest.mark.parametrize('value', true_values)
    def test_it_detects_truish_strings(self, value)
        assert string_to_bool(value)
```

Здесь происходит несколько вещей. Вначале, чтобы использовать модуль `pytest.mark.parametrize`, импортируется `pytest` (фреймворк), далее описываются `true_values` в виде переменной (списка) со всеми значениями, которые должны давать один результат, и, наконец, все тестовые методы заменяются одним, в котором применяется декоратор `parametrize`, объявляющий два аргумента. Первый представляет собой строку `value`, а второй — название ранее объявленного списка. Выглядит это немного странно, но, по существу, просто указывает фреймворку, что в качестве аргумента в тестовом методе необходимо использовать название `value`. Именно отсюда и берется аргумент `value`!

И хотя при запуске выводится довольно много информации, но в ней четко показано, какие значения передаются. Выглядит все практически как один тест, клонированный для каждого из переданных значений:

```
test_long_lines.py::TestLongLines::test_detects_truish_strings[yes] PASSED
test_long_lines.py::TestLongLines::test_detects_truish_strings[1] PASSED
test_long_lines.py::TestLongLines::test_detects_truish_strings[Yes] PASSED
test_long_lines.py::TestLongLines::test_detects_truish_strings[TRUE] PASSED
test_long_lines.py::TestLongLines::test_detects_truish_strings[TruE] PASSED
test_long_lines.py::TestLongLines::test_detects_truish_strings[True] PASSED
test_long_lines.py::TestLongLines::test_detects_truish_strings[true] PASSED
```

При этом в квадратных скобках выводятся значения, используемые на каждой из итераций *одного и того же теста*. Благодаря `parametrize` довольно обширный класс теста сокращается до одного тестового метода. Когда в следующий раз вы

столкнетесь с необходимостью писать очень похожие тесты для контроля одного и того же исхода при различных входных данных, вы будете знать, что можно облегчить себе работу с помощью декоратора `parametrize`.

Фикстуры

Фикстуры фреймворка `pytest` (https://oreil.ly/gPoM5) — своего рода маленькие вспомогательные функции, внедряемые в тест. Вне зависимости от того, пишете вы отдельную тестовую функцию или набор тестовых методов, фикстуры можно использовать одинаково. Если не планируется применять их в других тестовых файлах, вполне можно объявлять их в одном, в противном случае их можно объявить в файле `conftest.py`. Фикстуры, как и вспомогательные функции, могут быть всем необходимым для теста, от простых заранее создаваемых структур данных до более сложных, например базы данных для веб-приложения.

Для этих вспомогательных функций существует понятие *области видимости* (scope). Они могут включать специальный код очистки для каждого тестового метода, класса и модуля или, возможно, даже для всего тестового сеанса. Описывая их в тестовом методе (или тестовой функции), вы, по сути, внедряете фикстуру во время выполнения. Если это не совсем понятно, вы все поймете по мере изучения примеров в следующих разделах.

Приступим

Описывать и использовать фикстуры так просто, что часто ими злоупотребляют. Мы знаем это, поскольку сами создали немало тех, которые могли бы быть простыми вспомогательными методами! Как мы уже упоминали, сценариев применения фикстур очень много — от простых структур данных до более сложных, например настройки целых баз данных для отдельного теста.

Недавно Альфредо пришлось тестировать маленькое приложение, предназначенное для синтаксического разбора конкретного файла — *файла keyring* (содержащего набор ключей). Его структура напоминает INI-файл, он включает значения, которые должны быть уникальными и соответствовать определенному формату. Воссоздавать структуру этого файла для каждого теста было бы очень утомительно, так что он создал фикстуру. Вот как выглядел файл `keyring`:

```
[mon.]
    key = AQBvaBFZAAAAABAA9VHgwCg3rWn8fMaX8KL01A==
    caps mon = "allow *"
```

Фикстурой служила функция, возвращающая содержимое файла с набором ключей. Создадим новый файл `test_keyring.py`, включающий фикстуру и маленькую тестовую функцию для проверки ключа по умолчанию:

```
import pytest
import random

@pytest.fixture
def mon_keyring():
    def make_keyring(default=False):
        if default:
            key = "AQBvaBFZAAAAABAA9VHgwCg3rWn8fMaX8KL01A=="
        else:
            key = "%032x==" % random.getrandbits(128)
        return """
    [mon.]
        key = %s
            caps mon = "allow *"
        """ % key
    return make_keyring

def test_default_key(mon_keyring):
    contents = mon_keyring(default=True)
    assert "AQBvaBFZAAAAABAA9VHgwCg3rWn8fMaX8KL01A==" in contents
```

Фикстура задействует вложенную функцию, выполняющую основную работу, позволяя использовать значение ключа *по умолчанию* либо вернуть вложенную функцию, если вызывающей стороне нужен случайный ключ. Внутри теста мы получаем фикстуру путем объявления ее частью аргумента тестовой функции (в данном случае `mon_keyring`) и вызываем фикстуру с параметром `default=True`, используя ключ по умолчанию, после чего проверяем, было ли сгенерировано то, что ожидалось.

На практике сгенерированное содержимое передавалось бы средству синтаксического разбора, чтобы гарантировать ожидаемое поведение после разбора и отсутствие ошибок в его ходе.

Предназначенный для промышленной эксплуатации код, использующий эту фикстуру, постепенно начал выполнять и другие виды тестирования, и в какой-то момент тест должен был проверять, может ли средство синтаксического разбора обрабатывать файлы при различных условиях. Фикстура возвращала строку, так что необходимо было расширить ее функциональность. Существующие тесты уже использовали фикстуру `mon_keyring`, поэтому, чтобы расширить функциональность, не затрагивая существующую фикстуру, была создана новая, использующая возможности фреймворка. Фикстуры могут *обращаться*

к другим фикстурам! Необходимо описать требуемую фикстуру как аргумент (аналогично тестовой функции или тестовому методу), чтобы фреймворк внедрял ее при выполнении.

Вот как выглядит новая фикстура, создающая (и возвращающая) файл:

```
@pytest.fixture
def keyring_file(mon_keyring, tmpdir):
    def generate_file(default=False):
        keyring = tmpdir.join('keyring')
        keyring.write_text(mon_keyring(default=default))
        return keyring.strpath
    return generate_file
```

Пройдем по этому коду строка за строкой. Декоратор `pytest.fixture` сообщает фреймворку, что данная функция является фикстурой, далее описывается собственно фикстура с *двумя фикстурами*, `mon_keyring` и `tmpdir`, в качестве аргументов. Первую из них мы создали ранее в файле `test_keyring.py`, а вторая — встроенная фикстура из фреймворка `pytest` (больше о встроенных фикстурах вы узнаете в следующем разделе). Фикстура `tmpdir` позволяет использовать временный каталог, удаляемый по завершении теста, далее создается файл `keyring` и записывается текст, сгенерированный фикстурой `mon_keyring` с аргументом `default`. Наконец, она возвращает абсолютный путь созданного файла для использования тестом.

Вот как тестовая функция могла бы использовать эту фикстуру:

```
def test_keyring_file_contents(keyring_file):
    keyring_path = keyring_file(default=True)
    with open(keyring_path) as fp:
        contents = fp.read()
    assert "AQBvaBFZAAAAABAA9VHgwCg3rWn8fMaX8KL01A==" in contents
```

Теперь вы уже хорошо представляете себе, что такое фикстуры, где их можно описать и как использовать в тестах. В следующем разделе рассмотрим некоторые из наиболее удобных встроенных фикстур, входящих в состав фреймворка `pytest`.

Встроенные фикстуры

В предыдущем разделе мы вкратце упомянули одну из множества встроенных фикстур, доступных в `pytest`, — фикстуру `tmpdir`. В этом фреймворке есть еще много фикстур. Полный список доступных фикстур можно просмотреть с помощью следующей команды:

```
$ (testing) pytest  -q --fixtures
```

Особенно часто мы используем две фикстуры, упомянутые в списке, выводимом предыдущей командой, — `monkeypatch` и `capsys`. Вот краткое их описание, которое вы увидите в терминале:

```
capsys
    enables capturing of writes to sys.stdout/sys.stderr and makes
    captured output available via ``capsys.readouterr()`` method calls
    which return a ``(out, err)`` tuple.
monkeypatch
    The returned ``monkeypatch`` funcarg provides these
    helper methods to modify objects, dictionaries or os.environ::

    monkeypatch.setattr(obj, name, value, raising=True)
    monkeypatch.delattr(obj, name, raising=True)
    monkeypatch.setitem(mapping, name, value)
    monkeypatch.delitem(obj, name, raising=True)
    monkeypatch.setenv(name, value, prepend=False)
    monkeypatch.delenv(name, value, raising=True)
    monkeypatch.syspath_prepend(path)
    monkeypatch.chdir(path)

    All modifications will be undone after the requesting
    test function has finished. The ``raising``
    parameter determines if a KeyError or AttributeError
    will be raised if the set/deletion operation has no target.
```

Фикстура `capsys` захватывает всю информацию, выводимую в ходе теста в потоки `stdout` и `stderr`. Пытались ли вы когда-нибудь проверить, что выводит какая-либо команда в консоль или журнал при модульном тестировании? Реализовать это правильно весьма непросто и иногда требует отдельного плагина или библиотеки для внесения временных изменений (патчинга) во внутреннее содержание Python и его последующего изучения.

Вот две тестовые функции для проверки информации, выведенной в потоки `stdout` и `stderr` соответственно:

```
import sys

def stderr_logging():
    sys.stderr.write('stderr output being produced')

def stdout_logging():
    sys.stdout.write('stdout output being produced')

def test_verify_stderr(capsys):
    stderr_logging()
    out, err = capsys.readouterr()
    assert out == ''
    assert err == 'stderr output being produced'
```

```
def test_verify_stdout(capsys):
    stdout_logging()
    out, err = capsys.readouterr()
    assert out == 'stdout output being produced'
    assert err == ''
```

Фикстура `capsys` выполняет весь патчинг, настройки и вспомогательные операции по извлечению информации, выведенной в потоки `stdout` и `stderr` в ходе теста. Содержимое очищается для каждого нового теста, гарантируя тем самым заполнение переменных правильными значениями.

Но чаще всего, наверное, мы используем фикстуру `monkeypatch`. При тестировании встречаются ситуации, когда мы не можем похвастаться контролем над тестируемым кодом, и, чтобы добиться конкретного поведения модуля или функции, необходим патчинг. В экосистеме Python существует немало библиотек для патчинга и имитационного моделирования (*имитационные объекты* (mocks) — это вспомогательные функции, предназначенные для задания поведения пропатченных объектов), но `monkeypatch` достаточно хороша для того, чтобы вам не нужно было устанавливать отдельную библиотеку.

Следующая функция выполняет системную команду для захвата информации с устройства, после чего производит синтаксический разбор полученного и возвращает свойство (сообщаемое командой `blkid ID_PART_ENTRY_TYPE`):

```
import subprocess

def get_part_entry_type(device):
    """
    Производит синтаксический разбор ``ID_PART_ENTRY_TYPE`` из "низкоуровневых"
    выходных данных (игнорирует кэш) с типом выходных данных ``udev``.
    """
    stdout = subprocess.check_output(['blkid', '-p', '-o', 'udev', device])
    for line in stdout.split('\n'):
        if 'ID_PART_ENTRY_TYPE=' in line:
            return line.split('=')[-1].strip()
    return ''
```

Чтобы протестировать ее, задайте желаемое поведение в атрибуте `check_output` модуля `subprocess`. Вот как выглядит тестовая функция, использующая фикстуру `monkeypatch`:

```
def test_parses_id_entry_type(monkeypatch):
    monkeypatch.setattr(
        'subprocess.check_output',
        lambda cmd: '\nID_PART_ENTRY_TYPE=aaaaa')
    assert get_part_entry_type('/dev/sda') == 'aaaa'
```

Вызов `setattr` *устанавливает атрибут* пропатченного вызываемого объекта (в данном случае `check_output`). Патч состоит из лямбда-функции, возвращающей одну интересную строку. Поскольку функция `subprocess.check_output` нам напрямую неподвластна, а функция `get_part_entry_type` не позволяет внедрять значения каким-то другим способом, единственный вариант — патчинг.

Мы предпочитаем пробовать другие методики, например внедрение значений (известное под названием *«внедрение зависимостей»* (dependency injection)), прежде чем использовать патч, но иногда другого выхода нет. Удобство `pytest` во многом и состоит в том, что она может выполнять патчинг при тестировании, а потом освобождать все ресурсы.

Инфраструктурное тестирование

В этом разделе мы расскажем о тестировании и проверке инфраструктуры с помощью проекта Testinfra (https://oreil.ly/e7Afx) — плагина `pytest` для инфраструктуры, активно использующего фикстуры, с помощью которого можно писать тесты Python аналогично тестированию кода.

В предыдущих разделах приводились некоторые подробности использования и примеры `pytest`, а этот раздел начнем с понятия верификации на системном уровне. Мы расскажем о тестировании инфраструктуры в контексте ответа на вопрос: *«Как выяснить, было ли развертывание успешным?»* В большинстве случаев для ответа на него требуются производимые вручную проверки, например загрузка веб-сайта или просмотр списка процессов, но этого недостаточно и это чревато ошибками, к тому же может оказаться весьма утомительным при значительных размерах системы.

И хотя с `pytest` обычно знакомятся как со средством для написания и выполнения модульных тестов Python, имеет смысл перепрофилировать его для тестирования инфраструктуры. Несколько лет назад Альфредо дали задание создать программу установки, возможности которой были бы доступны через HTTP API. Она была предназначена для создания кластера Ceph (https://ceph.com), включающего довольно большое количество машин. В ходе контроля качества введения этого API в эксплуатацию Альфредо нередко получал отчеты о том, что кластер работает не так, как нужно, так что ему приходилось использовать учетные данные для входа на эти машины и их тщательного изучения. При отладке распределенной системы из нескольких машин возникал мультипликативный эффект: несколько файлов конфигурации, различные жесткие диски, сетевые настройки, причем различаться могло все что угодно, даже если на первый взгляд все было идентично.

При каждой отладке этих систем список того, что нужно проверить, у Альфредо все рос и рос. Одинакова ли конфигурация на всех серверах? Права доступа такие, как ожидалось? Существует ли какой-то конкретный пользователь? В конце концов он забывал что-нибудь и тратил время на выяснение того, что он забыл. Совершенно нерациональный процесс. *Можно ли написать простые тестовые сценарии для тестирования кластера?* Для проверки отдельных пунктов списка Альфредо написал несколько простых тестов, которые выполнял на составляющих кластер машинах. Не успел он опомниться, как собрал неплохой набор тестов для выявления всех возможных проблем, выполнение которого занимало всего несколько секунд.

Это было настоящее откровение в смысле усовершенствования процесса поставки. Альфредо даже мог выполнять эти функциональные тесты во время разработки программы установки и находить потенциальные проблемы. Если же какие-то проблемы обнаруживала группа контроля качества, он мог запустить эти же тесты в их системе. Иногда тесты выявляли проблемы со средой: диск был испорчен, в результате чего развертывание завершалось неудачей, или проблемы вызывал неудаленный файл конфигурации из другого кластера. Автоматизация, мелкомодульные тесты и возможность их выполнять зачастую повышает качество работы и снижает нагрузку на команду контроля качества.

В проекте TestInfra есть самые разнообразные фикстуры для эффективного тестирования систем, он включает полный набор прикладных частей для подключения к серверам вне зависимости от типа развертывания: Ansible, Docker, SSH и Kubernetes — все они входят в число поддерживаемых подключений. Благодаря поддержке множества различных прикладных частей для подключения можно выполнять один и тот же набор тестов вне зависимости от изменений инфраструктуры.

В следующих разделах мы рассмотрим различные прикладные части и примеры реальных проектов.

Что такое проверка системы

Проверка системы может выполняться на различных уровнях (с помощью систем мониторинга и оповещения) и на разных этапах жизненного цикла приложения, например во время развертывания, выполнения или разработки. Приложение, которое Альфредо недавно ввел в промышленную эксплуатацию, должно было корректно обрабатывать клиентские подключения без каких-либо разрывов даже при перезапуске. Чтобы выдержать требуемый объем трафика, в приложении использовалась балансировка нагрузки: при сильной нагрузке

на систему новые соединения перенаправлялись на другие, менее загруженные серверы.

При развертывании новой версии приложение необходимо было *перезапустить*. Перезапуск означал для клиентов в лучшем случае, что приложение будет вести себя странно, а то и работать откровенно плохо. Во избежание этого процесс перезапуска ждал завершения всех клиентских соединений, система отказывала клиентам в новых соединениях, чтобы можно было завершить операции с имеющимися клиентами, а остальная часть системы брала на себя работу. А когда не оставалось активных соединений, развертывание продолжалось и сервисы останавливались для включения нового кода.

На каждом этапе этого процесса выполнялась проверка: до того, как средство развертывания указывает балансировщику прекратить отправку заданий от новых клиентов, и позднее, чтобы убедиться в отсутствии активных клиентов. Если превратить этот технологический процесс в тест, то описание его могло быть примерно следующим: *убедиться, что в настоящий момент никакие клиенты не работают*. После внесения нового кода нужно еще убедиться, что балансировщик подтвердил готовность сервера к работе. Еще один возможный тест: *балансировщик считает сервер активным*. Наконец, необходимо удостовериться, что сервер получает новые клиентские соединения, — еще один тест, который нужно написать!

Из этих шагов, для которых можно написать соответствующие тесты, и состоит верификация подобного технологического процесса.

Мониторинг общего рабочего состояния сервера (или серверов в кластерной среде) также может относиться к проверке системы либо может быть составной частью непрерывной интеграции при разработке приложения и функциональном тестировании. К этим ситуациям, а равно и к любым другим, в которых может оказаться полезна верификация состояния, отлично применимы базовые идеи проверки. Их не следует использовать исключительно для тестирования, хотя для начала это и неплохо!

Введение в Testinfra

Написание модульных тестов для тестирования инфраструктуры — замечательная идея, и из нашего более чем годичного опыта работы с проектом Testinfra мы можем сделать вывод, что он позволил улучшить качество приложений, которые мы поставляли для промышленной эксплуатации. В следующих разделах обсудим различные подробности, в частности подключение к разным узлам и выполнение проверочных тестов, а также поговорим о доступных типах фикстур.

Создайте новую виртуальную среду и установите `pytest`:

```
$ python3 -m venv validation
$ source testing/bin/activate
(validation) $ pip install pytest
```

Установите `testinfra` версии `2.1.0`:

```
(validation) $ pip install "testinfra==2.1.0"
```

Фикстуры pytest предоставляют всю тестовую функциональность проекта Testinfra. Чтобы извлечь пользу из этого раздела, вам необходимо знать, как они работают.

Подключение к удаленным узлам

Поскольку существуют различные типы соединений прикладных частей, то, если соединение не указано непосредственно, Testinfra использует определенные типы по умолчанию. Лучше указывать тип соединения явным образом в командной строке.

Вот список поддерживаемых Testinfra соединений:

- локальное;
- Paramiko (SSH-реализация на Python);
- Docker;
- SSH;
- Salt;
- Ansible;
- Kubernetes (через утилиту командной строки `kubectl`);
- WinRM;
- LXC.

В меню справки `pytest` можно найти раздел `testinfra` с пояснениями по поводу имеющихся флагов. Это очень удобная возможность, которая обязана своим возникновением фреймворку `pytest` и его интеграции с Testinfra. Справку по обоим проектам можно получить с помощью одной и той же команды:

```
(validation) $ pytest --help
...

testinfra:
  --connection=CONNECTION
                        Remote connection backend (paramiko, ssh, safe-ssh,
                        salt, docker, ansible)
  --hosts=HOSTS         Hosts list (comma separated)
  --ssh-config=SSH_CONFIG
                        SSH config file
  --ssh-identity-file=SSH_IDENTITY_FILE
                        SSH identify file
  --sudo                Use sudo
  --sudo-user=SUDO_USER
                        sudo user
  --ansible-inventory=ANSIBLE_INVENTORY
                        Ansible inventory file
  --nagios              Nagios plugin
```

Пусть даны два работающих сервера. Чтобы продемонстрировать опции соединений, проверим, работает ли на них CentOS 7, заглянув для этого в файл `/etc/os-release`. Вот как выглядит соответствующая тестовая функция (сохранена в файле `test_remote.py`):

```
def test_release_file(host):
    release_file = host.file("/etc/os-release")
    assert release_file.contains('CentOS')
    assert release_file.contains('VERSION="7 (Core)"')
```

Это отдельная тестовая функция, которая принимает на входе фикстуру `host` и выполняется для всех указанных узлов.

Флаг `--hosts` позволяет указать список серверов со схемами соединения (например, в случае SSH — `ssh://имя_хоста`), допустимы также некоторые варианты с подстановками. Передавать в командной строке удаленные серверы неудобно, если тестировать за раз более чем один-два. Вот как выглядит тестирование двух серверов с помощью SSH:

```
(validation) $ pytest -v --hosts='ssh://node1,ssh://node2' test_remote.py
============================= test session starts ==============================
platform linux -- Python 3.6.8, pytest-4.4.1, py-1.8.0, pluggy-0.9.0
cachedir: .pytest_cache
rootdir: /home/alfredo/python/python-devops/samples/chapter16
plugins: testinfra-3.0.0, xdist-1.28.0, forked-1.0.2
collected 2 items

test_remote.py::test_release_file[ssh://node1] PASSED                    [ 50%]
test_remote.py::test_release_file[ssh://node2] PASSED                    [100%]
========================== 2 passed in 3.82 seconds ===========================
```

Выводимая при повышенном уровне детализации (флаг `-v`) информация демонстрирует, что Testinfra выполняет одну тестовую функцию для двух указанных в спецификации вызова серверов.

При настройке серверов важно обеспечить возможность соединения без пароля. Никаких запросов паролей быть не должно, а при использовании SSH желательно применять конфигурацию на основе ключей.

При автоматизации подобных тестов (в качестве части задания в системе непрерывной интеграции, например) удобно генерировать серверы, определяя тип подключения и любые специальные инструкции. Testinfra может читать информацию о том, к каким серверам подключиться, из файла конфигурации SSH. При предыдущем запуске теста для создания этих серверов со специальными ключами и настройками соединений использовался Vagrant (https://www.vagrantup.com). Он может генерировать специализированные файлы конфигурации SSH для создаваемых им серверов:

```
(validation) $ vagrant ssh-config
Host node1
  HostName 127.0.0.1
  User vagrant
  Port 2200
  UserKnownHostsFile /dev/null
  StrictHostKeyChecking no
  PasswordAuthentication no
  IdentityFile /home/alfredo/.vagrant.d/insecure_private_key
  IdentitiesOnly yes
  LogLevel FATAL

Host node2
  HostName 127.0.0.1
  User vagrant
  Port 2222
  UserKnownHostsFile /dev/null
  StrictHostKeyChecking no
  PasswordAuthentication no
  IdentityFile /home/alfredo/.vagrant.d/insecure_private_key
  IdentitiesOnly yes
  LogLevel FATAL
```

Экспорт выводимого содержимого в файл с последующей передачей его в Testinfra обеспечивает бóльшую гибкость, если серверов несколько:

```
(validation) $ vagrant ssh-config > ssh-config
(validation) $ pytest --hosts=default --ssh-config=ssh-config test_remote.py
```

Благодаря использованию флага `--hosts=default` можно не указывать серверы непосредственно в командной строке и читать их из конфигурации SSH. Даже без Vagrant применять конфигурацию SSH удобно при подключении к большому числу серверов с конкретными инструкциями.

Еще один вариант в случае, если узлы локальные, с доступом по SSH, или контейнеры Docker, — Ansible (https://www.ansible.com). Для тестирования полезным окажется реестр хостов (подобный конфигурации SSH) с группировкой их по различным разделам. Можно также создавать группы хостов для выбора отдельных хостов для тестирования, вместо того чтобы тестировать сразу все.

Файл такого реестра (под названием `hosts`) для `node1` и `node2` из предыдущего примера выглядит так:

```
[all]
node1
node2
```

Если выполнять для всех хостов, команда меняется на следующую:

```
$ pytest --connection=ansible --ansible-inventory=hosts test_remote.py
```

Можно описать в реестре и отдельную группу, если требуется исключить какие-либо хосты из тестирования. Если оба наших узла представляют собой веб-серверы и входят в группу `nginx`, можно протестировать только эту группу с помощью следующей команды:

```
$ pytest --hosts='ansible://nginx' --connection=ansible \
  --ansible-inventory=hosts test_remote.py
```

Для множества системных команд необходимы полномочия суперпользователя. Testinfra позволяет указывать флаг --sudo или --sudo-user для повышения полномочий. Флаг --sudo заставляет движок задействовать sudo при выполнении команд, а флаг --sudo-user позволяет выполнять команду от имени другого пользователя, с более высокими полномочиями. Можно применять и фикстуру напрямую.

Фикстуры и особые фикстуры

Может показаться, что до сих пор для проверки наличия файлов и их содержимого в наших примерах использовалась только фикстура `host`. Однако такое впечатление обманчиво. Фикстура `host` включает в себя все прочие фикстуры

проекта Testinfra, обладающие широкими возможностями. Это значит, что в нашем примере задействована фикстура `host.file`, имеющая много дополнительных возможностей. Можно использовать ее и напрямую:

```
In [1]: import testinfra

In [2]: host = testinfra.get_host('local://')

In [3]: node_file = host.file('/tmp')

In [4]: node_file.is_directory
Out[4]: True

In [5]: node_file.user
Out[5]: 'root'
```

Всеобъемлющая фикстура `host` использует обширный API проекта Testinfra, загружающий все возможности для каждого хоста, к которому подключается. Идея состоит в написании одного теста, применяемого для тестирования различных узлов, причем все — на основе одной и той же фикстуры `host`.

Аргументов у фикстуры `host` несколько десятков (https://oreil.ly/2_J-o). Вот некоторые чаще всего используемые.

- `host.ansible` — предоставляет полный доступ ко всем свойствам Ansible во время выполнения, например к хостам, реестру и переменным.
- `host.addr` — сетевые утилиты, такие как проверки IPV4 и IPV6, проверки доступности и разрешимости хоста.
- `host.docker` — прокси для API Docker для взаимодействия с контейнерами и проверки того, запущены ли они.
- `host.interface` — вспомогательные функции для получения адресов для заданного интерфейса.
- `host.iptables` — вспомогательные функции для верификации правил брандмауэра `host.iptables`.
- `host.mount_point` — проверка точек монтирования, типов файловой системы в путях и вариантов монтирования.
- `host.package` — удобна для выяснения того, установлен ли конкретный пакет, и если да, то какая версия.
- `host.process` — проверка запущенных процессов.
- `host.sudo` — позволяет выполнять команды с модификатором `sudo` или от имени другого пользователя.

- `host.system_info` — разнообразные виды метаданных системы, например версия дистрибутива, выпуск и его кодовое наименование.
- `host.check_output` — выполняет системную команду, проверяя выводимую ею информацию в случае успешного выполнения, может применяться в сочетании с `host.sudo`.
- `host.run` — выполняет системную команду, позволяя проверять код возврата, `host.stderr` и `host.stdout`.
- `host.run_expect` — проверяет, соответствует ли код возврата ожидаемому.

Примеры

Самое естественное начало разработки проверочных тестов — во время создания самой системы развертывания. Как и при реализации методологии *разработки через тестирование* (Test Driven Development, TDD), любое усовершенствование требует нового теста. Для этого раздела вам понадобится установить веб-сервер и запустить его на порте 80 для выдачи статической стартовой страницы. По мере достижения прогресса мы будем добавлять новые тесты. Неотъемлемой составляющей написания тестов является осознание сбоев, так что смоделируем несколько проблем, на примере которых будем разбираться, что нужно исправить.

На свежем сервере Ubuntu начните с установки пакета Nginx:

```
$ apt install nginx
```

Создайте новый файл теста `test_webserver.py`, в который мы будем постепенно добавлять тесты:

```
def test_nginx_is_installed(host):
    assert host.package('nginx').is_installed
```

Сделаем вывод `pytest` лаконичнее с помощью флага `-q`, чтобы сосредоточить свое внимание на сбоях. Удаленный сервер называется `node4`, для подключения к нему используется SSH. Вот команда для запуска первого теста:

```
(validate) $ pytest -q --hosts='ssh://node4' test_webserver.py
.
1 passed in 1.44 seconds
```

Явный прогресс! Необходимо, чтобы веб-сервер был запущен и работал, так что добавляем новый тест для проверки этого поведения:

```
def test_nginx_is_running(host):
    assert host.service('nginx').is_running
```

Повторный запуск теста, *казалось бы*, должен опять пройти успешно:

```
(validate) $ pytest -q --hosts='ssh://node4' test_webserver.py
.F
================================ FAILURES ================================
_____________________ test_nginx_is_running[ssh://node4] _____________________

host = <testinfra.host.Host object at 0x7f629bf1d668>

    def test_nginx_is_running(host):
>       assert host.service('nginx').is_running
E       AssertionError: assert False
E        +  where False = <service nginx>.is_running
E        +    where <service nginx> = <class 'SystemdService'>('nginx')

test_webserver.py:7: AssertionError
1 failed, 1 passed in 2.45 seconds
```

Некоторые дистрибутивы Linux не разрешают пакетам запускать сервисы при установке. Более того, тест обнаружил, что сервис Nginx не запущен, как сообщает `systemd` (сервис по умолчанию для работы с юнитами). Если запустить Nginx вручную и выполнить тест еще раз, он снова должен пройти успешно:

```
(validate) $ systemctl start nginx
(validate) $ pytest -q --hosts='ssh://node4' test_webserver.py
..
2 passed in 2.38 seconds
```

Как упоминалось в начале раздела, веб-сервер должен выдавать статическую стартовую страницу на порте 80. Следующий шаг — добавление еще одного теста (в тот же файл `test_webserver.py`) для проверки порта:

```
def test_nginx_listens_on_port_80(host):
    assert host.socket("tcp://0.0.0.0:80").is_listening
```

Этот тест несколько сложнее, так что имеет смысл обратить внимание на некоторые его нюансы. По умолчанию он проверяет TCP-соединения на порте 80 для *всех IP-адресов данного сервера*. Хотя для текущего теста никакой разницы нет, но, если у сервера есть несколько интерфейсов и он настроен на привязку к конкретному адресу, значит, нужно добавить еще один тест. Добавление еще одного теста для проверки прослушивания на порте 80 на конкретном IP-адресе может показаться перебором, но если задуматься о выводимом тестом отчете, станет ясно, что из него будет понятнее, что происходит.

1. Тест, проверяющий, что `nginx` прослушивает на порте 80: ПРОЙДЕН.
2. Тест, проверяющий, что `nginx` прослушивает по адресу 192.168.0.2 на порте 80: *не пройден*.

Из этого видно, что Nginx привязывается к порту 80, просто *не к тому интерфейсу, который нужен*. Дополнительный тест в данном случае — прекрасный способ улучшить детализацию за счет увеличения объема выводимой информации.

Запустим только что добавленный тест:

```
(validate) $ pytest -q --hosts='ssh://node4' test_webserver.py
..F
================================= FAILURES =================================
_________________ test_nginx_listens_on_port_80[ssh://node4] _________________

host = <testinfra.host.Host object at 0x7fbaa64f26a0>

    def test_nginx_listens_on_port_80(host):
>       assert host.socket("tcp://0.0.0.0:80").is_listening
E       AssertionError: assert False
E        +  where False = <socket tcp://0.0.0.0:80>.is_listening
E        +    where <socket tcp://0.0.0.0:80> = <class 'LinuxSocketSS'>

test_webserver.py:11: AssertionError
1 failed, 2 passed in 2.98 seconds
```

Ни на одном IP-адресе не производилось прослушивание на порте 80. Из конфигурации Nginx становится ясно, что он был настроен на прослушивание на порте 8080 с помощью инструкции настройки порта в сайте по умолчанию:

```
(validate) $ grep "listen 8080" /etc/nginx/sites-available/default
    listen 8080 default_server;
```

После изменения на порт 80 и перезапуска сервиса `nginx` тест снова проходит успешно:

```
(validate) $ grep "listen 80" /etc/nginx/sites-available/default
    listen 80 default_server;
(validate) $ systemctl restart nginx
(validate) $ pytest -q --hosts='ssh://node4' test_webserver.py
...
3 passed in 2.92 seconds
```

А поскольку встроенной фикстуры для обработки HTTP-запросов к конкретному адресу не существует, последний тест извлекает контент запущенного вебсайта с помощью утилиты `wget` и выполняет операторы контроля результатов, чтобы убедиться в правильной визуализации статического сайта:

```
def test_get_content_from_site(host):
    output = host.check_output('wget -qO- 0.0.0.0:80')
    assert 'Welcome to nginx' in output
```

Выполняем `test_webserver.py` еще раз и убеждаемся, что все наши предположения верны:

```
(validate) $ pytest -q --hosts='ssh://node4' test_webserver.py
....
4 passed in 3.29 seconds
```

Поняв идеи тестирования на Python и переориентировав их для проверки системы, можно добиться очень многого. Автоматизация запуска тестов в ходе разработки приложений или даже написания и выполнения тестов для существующей инфраструктуры — два прекрасных способа упростить рутинные операции, которые могут вызвать ошибки. `pytest` и Testinfra — отличные проекты, начать использовать их очень просто, к тому же при необходимости они легко расширяются. Тестирование — способ по-настоящему прокачать свои навыки.

Тестирование блокнотов Jupyter с помощью pytest

Один из простейших способов создать для своей компании большие проблемы — забыть о рекомендуемых практиках проектирования ПО применительно к науке о данных и машинному обучению. Для исправления ситуации можно воспользоваться плагином `nbval` для `pytest`, с помощью которого тестировать блокноты Jupyter. Взгляните на следующий `Makefile`:

```
setup:
    python3 -m venv ~/.myrepo

install:
    pip install -r requirements.txt

test:
    python -m pytest -vv --cov=myrepolib tests/*.py
    python -m pytest --nbval notebook.ipynb

lint:
    pylint --disable=R,C myrepolib cli web

all: install lint test
```

Ключевой элемент здесь — флаг `--nbval`, благодаря которому сервер сборки может протестировать блокнот из репозитория.

Вопросы и упражнения

- Назовите по крайней мере три соглашения о наименовании, соблюдение которых необходимо, чтобы `pytest` мог обнаружить тест.
- Для чего предназначен файл `conftest.py`?
- Поясните, что такое параметризация тестов.
- Что такое фикстуры и как их можно использовать в тестах? Удобны ли они? Почему?
- Расскажите, как можно применять фикстуру `monkeypatch`?

Задача на ситуационный анализ

Создайте тестовый модуль, использующий `testinfra` для подключения к удаленному серверу. С помощью тестов определите, что Nginx установлен, запущен с помощью `systemd` и сервер привязан к порту 80. Когда все тесты будут пройдены успешно, попробуйте добиться непрохождения одного из них, настроив Nginx на прослушивание на другом порте.

ГЛАВА 9

Облачные вычисления

Облачные вычисления — термин, порой вызывающий путаницу, подобно другим современным модным словечкам, таким как «большие данные», ИИ и Agile. А когда термин становится популярным, то неизбежно для различных людей начинает означать разное. Вот точное определение. Облако представляет собой вид поставки вычислительных сервисов по требованию с оплатой за использованное количество ресурсов, подобной любым коммунальным платежам: за природный газ, электричество или воду.

Основные достоинства облачных вычислений: стоимость, скорость, глобальный охват, отдача, производительность, надежность и безопасность. Рассмотрим каждое.

- **Стоимость.** Никаких предварительных расходов, ресурсы можно отмерять точно, в зависимости от потребностей.
- **Скорость.** Облака предлагают возможность самообслуживания, так что опытный пользователь может полноценно задействовать их ресурсы для быстрого создания программных решений.
- **Глобальный охват.** Все крупные поставщики облачных сервисов оперируют на глобальном уровне, а значит, могут предоставлять сервисы по всему миру для удовлетворения спроса в конкретных географических областях.
- **Отдача.** Многие задачи, например размещение серверов в стойках, настройка сетевого аппаратного обеспечения и физическая охрана центра обработки данных, становятся неактуальными. Компании могут сосредоточиться на создании продуктов интеллектуальной собственности, вместо того чтобы изобретать велосипед.
- **Производительность.** В отличие от вашего аппаратного обеспечения, аппаратное обеспечение облаков непрерывно обновляется, а значит, по требованию пользователям доступно новейшее и самое быстрое аппаратное

обеспечение. Вдобавок его связывает инфраструктура с высокой пропускной способностью и низким значением задержки, создавая тем самым идеальную высокопроизводительную среду.

- **Надежность.** В основе архитектуры облаков лежит избыточность на каждом шаге, в частности множество регионов и множество центров обработки данных в каждом регионе. Нативная облачная архитектура может строиться вокруг этих возможностей, что обеспечивает ей высокую доступность. Кроме того, многие базовые облачные сервисы сами по себе высокодоступны, например Amazon S3, отличающийся надежностью в девять девяток, то есть 99,999999999 %.
- **Безопасность.** Общая безопасность определяется самым слабым звеном. За счет перехода к централизованной безопасности ее уровень повышается. Решение проблем наподобие физического доступа к центру обработки данных или шифрования хранимых данных с первых же дней стало стандартом в этой отрасли.

Основы облачных вычислений

В некотором смысле сложно представить себе DevOps без облаков. Amazon перечисляются следующие рекомендуемые практики DevOps: непрерывная интеграция, непрерывная поставка, микросервисы, инфраструктура как код, мониторинг и журналирование, а также связь и сотрудничество. Можно даже утверждать, что все они зависят от существования облаков. Даже практика «связь и сотрудничество», которой так сложно дать точное определение, возможна благодаря набору современных инструментов связи SaaS: Jira, Trello, Slack, GitHub и др. Где работают все эти инструменты связи SaaS? В облаке.

Чем уникальна современная эра облачных вычислений? Как минимум тремя отличительными чертами: теоретически неограниченными вычислительными ресурсами, доступом к вычислительным ресурсам по запросу и тем, что не нужны никакие предварительные вложения капитала. В этих характеристиках скрыто отражается распределение Парето навыков DevOps.

На практике облака становятся особенно экономически выгодными, если учитывать их реальные сильные стороны. Однако использование облака может оказаться очень затратным для неискушенных организаций, поскольку они не используют в достаточной степени основные возможности облака. Можно с полным основанием сказать, что на первых порах существования облаков 80 % их валового дохода обеспечивали неискушенные пользователи, которые оставляли виртуальные вычислительные узлы в режиме ожидания, выбирали

не те виртуальные узлы (слишком большие), не предусматривали при проектировании системы возможность масштабирования или не применяли естественные для облака программные архитектуры, а, например, отправляли все в реляционную базу данных. Соответственно, оставшиеся 20 % приходились на чрезвычайно бережливые организации с исключительными навыками DevOps.

До появления облаков затраты были фиксированными как в смысле денег, так и в смысле времени разработчиков. Центр обработки данных должна была обслуживать группа работающих на полную ставку высокооплачиваемых специалистов. По мере эволюции облаков в центрах обработки данных оставались только лучшие из лучших, причем они работали на чрезвычайно искушенные организации, например Google, Microsoft и Amazon. Маленькая организация чисто статистически не могла позволить себе иметь в центре обработки данных специалиста по аппаратному обеспечению такого уровня, по крайней мере в течение длительного времени.

Принцип сравнения преимуществ — фундаментальный закон экономики. Вместо того чтобы, глядя на стоимость облачных сервисов, думать о том, как сэкономить, реализуя то же самое самостоятельно, задумайтесь про *упущенную выгоду*, ведь вы могли бы потратить это время на что-то другое. Большинство организаций пришло к следующим выводам.

1. Соревноваться с опытом Google, Amazon и Microsoft в сфере центров обработки данных они не могут.
2. Средства, потраченные на облачные сервисы, позволяют компании сосредоточиться на других сферах, где они могут использовать свои уникальные знания.

Netflix решила сконцентрироваться на потоковом онлайн-вещании и создании оригинального контента, а не на поддержке собственных центров обработки данных. И глядя на динамику цен акций Netflix за 11 лет (рис. 9.1), сложно сомневаться в успехе подобной стратегии.

Однако уникальность Netflix — в их стремлении к высокоэффективному использованию возможностей облачных сервисов. Нынешние и бывшие сотрудники Netflix сделали множество докладов на конференциях, разработали и выпустили немало утилит на GitHub, а также написали огромное количество статей и книг по тематике DevOps и облачных вычислений. Это дополнительное доказательство того факта, что недостаточно осознать необходимость применения облачных сервисов, нужно еще подкрепить это решение профессионализмом в данной сфере. В противном случае организация рискует оказаться в роли посетителя фитнес-клуба, купившего годовой абонемент, но отходившего только три недели. Те, кто купил абонемент, но не ходит, фактически субсидируют тех, кто ходит регулярно.

Рис. 9.1. Динамика цен акций Netflix за 11 лет

Типы облачных вычислений

Существует несколько основных типов облачных вычислений: общедоступное облако, частное облако и мультиоблако. В большинстве случаев, когда говорят об облаках, имеют в виду общедоступные облака. Однако это не единственный тип облаков. Частное облако — оно используется только одной организацией — физически располагается в центре обработки данных этой организации, или место под него предоставляется ей другой компанией. Поставщики частных облаков — это, к примеру, HPE, VMware, Dell и Oracle. Популярный вариант частного облака с открытым исходным кодом — OpenStack. Прекрасный пример его применения на практике — один из крупнейших поставщиков частных облаков OpenStack как сервиса — компания Rackspace, занимающая относительно небольшой сегмент рынка услуг хостинга.

Более гибкий вариант — гибридное облако. Оно сочетает в себе как частное, так и общедоступное облака. Пример применения подобной архитектуры: общедоступное облако используется в ситуациях, требующих масштабируемости и дополнительных вычислительных мощностей, а частное — для повседневных операций. Еще один пример подразумевает применение специализированной аппаратной архитектуры, скажем фермы GPU для глубокого обучения в частном облаке, а в роли базовой архитектуры выступает связанное с ней общедоступное облако. Даже крупнейшие поставщики облачных сервисов начинают входить в этот сегмент рынка. Хороший пример — платформа Anthos (https://cloud.google.com/anthos) от Google. Эта платформа берет на себя весь труд по связыванию локального центра обработки данных с GCP, благодаря чему возможны такие технологические процессы, как выполнение кластеров Kubernetes и тут и там с плавным переходом между ними.

Наконец, мультиоблако — вариант, возможный частично благодаря современным технологиям DevOps, таким как контейнеры Docker и IaC-решения, например Terraform. Стратегия мультиоблака состоит в использовании нескольких облаков одновременно. Прекрасный пример этой стратегии — выполнение заданий в контейнерах на нескольких облаках одновременно. Зачем может понадобиться подобное? В частности, чтобы можно было выполнять задания на спотовых инстансах AWS, когда расценки на них достаточны для доходности, и на GCP, когда AWS слишком дороги. Такие утилиты, как Terraform, позволяют обобщить облачные понятия, сводя их к привычному языку конфигурации, а контейнеры позволяют переносить код и среду выполнения в любое место, где можно запустить контейнер.

Типы облачных сервисов

Существует пять основных типов облачных сервисов: инфраструктура как сервис (Infrastructure as a Service, IaaS), «железо» как сервис (Metal as a Service, MaaS), платформа как сервис (Platform as a Service, PaaS), бессерверная обработка данных и программное обеспечение как сервис (Software as a Service, SaaS). Все эти облачные сервисы работают на различных уровнях абстракции и имеют как достоинства, так и недостатки. Рассмотрим каждый из них подробнее.

Инфраструктура как сервис

IaaS представляет собой категорию более низкого уровня, включающую возможность поминутной аренды виртуальных машин, доступа к хранилищу объектов, предоставления программно определяемых сетей (SDN) и программно опре-

деляемых хранилищ (SDS) и предложения пользователем цены за доступную виртуальную машину. Подобный уровень сервиса обычно связывают с AWS, особенно в первые годы (2006) его существования, когда Amazon запустил облачное хранилище S3, SQS (Simple Queue Service) и EC2 (виртуальные машины).

Преимущества такого сервиса для организации с большим опытом в DevOps состоит в возможности достичь высокой затратоэффективности и надежности, выделив для этого лишь небольшую группу людей. Недостаток — крутая кривая обучения, к тому же при неэффективном использовании он может оказаться весьма затратным в смысле как финансов, так и человеко-часов. В области залива Сан-Франциско в 2009–2019 годах этот сценарий разыгрывался на AWS на практике во множестве компаний.

Одна из историй, из-за которых мы вспомнили это, произошла, когда Ной занимался программной инженерией в компании, поставлявшей утилиты для мониторинга и поиска. В первый месяц его работы там возникли две критические проблемы, касающиеся облаков. Первая из них, возникшая в первую же неделю, заключалась в том, что система биллинга SaaS неправильно настроила систему хранения. Компания удаляла данные заказчиков, честно платящих деньги! Суть проблемы заключалась в том, что у них не было достаточной инфраструктуры DevOps для успешной работы с облаком: ни сервера сборки, ни тестирования, ни настоящей изолированной среды разработки, ни анализа кода — лишь ограниченные возможности автоматического развертывания программного обеспечения. Именно эти практики DevOps Ной и внедрил в качестве решения в самый разгар проблемы.

Разгар тут не совсем фигура речи — один из разработчиков поджег офис, пытаясь пожарить бекон в гриль-тостере. Ною показалось, что пахнет дымом, так что он пошел на кухню и увидел, как языки пламени ползут по стенам и потолку. Он был так потрясен самой иронией ситуации, что несколько секунд просто стоял столбом. К счастью, один из быстрее соображавших сотрудников (его руководитель по выпуску программного продукта) схватил огнетушитель и погасил огонь.

Вскоре обнаружилась и вторая, более серьезная проблема с нашей облачной архитектурой. Все разработчики компании должны были быть на связи 24 часа 7 дней в неделю (за исключением технического директора — учредителя компании, нередко писавшего код, напрямую или косвенно вызывавший перебои в обслуживании... больше об этом чуть позже). Однажды, когда Ной был на дежурстве, в 2 часа ночи его разбудил звонок на мобильный от генерального директора — учредителя компании, который сказал, что их взломали и системы SaaS больше не существует. Нет ни веб-серверов, ни поисковых конечных точек,

ни каких-либо других виртуальных машин, на которых работала платформа. Ной спросил, почему он не получил сообщение об этом на пейджер, и генеральный директор сказал, что система мониторинга также уничтожена. Ной решил поехать на работу в 2 часа ночи и поработать над проблемой на месте.

По мере появления дополнительной информации проблема прояснилась. Генеральный директор-учредитель изначально настроил учетную запись AWS, и все сообщения о перебоях в работе сервиса приходили на его электронную почту. В течение нескольких месяцев Amazon отправлял ему по электронной почте сообщения о планах прекратить использование виртуальных машин в нашем регионе, Северной Вирджинии, и о том, что через несколько месяцев они будут удалены. Что ж, в итоге этот день настал и посреди ночи все серверы компании прекратили свое существование.

Ной выяснил все это еще по дороге на работу, после чего сосредоточился на создании всего SaaS компании с нуля на основе исходного кода на GitHub. Именно в этот момент Ной начал осознавать как мощь, так и сложность AWS. Восстановление работоспособности SaaS, включая прием данных, обработку платежей и отображение инструментальных панелей, продолжалось с 2 ночи до 8 утра. Полное восстановление данных из резервных копий заняло еще 48 часов.

Одна из причин, по которым восстановление работы заняло так много времени, заключалась в том, что в сердцевине процесса развертывания находилась ответвленная версия Puppet, созданная одним из бывших сотрудников, но не внесенная в систему контроля версий. К счастью, Ной смог найти копию этой версии Puppet около 6 утра на одной отключенной машине, пережившей «побоище». Если бы этой машины не было, компании, возможно, пришел бы конец. Чтобы полностью воссоздать компанию подобной сложности без основного каркаса инфраструктуры как кода (IAC), понадобилась бы как минимум неделя.

Подобный болезненный, однако с относительно счастливым концом опыт научил Ноя многому. Он осознал, каков баланс достоинств и недостатков облака: возможности его огромны, но кривая обучения сокрушительна даже для стартапов с венчурным финансированием в области залива Сан-Франциско. Вернемся теперь к техническому директору, не дежурившему, однако вносившему код в промышленную версию (без использования сервера сборки или системы непрерывной интеграции). Вовсе не он был злодеем в этой истории. Вполне возможно, что если бы сам Ной был техническим директором — учредителем той компании на определенном этапе карьеры, то совершал бы те же самые ошибки.

Настоящая проблема заключалась в развращающем воздействии власти. Иерархия не означает автоматически безошибочности. Очень легко упиваться властью и верить, что раз ты главный, то все твои действия всегда правильные. Когда Ной

управлял компанией, он совершал аналогичные ошибки. Главный вывод — прав всегда технологический процесс, а не отдельный человек. То, что не автоматизировано, не работает нормально. И то, что не проходит автоматического тестирования для контроля качества, тоже не работает нормально. Если развертывание не является воспроизводимым, оно тоже не работает нормально.

Еще одна, последняя история об этой компании связана с мониторингом. После двух первых кризисов симптомы были устранены, но болезнь осталась. Технологические процессы в компании были неэффективными. Эту фундаментальную проблему иллюстрирует следующая история. В компании была доморощенная система мониторинга (опять же созданная учредителями компании в самом начале), в среднем генерировавшая оповещения каждые 3–4 часа 24 часа в сутки.

А поскольку дежурили все инженеры, за исключением технического директора, большинство из них постоянно недосыпало, каждую ночь получая уведомления о сбоях системы. Для «исправления» необходимо было перезапустить сервисы. Ной вызвался дежурить месяц подряд, чтобы дать возможность исправить причину проблемы. В результате непрерывных страданий из-за недосыпа он осознал несколько вещей. Во-первых, оповещения системы мониторинга генерировались ничуть не лучше, чем случайным образом. Он мог с тем же успехом заменить всю систему мониторинга на следующий сценарий:

```
from  random import choices

hours = list(range(1,25))
status = ["Alert", "No Alert"]
for hour in hours:
    print(f"Hour: {hour} -- {choices(status)}"
```

```
✗ python random_alert.py
Hour: 1 -- ['No Alert']
Hour: 2 -- ['No Alert']
Hour: 3 -- ['Alert']
Hour: 4 -- ['No Alert']
Hour: 5 -- ['Alert']
Hour: 6 -- ['Alert']
Hour: 7 -- ['Alert']
Hour: 8 -- ['No Alert']
Hour: 9 -- ['Alert']
Hour: 10 -- ['Alert']
Hour: 11 -- ['No Alert']
Hour: 12 -- ['Alert']
Hour: 13 -- ['No Alert']
Hour: 14 -- ['No Alert']
Hour: 15 -- ['No Alert']
Hour: 16 -- ['Alert']
Hour: 17 -- ['Alert']
```

```
Hour: 18 -- ['Alert']
Hour: 19 -- ['Alert']
Hour: 20 -- ['No Alert']
Hour: 21 -- ['Alert']
Hour: 22 -- ['Alert']
Hour: 23 -- ['No Alert']
Hour: 24 -- ['Alert']
```

Когда он это понял, то углубился в данные и сформировал историческую статистику по дням для всех оповещений за последний год (отметим, что учитывались только требующие реагирования оповещения, которые будили разработчиков). Из рис. 9.2 видно, что оповещения не только были бессмысленными, но и их частота повышалась, что в ретроспективе выглядит смехотворным. Они превращали рекомендуемые практики разработки в своего рода «карго-культ» и, образно говоря, махали пальмовыми ветвями на пыльной взлетно-посадочной полосе, заполненной соломенными самолетами.

Рис. 9.2. Оповещения в предоставляющей SaaS компании по дням

Из анализа данных стала вырисоваться еще более печальная картина: разработчики тратили понапрасну *годы* своей жизни, подскакивая среди ночи от

сообщений пейджера. Все эти страдания и жертвы были напрасными и лишь подтвердили печальную истину: жизнь несправедлива. Несправедливость ситуации угнетала, но пришлось потратить немало усилий, чтобы убедить людей согласиться на отключение оповещений. Люди склонны продолжать поступать так же, как и всегда. Кроме того, психологически хотелось придать какой-то более глубокий смысл столь жестоким и длительным страданиям. По сути дела, это было ложное божество.

Ретроспективный анализ применения облака IaaS AWS для этой конкретной компании, по существу, описывает основные доводы в пользу DevOps.

1. Необходимы конвейер поставки и петля обратной связи: сборка, тестирование, выпуск, мониторинг и планирование.
2. Разработка и эксплуатация не разобщены. Если технический директор пишет код, он тоже должен дежурить (страдания от многолетнего недосыпа служат неплохой обратной связью).
3. Статус в иерархии не должен быть важнее технологического процесса. Члены команды должны сотрудничать с упором на сферы обязанностей и ответственности вне зависимости от должности, зарплаты или опыта.
4. Быстродействие — одно из базовых требований DevOps. Поэтому необходимы микросервисы и непрерывная поставка, ведь с их помощью команды разработчиков могут делить сервисы, за которые отвечают, и выпускать программное обеспечение быстрее.
5. Быстрая поставка — еще одно базовое требование DevOps, но необходимы еще и непрерывная интеграция, непрерывная поставка, а также эффективные мониторинг и журналирование, позволяющие предпринимать конкретные действия.
6. Возможность управления инфраструктурой и процессами разработки в больших масштабах. Автоматизация и единообразие — непростые требования. Решение — организовать повторяемое и автоматизированное управление средами разработки, тестирования и промышленной эксплуатации с помощью IaC.

«Железо» как сервис

MaaS дает возможность обращаться с физическими серверами как с виртуальными машинами. Управлять аппаратным обеспечением можно столь же просто, как и кластерами виртуальных машин. Название MaaS было предложено компанией Canonical, владелец которой Марк Шаттлворт (Mark Shuttleworth) описывал его как «облачную семантику» в мире чистого «железа». Термин MaaS также

может означать использование физического аппаратного обеспечения от поставщика, который рассматривает его практически так же, как виртуализированное аппаратное обеспечение. Прекрасный пример подобной компании — SoftLayer, поставщик «чистого железа», недавно приобретенный IBM.

Полный контроль над аппаратным обеспечением имеет определенную привлекательность для нишевых приложений. Прекрасный пример — базы данных на основе GPU. На практике подобные сервисы может предоставлять и обычное общедоступное облако, так что для выяснения того, нужен ли в конкретной ситуации MaaS, может понадобиться полный сравнительный анализ выгод и затрат.

Платформа как сервис

PaaS — комплексная среда разработки и развертывания, включающая все необходимые для создания облачных сервисов ресурсы. Среди примеров — Heroku и Google App Engine. PaaS отличается от IaaS наличием утилит разработки, утилит управления базами данных и высокоуровневыми сервисами с интеграцией «за один щелчок кнопкой мыши». Примеры сервисов, которые можно консолидировать: сервис аутентификации, сервис базы данных, сервис веб-приложения.

PaaS закономерно критикуют за значительно более высокую стоимость в долгосрочной перспективе по сравнению с IaaS, как уже обсуждалось, впрочем, это зависит от среды. Если организация не может реализовать поведение DevOps, то стоимость — вопрос спорный. В подобном случае лучше заплатить за более дорогой сервис, обеспечивающий больше вышеупомянутых возможностей. Упущенная выгода организации, которой придется изучать продвинутые возможности управления развернутой системой IaaS, может оказаться чрезмерной для краткого жизненного цикла стартапа. Такой организации лучше делегировать их поставщику PaaS.

Бессерверная обработка данных

Бессерверная обработка данных — одна из новых категорий облачных вычислений, все еще находящаяся в стадии активной разработки. Основной потенциал бессерверной обработки данных заключается в возможности тратить больше времени на создание приложений и сервисов и меньше — на обдумывание вариантов их выполнения. У всех крупных облачных платформ есть бессерверные решения.

Стандартные блоки бессерверных решений — вычислительные узлы, они же функция как сервис (Function as a Service, FaaS). У AWS эту роль играет Lambda, у GCP — Cloud Functions, а у Microsoft — функции Azure. Традиционно выполнение этих облачных функций отделяется от среды выполнения, то есть

Python 2.7, Python 3.6 или Python 3.7. Все эти поставщики поддерживают среды выполнения Python и в некоторых случаях — возможности пользовательской настройки базовой среды выполнения посредством настраиваемого под свои нужды контейнера Docker. Далее приведен пример простой лямбда-функции AWS, предназначенной для получения главной страницы «Википедии».

Следует отметить несколько особенностей этой лямбда-функции. Собственно, ее логика заключается в `lambda_handler`, принимающей два аргумента. Первый аргумент, `event`, передается вызывающей стороной, которая может быть чем угодно, от таймера событий Amazon Cloud Watch до запуска ее со сформированным в AWS Lambda Console содержимым. Второй аргумент, `context`, содержит методы и свойства, обеспечивающие информацию о вызове, функции и среде выполнения:

```
import json
import wikipedia

print('Loading function')

def lambda_handler(event, context):
    """Средство реферирования Википедии"""

    entity = event["entity"]
    res = wikipedia.summary(entity, sentences=1)
    print(f"Response from wikipedia API: {res}")
    response = {
    "statusCode": "200",
    "headers": { "Content-type": "application/json" },
    "body": json.dumps({"message": res})
    }
    return response
```

Для использования этой лямбда-функции мы передаем следующее JSON-содержимое:

```
{"entity":"google"}
```

Выдаваемые этой лямбда-функцией результаты также представляют собой JSON-содержимое:

```
Response
{
    "statusCode": "200",
    "headers": {
        "Content-type": "application/json"
    },
    "body": "{\"message\": \"Google LLC is an American multinational technology"}
}
```

Один из самых впечатляющих аспектов FaaS — возможность написания кода, реагирующего на события, вместо работающего непрерывно кода, то есть приложений Ruby on Rails.

FaaS — облачно-ориентированная функциональная возможность, по-настоящему раскрывающая одну из самых сильных сторон облаков — способность к быстрой адаптации (elasticity). Кроме того, среда разработки для написания лямбда-функций существенно развилась.

Cloud9 в AWS — браузерная среда разработки, глубоко интегрированная с AWS (рис. 9.3).

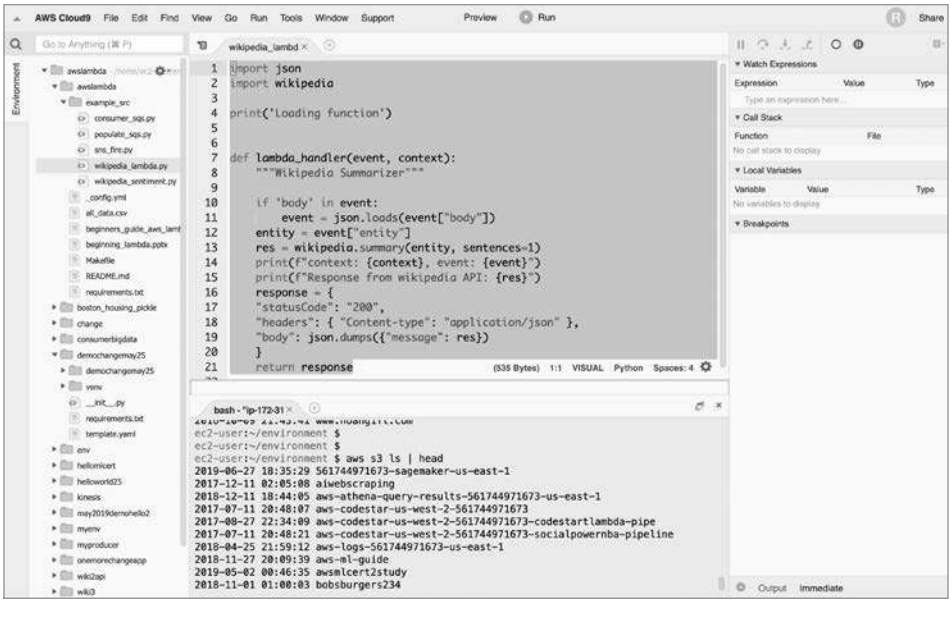


Рис. 9.3. Использование AWS Cloud9

Cloud9 ныне моя любимая среда написания лямбда-функций AWS и выполнения кода, требующего ключей API AWS. В Cloud9 встроены утилиты для создания лямбда-функций AWS, упрощающие их сборку и тестирование на локальной машине, а также развертывание в AWS.

На рис. 9.4 показана передача JSON-содержимого и локальное тестирование лямбда-функции в Cloud9. Тестирование функций подобным образом — одно из существенных усовершенствований платформы Cloud9.

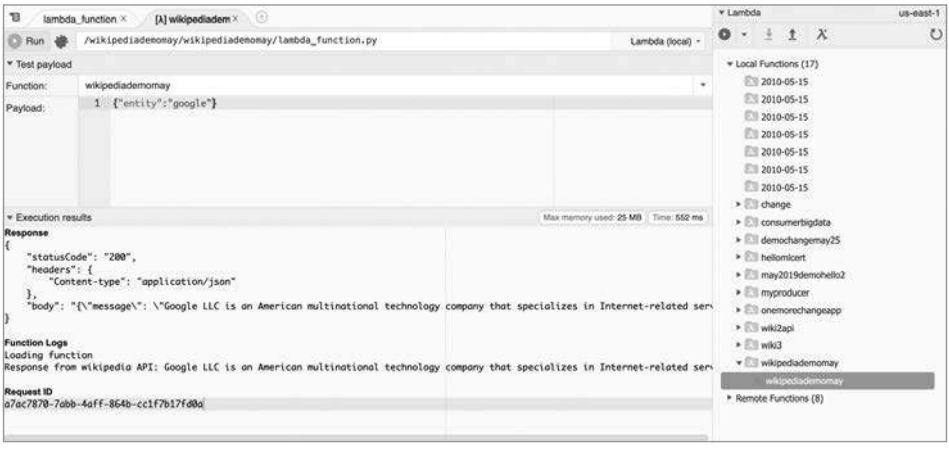


Рис. 9.4. Выполнение лямбда-функций в Cloud9

Аналогично Google Cloud предоставляет среду GCP Cloud Shell (рис. 9.5). Cloud Shell также позволяет быстро приступить к разработке, получив доступ к важнейшим утилитам командной строки и полной среде разработки.

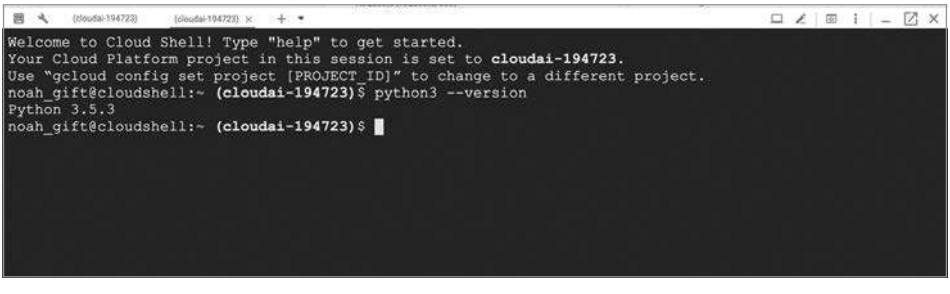


Рис. 9.5. GCP Cloud Shell

Редактор GCP Cloud Shell (рис. 9.6) представляет собой полнофункциональную IDE с подсветкой синтаксиса, менеджером файлов и множеством других утилит, обычно присутствующих в традиционных IDE.

Главный вывод: для облаков по возможности стоит использовать нативные инструменты разработки. Это сокращает бреши в системе безопасности, ограничивает степень снижения скорости при передаче данных с вашего ноутбука в облако, а также повышает производительность благодаря тесной интеграции с нативной для них средой.

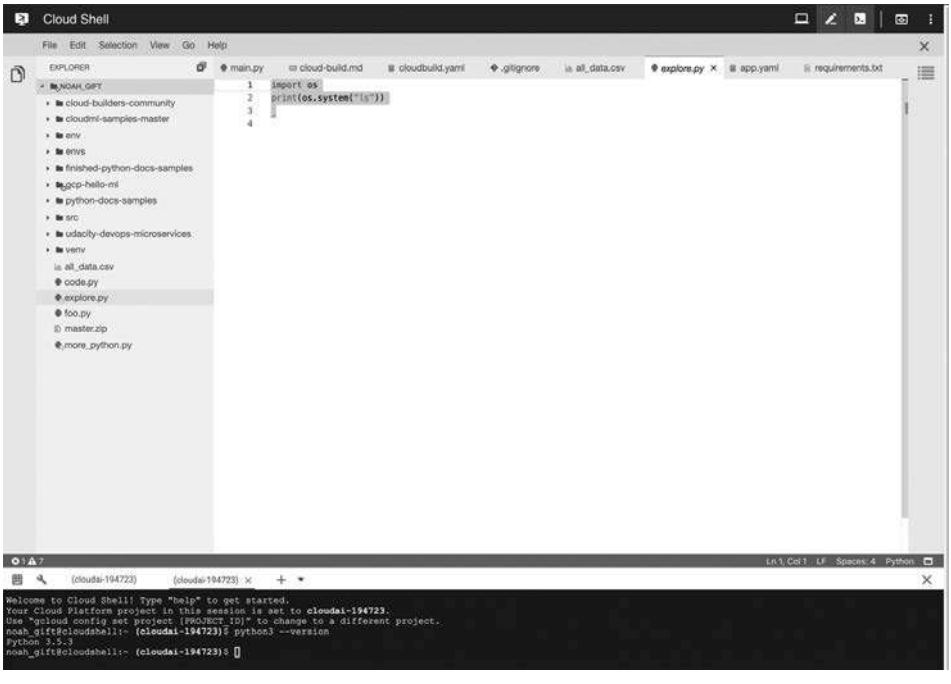


Рис. 9.6. Редактор GCP Cloud Shell

Программное обеспечение как сервис

SaaS и облачные сервисы тесно связаны с самого начала. По мере роста функциональных возможностей облаков продукты SaaS продолжают наращивать различные новшества поверх новшеств самих облаков. Преимуществ у продуктов SaaS очень много, особенно в сфере DevOps. Например, зачем создавать программное решение для мониторинга самому, особенно на начальном этапе, если можно его просто *арендовать*? Кроме того, многие базовые принципы DevOps, допустим непрерывная интеграция и непрерывная поставка, сразу доступны в приложениях SaaS от поставщиков облачных сервисов, например AWS CodePipeline, или сторонних решениях SaaS, таких как CircleCI.

Во многих случаях возможность сочетания IaaS, PaaS и SaaS позволяет современным компаниям разрабатывать программные продукты намного надежнее и эффективнее, чем десять лет назад. С каждым годом разработка программного обеспечения все больше упрощается благодаря быстрой эволюции не только облаков, но и предоставляющих SaaS компаний, создающих решения — надстройки над облачными сервисами.

Инфраструктура как код

Мы рассмотрим IaC намного подробнее в главе 10, где вы найдете более детальный ее анализ. Что же касается облаков и DevOps, то IaC — неотъемлемый аспект настоящих облачных вычислений. Для реализации практик DevOps в облаке IaC жизненно необходима.

Непрерывная поставка

Непрерывная поставка — более новый термин, который можно легко перепутать с непрерывной интеграцией и непрерывным развертыванием. Главное отличие — программное обеспечение *поставляется* в определенную среду, например среду предэксплуатационного тестирования, где может тестироваться как автоматически, так и вручную. И хотя оно не обязательно требует немедленного развертывания, но находится в подходящем для развертывания состоянии. Более подробные пояснения по поводу систем сборки можно найти в главе 15, но стоит также отметить, что для корректной работы с облачными сервисами это обязательное требование.

Виртуализация и контейнеры

Виртуализация — наиболее фундаментальный компонент любого облака. Когда в 2006 году AWS был официально запущен, одним из базовых сервисов был Amazon Elastic Compute Cloud (EC2). Обсудим несколько основных сфер виртуализации.

Аппаратная виртуализация

Первой абстракцией виртуализации, выпущенной AWS, была аппаратная виртуализация. Аппаратная виртуализация бывает двух видов: паравиртуализация (paravirtualization) и аппаратные виртуальные машины (hardware virtual machine, HVM). HVM отличается более высокой производительностью. Основное отличие с точки зрения производительности состоит в том, что HVM может применять аппаратные расширения, использующие возможности аппаратного обеспечения хост-компьютера, что фактически делает виртуальную машину полноценной частью аппаратного обеспечения хоста, а не просто гостевой машиной, которая понятия не имеет, что делает основная.

Аппаратная виртуализация дает возможность запускать несколько операционных систем на одном хост-компьютере, а также распределять между гостевыми операционными системами ресурсы CPU, ввода/вывода (как сетевого, так и дискового) и оперативной памяти. У этого подхода есть немало преимуществ, именно он лежит в основе современных облаков, но ставит непростые задачи перед самим Python. Во-первых, уровень детализации зачастую слишком велик для того, чтобы Python мог полноценно использовать среду. Из-за ограничений Python и потоков выполнения (они не могут работать на нескольких ядрах) виртуальная машина с двумя ядрами будет впустую расходовать ресурсы одного. В случае аппаратной виртуализации и языка Python из-за отсутствия подлинной многопоточности неоправданная трата ресурсов будет колоссальной. В конфигурации виртуальной машины для приложений Python одно или несколько ядер нередко оставляют без нагрузки, что приводит к напрасным тратам денег и энергии. К счастью, в облаках появились новые решения, позволяющие устранить эти недостатки языка Python. В частности, избавиться от данной проблемы можно с помощью контейнеров и бессерверной обработки данных, поскольку облако при этом рассматривается как операционная система и вместо потоков выполнения используются лямбда-функции или контейнеры. Вместо прослушивающих очереди потоков выполнения на события реагируют лямбда-функции из очереди облака, например SQS.

Программно определяемые сети

Программно определяемые сети (SDN) — существенная составляющая облачных вычислений. «Фишка» SDN заключается в возможности динамически программно менять поведение сети. Ранее за это отвечал сетевой гуру, державший балансировщик нагрузки в ежовых рукавицах. Ной однажды работал в крупной компании — операторе услуг связи, где каждый день проводил собрание под названием «Управление изменениями» один из работников — назовем его Бобом, — контролировавший все выпускаемые программные продукты.

Необходимо иметь весьма специфические черты характера, чтобы быть таким Бобом. Споры Боба с другими сотрудниками в классической борьбе IT-специалистов по эксплуатации с разработчиками часто доходили до криков, и Боб наслаждался возможностью отказать в чем-то. Облака и DevOps полностью устраняют такую роль, аппаратное обеспечение и ежедневные соревнования по перекрикиванию. Согласованная сборка и развертывание программного обеспечения с использованием четко заданных настроек, программного обеспечения и данных, необходимых для среды промышленной эксплуатации, происходят в процессе непрерывной поставки. Роль Боба превратилась в нули и единицы где-то глубоко внутри матрицы, замененная кодом Terraform.

Программно определяемое хранилище

Программно определяемое хранилище (SDS) — абстракция, позволяющая использовать хранилище по запросу с мелко гранулированными операциями дискового и сетевого ввода/вывода. Хороший пример — тома EBS Amazon, в которых можно настраивать объемы предоставляемых операций дискового ввода/вывода. Обычно облачные SDS наращивают объемы дискового ввода/вывода автоматически по мере роста размеров тома. Прекрасный пример того, как это все работает на практике, — Amazon Elastic File System (EFS). Она автоматически увеличивает объем дискового ввода/вывода по мере роста размеров хранилища и рассчитана на запросы от тысяч инстансов EC2 одновременно. А благодаря тесной интеграции с инстансами Amazon EC2 ожидающие выполнения операции записи могут буферизироваться и выполняться асинхронно.

Свой опыт работы с EFS Ной получил в следующей ситуации. Пока еще не было AWS Batch, он спроектировал и написал систему, использовавшую тысячи спотовых инстансов, монтировавших тома EFS, где они выполняли распределенные задания машинного зрения, полученные из Amazon SQS. Большим преимуществом для распределенных вычислений является возможность задействовать всегда доступную распределенную файловую систему, это упрощает все операции, от развертывания до кластерных вычислений.

Контейнеры

Контейнеры существуют уже многие десятилетия, предоставляя виртуализацию уровня операционной системы. В пользовательском адресном пространстве могут существовать изолированные экземпляры ядра. В начале 2000-х наблюдался настоящий бум компаний, предоставлявших услуги хостинга и применявших виртуальный хостинг веб-сайтов под управлением Apache в форме виртуализации уровня операционной системы. На мейнфреймах и в обычных операционных системах Unix, таких как AIX, HP-UX и Solaris, также давно существовали различные замысловатые контейнеры. Как разработчик, Ной работал с технологией Solaris LDOM, когда она только появилась в 2007 году, и был просто потрясен возможностью установки полноценной операционной системы с детальным управлением CPU, оперативной памятью и операциями ввода/вывода через telnet на машину, снабженную сетевой картой с двумя интерфейсами: основным и служебным.

Современные версии контейнеров непрерывно развиваются, заимствуя лучшие черты из эпохи мейнфреймов и сочетая их с новейшими идеями, такими как управление исходными кодами. В частности, одно из коренных изменений контейнеров заключалось в работе с ними как с проектами, извлекаемыми из

системы контроля версий. Стандартный формат для контейнеров сейчас — контейнеры Docker, их поддерживают все основные поставщики облачных сервисов наряду с программным обеспечением Kubernetes для управления контейнерами. Больше информации о контейнерах вы найдете в главе 12, но все основное, что связано с облаками, перечислено далее.

- **Реестр контейнеров.** У всех поставщиков облачных сервисов есть реестр, в котором хранятся пользовательские контейнеры.
- **Сервис управления Kubernetes.** У всех поставщиков облачных сервисов существует опция применения Kubernetes. В настоящее время это стандарт для управления развертываемыми контейнеризованными системами.
- **Формат Dockerfile.** Этот простой файловый формат — стандартный для сборки контейнеров. В процессе сборки рекомендуется использовать различные линтеры, например hadolint (https://oreil.ly/XboVE), для исключения простейших программных ошибок.
- **Непрерывная интеграция с контейнерами.** У всех поставщиков облачных сервисов есть облачные системы сборки с возможностью интеграции с контейнерами. У Google — Cloud Build (https://oreil.ly/xy6Ag), у Amazon — AWS CodePipeline (https://oreil.ly/I5bdH), а у Azure — Azure Pipelines (https://oreil.ly/aEOx4). Все они способны выполнять сборку контейнеров и вносить их в реестр контейнеров, а также собирать с помощью контейнеров различные проекты.
- **Тесная интеграция контейнеров во все облачные сервисы.** Работая с управляемыми сервисами в облачных платформах, можно быть уверенными по крайней мере в наличии у них одной общей черты — контейнеров! Контейнеры применяются в SageMaker — управляемой платформе машинного обучения Amazon. А в среде облачной разработки Google Cloud Shell контейнеры позволяют пользователям настраивать среду разработки по своему усмотрению.

Трудные задачи и потенциальные возможности распределенной обработки данных

Одна из наиболее перспективных сфер компьютерных наук — распределенная обработка данных. Нынешняя эпоха облачных вычислений характеризуется несколькими принципиальными изменениями, повлиявшими буквально на все. Одно из наиболее существенных изменений — расцвет многоядерных машин и конец закона Мура (рис. 9.7).

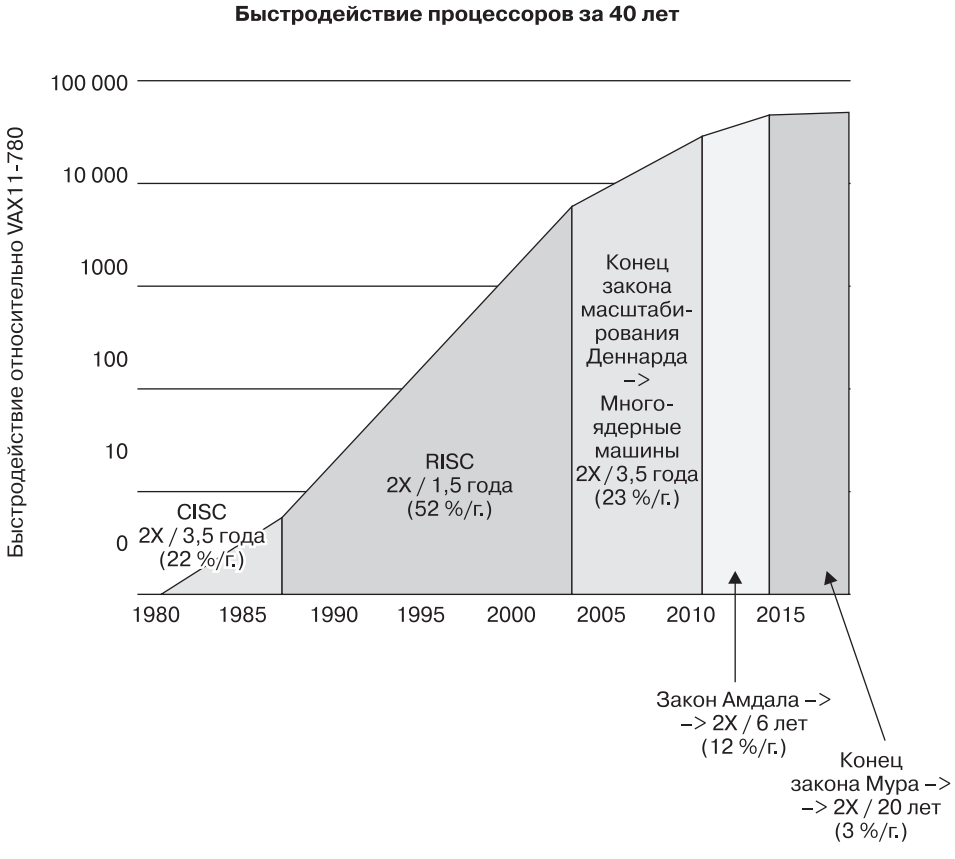


Рис. 9.7. Конец закона Мура (источник — John Hennessy and David Patterson, Computer Architecture: A Quantitative Approach, 6/e. 2018[1])

Закон Мура вскрывает две проблемы, проявившиеся в эпоху облачных вычислений. Первая: CPU предназначены для многоцелевого использования, а не для выполнения параллельных заданий. Этот факт в сочетании с базовыми физическими ограничениями на рост скорости CPU приводит к снижению значимости CPU в эпоху облачных вычислений. К 2015 году с законом Мура фактически было покончено, прирост скорости составлял около 3 % в год.

Вторая: создание многоядерных машин в противовес ограничениям отдельных процессоров вызвало эффект домино в отношении языков программирования.

[1] *Паттерсон Д., Хеннеси Д.* Архитектура компьютера и проектирование компьютерных систем. 4-е изд. — СПб.: Питер, 2012.

Множество языков программирования, созданных в эпоху, когда еще не было многоядерных процессоров, не говоря уже про Интернет, ранее испытывали серьезные трудности с использованием нескольких ядер процессоров. Наглядный пример — Python. Еще больше осложняет ситуацию то, что увеличение количества задействуемых ядер для не распараллеливаемых по своей сути задач ничего не дает, как демонстрирует рис. 9.8.

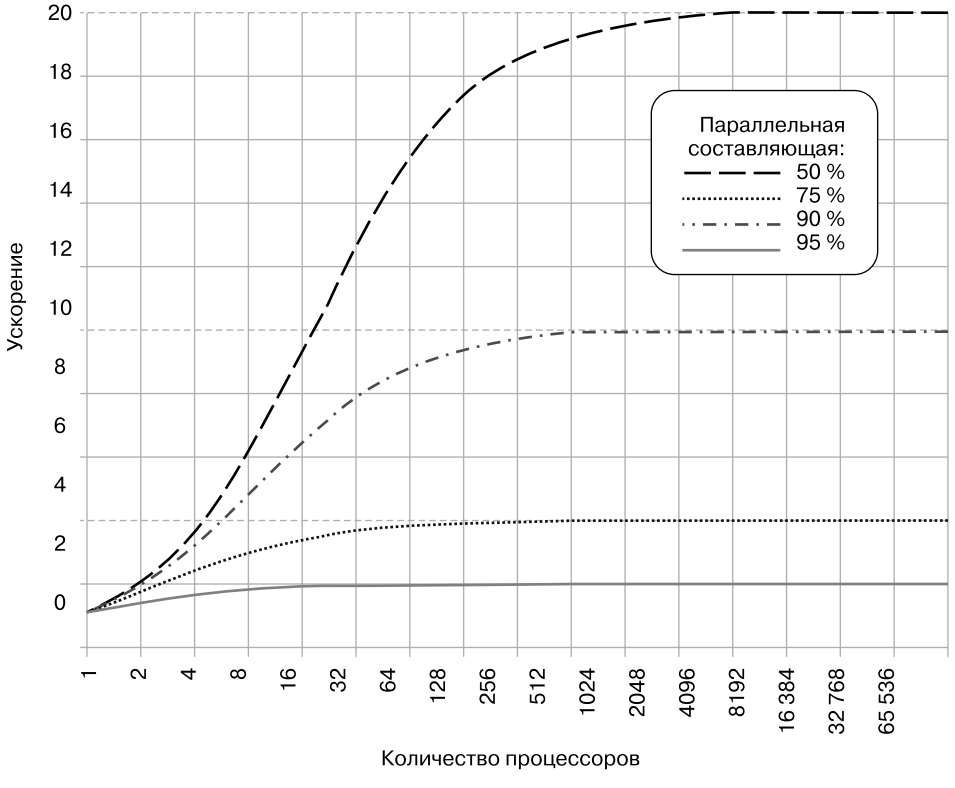


Рис. 9.8. Закон Амдала

Перспективы тут у облаков и различных архитектур наподобие специализированных под конкретные приложения интегральных схем (application-specific integrated circuit, ASIC). В их число входят графические процессоры (GPU), программируемые пользователем вентильные матрицы (field-programmable gate array, FPGA), а также тензорные процессоры (TPU). Эти специализированные микросхемы все шире применяются для задач машинного обучения, прокладывая дорогу для облачных архитектур, сочетающих различное аппаратное обеспечение для решения сложных задач распределенных вычислений.

Конкурентное выполнение на Python, быстродействие и управление процессами в эпоху облачных вычислений

Представьте себя гуляющими поздно вечером по темной улице в опасном районе Сан-Франциско. Допустим, у вас черный пояс по бразильскому джиу-джитсу. Вы идете в одиночестве и замечаете, что какой-то незнакомец, похоже, вас преследует. Он приближается, ваше сердце начинает биться сильнее, вы вспоминаете свои годы тренировок по боевым искусствам. Придется ли вам драться с незнакомцем на улице? Вы проводите по несколько активных спаррингов в неделю в тренажерном зале и чувствуете, что готовы защитить себя, если понадобится. Вы также знаете, что бразильское джиу-джитсу — эффективное боевое искусство, прекрасно работающее на практике.

Однако драки всегда лучше избежать. Это опасно. Незнакомец может быть вооружен. Вы можете победить, но нанести противнику серьезные увечья. Или можете проиграть и сами получить серьезные увечья. Даже настоящий мастер бразильского джиу-джитсу знает, что драка на улице не лучший сценарий, несмотря на высокую вероятность победить.

Конкурентность в Python совершенно аналогична. Хотя существуют удобные паттерны наподобие библиотек `multiprocessing` и `asyncio`, конкурентность не стоит использовать часто. Нередко можно вместо этого использовать возможности конкурентности платформы (бессерверную обработку данных, пакетную обработку, спотовые инстансы), а не конкурентную обработку, реализуемую самостоятельно на каком-либо языке программирования.

Управление процессами

Управление процессами в Python — совершенно автономная возможность языка программирования. Python служит своеобразным связующим элементом для других платформ, языков и процессов, именно в этом он особенно силен. Кроме того, управление процессами с годами стало реализовываться совершенно по-другому и продолжает совершенствоваться.

Процессы и дочерние процессы

Простейший и наиболее эффективный способ запуска процессов с помощью стандартной библиотеки — функция `run()`. Достаточно, чтобы у вас был установлен

Python 3.7 или выше, а дальше можно начать с нее и упростить свой код. Простейший пример состоит всего из одной строки кода:

```
out = subprocess.run(["ls", "-l"], capture_output=True)
```

Она способна выполнить практически все что угодно. Строка вызывает инструкцию командной оболочки в дочернем процессе Python и захватывает выводимые результаты. Возвращаемое значение — объект типа `CompletedProcess`. Для запуска процесса используются `args`: `returncode`, `stdout`, `stderr` и `check_returncode`.

Этот однострочный сценарий замещает и упрощает недостаточно лаконичные и слишком сложные методы вызовов инструкций командной оболочки, что просто замечательно для разработчиков, часто пишущих код на языке Python, смешанный с инструкциями командной оболочки. Вот еще несколько полезных советов.

Избегайте shell=True

С точки зрения безопасности лучше вызывать команды в виде элементов списка:

```
subprocess.run["ls", "-la"]
```

И избегать использования строк следующего вида:

```
#Избегайте подобного
subprocess.run("ls -la", shell=True)
```

Причина этого очевидна. Если принимать на входе произвольную строку и выполнять ее, очень легко случайно нарушить безопасность программы. Допустим, вы написали простую программу, с помощью которой пользователь может выводить список файлов в каталоге. Он может воспользоваться вашей программой для выполнения произвольной команды. Случайно создать брешь в защите очень опасно, надеемся, это хорошо иллюстрирует, насколько плохой идеей будет использовать `shell=True`!

```
# Вводимые злоумышленником команды, приводящие к необратимой утере данных
user_input = 'some_dir && rm -rf /some/important/directory'
my_command = "ls -l " + user_input
subprocess.run(my_command, shell=True)
```

Можно полностью предотвратить подобное, запретив использование строк:

```
# Вводимые злоумышленником команды ни к чему плохому не приводят
user_input = 'some_dir && rm -rf /some/important/directory'
subprocess.run(["ls", "-l", user_input])
```

Задание времени ожидания и работа с ним

При написании кода, который запускает довольно долго выполняющиеся процессы, желательно указывать разумное время ожидания по умолчанию. Проще всего экспериментировать с этой возможностью с помощью команды `sleep` Unix. Вот пример команды `sleep`, выполнение которой завершается до истечения времени ожидания в командной оболочке IPython. Она возвращает объект `CompletedProcess`:

```
In [1]: subprocess.run(["sleep", "3"], timeout=4)
Out[1]: CompletedProcess(args=['sleep', '3'], returncode=0)
```

А это вторая версия, генерирующая исключение. В большинстве случаев лучше как-нибудь это исключение обработать:

```
----> 1 subprocess.run(["sleep", "3"], timeout=1)
/Library/Frameworks/Python.framework/Versions/3.7/lib/python3.7/subprocess.py
 in run(input, capture_output, timeout, check, *popenargs, **kwargs)
    477             stdout, stderr = process.communicate()
    478             raise TimeoutExpired(process.args, timeout, output=stdout,
--> 479                                  stderr=stderr)
    480       except:  # Including KeyboardInterrupt, communicate handled that.
    481             process.kill()
TimeoutExpired: Command '['sleep', '3']' timed out after 1 seconds
```

Наиболее разумный подход — перехватить это исключение `TimeoutExpired`, после чего занести информацию о нем в журнал и реализовать код для освобождения памяти:

```
import logging
import subprocess

try:
    subprocess.run(["sleep", "3"], timeout=4)
except subprocess.TimeoutExpired:
    logging.exception("Sleep command timed out")
```

Журналирование исключений жизненно необходимо при создании систем профессионального уровня. Отследить ошибку при развертывании кода на множестве машин будет невозможно без централизованной системы журналирования с возможностью поиска. Профессионалам в сфере DevOps чрезвычайно важно следовать этому паттерну и рассказывать всем о его полезности.

Проблема с потоками выполнения Python

Возможно, в детстве у вас был приятель, с которым ваши родители не советовали водиться. Если так, видимо, они пытались помочь вам избежать плохих решений. Потоки выполнения Python во многом схожи с таким скверным другом. Если с ними связаться, ни к чему хорошему это не приведет.

Потоки выполнения в других языках программирования — вполне разумный компромисс. В таких языках, как C#, можно работать с пулами потоков выполнения, подключающихся к очередям, и рассчитывать, что каждый из порожденных процессов сможет полноценно использовать все ядра устройства. Этот неплохо себя показавший паттерн применения потоков выполнения смягчает недостатки от необходимости вручную устанавливать и убирать блокировки в коде.

О Python этого сказать нельзя. При порождении потоков выполнения он не задействует все ядра процессоров машины и зачастую ведет себя совершенно непредсказуемо, перескакивая с ядра на ядро и даже замедляя работу кода. Зачем использовать подобное, если есть другие варианты?

Раз вы хотите больше узнать про DevOps, наверное, вы человек практичный и хотели бы получать и применять только рациональные и прагматичные знания. Соображения практичности — еще одна причина избегать потоков выполнения в Python. Теоретически в некоторых ситуациях можно добиться повышения быстродействия с помощью потоков выполнения, если проблема связана с ограничениями ввода/вывода. Однако опять же какой смысл работать ненадежным инструментом, если существуют надежные? Потоки выполнения Python подобны автомобилю, который все время нужно заводить «с толкача» или от чужого аккумулятора, выжимая сцепление, потому что его собственный капризничает. Что будет, если в один прекрасный день чужого аккумулятора под рукой не окажется или нужно будет припарковаться на холме? Подобная стратегия — чистой воды безумие!

В этой главе вы не найдете примеров использования потоков выполнения. Зачем подавать плохой пример? Вместо этого стоит сосредоточиться на перечисленных в этой главе альтернативных вариантах.

Решение задач с помощью библиотеки multiprocessing

Библиотека `multiprocessing` — единственный универсальный способ использования всех ядер машины с помощью стандартной библиотеки Python. Как видно на рис. 9.9, на уровне операционной системы есть два варианта: многопроцессная обработка и контейнеры.

Контейнеры как альтернатива мультипроцессной обработке отличаются от нее разительно. Если библиотека `multiprocessing` используется для многократного вызова процесса без межпроцессного взаимодействия, то имеет смысл задействовать контейнер, виртуальную машину или какую-либо из нативных возможностей облака, например функцию как сервис. Один из популярных и эффективных вариантов таких нативных возможностей — AWS Lambda.

Рис. 9.9. Параллельное выполнение кода на Python

Аналогично у контейнера также много преимуществ по сравнению с ветвлением процессов вручную. Определения контейнеров представляют собой код. Можно выбирать объемы используемых контейнерами ресурсов в разрезе оперативной памяти, CPU и дисковых операций ввода/вывода. Они представляют собой прямую альтернативу и зачастую лучшую замену ветвлению процессов вручную. Кроме того, на практике они гораздо легче укладываются в мировоззрение DevOps.

С точки зрения DevOps, если вы осознали, что конкурентности в Python желательно избегать при малейшей возможности, даже сценарии использования модуля `multiprocessing` довольно ограниченны. Возможно, лучше задействовать библиотеку `multiprocessing` только для разработки и проведения экспериментов, поскольку существуют значительно лучшие варианты на уровне как контейнеров, так и облачных сервисов.

Можно сформулировать это и по-другому. Просто задумайтесь, кому вы доверяете создавать ветви процессов: написанному вами на Python многопроцессному коду, Kubernetes, созданному разработчиками Google, или AWS Lambda, созданному разработчиками Amazon? По нашему опыту, лучше всего стоять на плечах гигантов. Разобравшись с этим философским вопросом, обсудим несколько способов эффективной мультипроцессной обработки.

Ветвление процессов с помощью Pool()

Простейший способ проверить возможности ветвления процессов и выполнения в них функции — расчет кластеризации методом k-средних с помощью библиотеки машинного обучения sklearn. Кластеризация методом k-средних требует большого объема вычислений и характеризуется временно́й сложностью алгоритма $O(n^{**}2)$, то есть объем вычислений растет экспоненциально быстрее при росте объемов данных. Этот пример прекрасно подходит для распараллеливания

как на макро-, так и на микроуровне. В следующем примере[1] метод `make_blobs` создает набор данных, включающий 100 тыс. записей и десять признаков. При этом измеряется время выполнения каждого алгоритма k-средних, а также общее время:

```
from sklearn.datasets.samples_generator import make_blobs
from sklearn.cluster import KMeans
import time

def do_kmeans():
    """Кластеризация сгенерированных данных методом k-средних"""

    X,_ = make_blobs(n_samples=100000, centers=3, n_features=10,
                random_state=0)
    kmeans = KMeans(n_clusters=3)
    t0 = time.time()
    kmeans.fit(X)
    print(f"KMeans cluster fit in {time.time()-t0}")

def main():
    """Выполняем все расчеты"""

    count = 10
    t0 = time.time()
    for _ in range(count):
        do_kmeans()
    print(f"Performed {count} KMeans in total time: {time.time()-t0}")
if __name__ == "__main__":
    main()
```

Время выполнения алгоритма метода k-средних демонстрирует, что это ресурсоемкая операция, — десять итераций длятся 3,5 секунды:

```
(.python-devops) ➜ python kmeans_sequential.py
KMeans cluster fit in 0.29854321479797363
KMeans cluster fit in 0.2869119644165039
KMeans cluster fit in 0.2811620235443115
KMeans cluster fit in 0.28687286376953125
KMeans cluster fit in 0.2845759391784668
KMeans cluster fit in 0.2866239547729492
KMeans cluster fit in 0.2843656539916992
KMeans cluster fit in 0.2885470390319824
KMeans cluster fit in 0.2878849506378174
KMeans cluster fit in 0.28443288803100586
Performed 10 KMeans in total time: 3.510640859603882
```

[1] В последних версиях библиотеки sklearn нет модуля sklearn.datasets.samples_generator, его заменил sklearn.datasets, так что первая строка с импортом должна выглядеть вот так: from sklearn.datasets import make_blobs. — *Примеч. пер.*

Этот пример демонстрирует, почему важно профилировать код и не торопиться сразу заниматься распараллеливанием. При небольших размерах задачи накладные расходы на распараллеливание приведут лишь к замедлению работы кода, не говоря уже про усложнение его отладки.

С точки зрения DevOps всегда следует выбирать самый простой и удобный для сопровождения подход. На практике это значит, что вариант мультипроцессного распараллеливания вполне подходящий, но сначала следует попробовать распараллеливание на макроуровне. Существуют и альтернативные макроподходы с использованием контейнеров, FaaS (AWS Lambda или другие бессерверные технологии) либо высокопроизводительный сервер для запуска процессов-исполнителей (RabbitMQ или Redis).

Функция как сервис и бессерверная обработка данных

Нынешняя эра ИИ ставит задачи, требующие новых парадигм. Рост тактовой частоты процессоров практически остановился, что, по существу, отменило закон Мура. В то же время эстафету подхватили резкий рост объемов данных, расцвет облачных вычислений и доступность специализированных интегральных схем (ASIC). Важную роль начали играть функции как единицы выполняемой работы.

Бессерверная обработка данных и FaaS иногда используются как синонимы, описывая функции как единицы работы на облачных платформах.

Повышение производительности Python с помощью библиотеки Numba

Numba — замечательная библиотека для распределенного решения различных задач. Использовать ее — все равно что совершенствовать автомобиль с помощью высокопроизводительных запчастей. Кроме того, она позволяет полноценно задействовать ASIC для решения конкретных задач.

Динамический компилятор Numba

Взглянем на пример использования динамического компилятора (Just in Time Compiler, JIT) Numba из официальной документации (https://oreil.ly/KlW5s), немного его модифицируем, а затем пошагово опишем, что происходит.

Этот пример представляет собой функцию на языке Python, декорированную динамическим компилятором. Благодаря аргументу `nopython=True` код

проходит через динамический компилятор и оптимизируется с помощью LLVM-компилятора. Если не указать эту опцию, то все не транслированное в LLVM останется обычным кодом на языке Python:

```
import numpy as np
from numba import jit

@jit(nopython=True)
def go_fast(a):
    """На вход должен быть подан массив Numpy"""

    count = 0
    for i in range(a.shape[0]):
        count += np.tanh(a[i, i])
    return count + trace
```

Далее мы создаем массив numpy и измеряем время выполнения с помощью «магической» функции IPython:

```
x = np.arange(100).reshape(10, 10)
%timeit go_fast(x)
```

Как видно из результатов, код выполняется 855 наносекунд:

```
The slowest run took 33.43 times longer than the fastest. This example could mean
that an intermediate result is cached. 1000000 loops, best of 3: 855 ns per loop
```

С помощью этой уловки можно запустить и обычную версию, чтобы не нужно было использовать декоратор:

```
%timeit go_fast.py_func(x)
```

Как видно из результатов, без динамического компилятора обычный код Python выполняется в 20 раз медленнее:

```
The slowest run took 4.15 times longer than the fastest. This result could mean
that an intermediate run is cached. 10000 loops, best of 3: 20.5 µs per loop
```

Динамический компилятор Numba умеет оптимизировать циклы `for`, ускоряя их выполнение, а также функции и структуры данных numpy. Главный вывод из этого примера: возможно, имеет смысл проанализировать уже существующий код, работающий многие годы, и выяснить, не принесет ли пользу критическим компонентам инфраструктуры Python компиляция с помощью динамического компилятора Numba.

Высокопроизводительные серверы

Самореализация — важнейшая составляющая человеческого развития. Простейшее определение самореализации: достижение индивидуумом своего истинного потенциала. Для этого необходимо принять свою человеческую природу со

всеми ее недостатками. Согласно одной из оценок, полностью самореализуется менее 1 % людей.

Аналогичное понятие применимо и к языку программирования Python. Разработчик может полноценно использовать язык программирования, только если примет все его сильные и слабые стороны. Python — вовсе не высокопроизводительный язык. Python — отнюдь не язык, оптимизированный для написания серверов, как некоторые другие: Go, Java, C, C++, C# или Erlang. Зато Python позволяет добавлять высокоуровневую логику поверх высокопроизводительного кода, написанного на высокопроизводительном языке программирования или созданного на такой платформе.

Популярность Python во многом обусловлена тем, что он хорошо отражает естественный процесс мышления человека. При достаточном опыте использования Python вы сможете «думать» на нем, как думаете на родном языке. Логику можно выражать различными способами: языком, символьной нотацией, кодом, картинками, музыкой и живописью. Такие понятия теории вычислительной техники, как управление памятью, объявление типов, примитивы конкурентного выполнения и объектно-ориентированное проектирование, можно отделить от чистой логики. Они не обязательны для выражения идеи.

Мощь подобных Python языков заключается в том, что пользователь может работать на уровне логики, а не на уровне теории вычислительной техники. Всегда следует применять правильные инструменты, которыми зачастую бывает облако или сервис, написанный на другом языке программирования.

Резюме

И для DevOps, и для науки о данных характерно разделение людей по должностям и обязанностям. В числе преимуществ методологии DevOps, достигаемых ориентацией на прагматизм, — скорость, автоматизация, надежность, масштабируемость и безопасность. Эффективность операций повышается за счет применения решений макроуровня для конкурентной обработки процессов и управления ими. Не стоит использовать решения микроуровня, не исследовав сначала, какие фреймворки и решения доступны, — это опасный антипаттерн DevOps.

Какие же выводы вы можете сделать относительно применения Python в эпоху облачных вычислений?

- Найдите и освойте лучше всего подходящую для конкретной задачи методику конкурентной обработки.
- Научитесь использовать высокопроизводительные вычислительные библиотеки, например Numba, для ускорения выполнения кода с помощью потоков выполнения, динамической компиляции и GPU.

- Научитесь применять FaaS для изящного решения нестандартных задач.
- Рассматривайте облако как операционную систему, которой можно делегировать всю самую трудную работу по конкурентному выполнению заданий.
- Примите на вооружение такие естественные для облаков конструкции, как непрерывная поставка, контейнеры в формате Docker и бессерверная обработка данных.

Вопросы

- Что такое IaaS?
- Что такое PaaS?
- Что такое «способность к быстрой адаптации»?
- Что означает термин «доступность»?
- Какие существуют типы облачных вычислительных сервисов?
- Что такое бессерверная обработка данных?
- В чем состоят главные различия между IaaS и PaaS?
- Что такое закон Амдала?

Вопросы на ситуационный анализ

- Компания сомневается, переходить ли на облачные сервисы, из-за слухов об их дороговизне. Какие существуют способы снижения рисков затрат, связанных с переходом на облачные сервисы?
- Приведите пример нативной облачной архитектуры. Нарисуйте структурную схему нативной облачной системы и перечислите ее важнейшие возможности.
- Для чего предназначены спотовые и вытесняемые инстансы? Каким образом они позволяют экономить деньги? Для каких задач они подходят и для каких — нет?

ГЛАВА 10

Инфраструктура как код

До появления модных названий должностей и должностных обязанностей DevOps мы были просто скромными системными администраторами, или, коротко, сисадминами. В те мрачные дооблачные времена нам приходилось загружать багажники своих машин серверами без ПО, ехать в центр колокации, чтобы разместить их в стойках, подключить к сети, подсоединить монитор, клавиатуру, мышь и настраивать по одному. Григ до сих пор вздрагивает, вспоминая о часах, проведенных в центрах колокации под ослепительным светом ламп и ледяным потоком воздуха от кондиционеров. Сначала нам приходилось совершенствовать свое знание Bash, затем мы перешли на Perl, а самые везучие из нас — на Python. Как говорится, Интернет около 2004 года держался на скотче и жевательной резинке.

Примерно в 2006–2007 годах мы открыли для себя волшебный мир инстансов Amazon EC2. Выделение серверов теперь осуществлялось через простой интерфейс с помощью всего нескольких щелчков кнопкой мыши либо через утилиты командной строки. Больше никаких поездок в центры колокации, никаких укладки и подключения серверов. При необходимости можно было легко запустить десять инстансов EC2 за раз. Или даже 20! Или вообще 100! Никаких ограничений. Однако мы быстро поняли, что подход с подключением вручную к каждому инстансу EC2 по SSH и настройкой всех наших приложений на каждом инстансе по отдельности масштабируется плохо. Выделять инстансы самостоятельно оказалось не так уж трудно. Сложнее было установить все необходимые для наших приложений пакеты, добавлять нужных пользователей, задавать права доступа к файлам и, наконец, установить и настраивать сами приложения. Для решения этих задач и появилось ПО для автоматизации выделения инфраструктуры в виде утилит управления настройками. Первой широко известной такой утилитой стала Puppet, выпущенная в 2005 году, еще до появления Amazon EC2. Следом за ней появились и другие подобные утилиты: Chef в 2008-м, за ней SaltStack в 2011-м и Ansible в 2012-м.

К 2009 году мир был готов с распростертыми объятиями встретить новое понятие — DevOps. До сих пор существует несколько альтернативных его определений. Самое интересное, что оно возникло в самом начале бурной разработки ПО для автоматизации инфраструктуры. И хотя существуют важные культурные и общечеловеческие аспекты DevOps, в этой главе мы обратим особое внимание на одно — возможность автоматизации выделения ресурсов, настройки и развертывания инфраструктуры и приложений.

К 2011 году стало непросто отслеживать все веб-сервисы, составляющие AWS. Облако Amazon далеко шагнуло от простых вычислительных мощностей (Amazon EC2) и объектного хранилища (Amazon S3). Приложения начали полагаться на многочисленные сервисы, взаимодействующие друг с другом, и для автоматизации выделения этих сервисов понадобились соответствующие утилиты. Amazon очень скоро заполнил эту нишу и в 2011-м предложил именно такую утилиту — Amazon CloudFormation. Именно тогда мы наконец действительно могли сказать, что можем описать нашу инфраструктуру в коде. CloudFormation открыла путь к новому поколению утилит типа «инфраструктура как код» (IaC), работающих на уровне самой облачной инфраструктуры, ниже уровня, обслуживаемого утилитами управления настройками первого поколения.

К 2014-му платформа AWS насчитывала уже десятки утилит. В этом году в мире IaC появилась еще одна важная утилита — Terraform от компании HashiCorp. По сей день две чаще всего используемые утилиты IaC — это CloudFormation и Terraform.

Еще один важный шаг вперед в мире IaC и DevOps был сделан в конце 2013-го — начале 2014 года: выпуск Docker, ставшего синонимом контейнерных технологий. И хотя контейнеры существовали уже многие годы, огромным преимуществом Docker стали удобные в использовании API и интерфейс командной строки (CLI) для технологий наподобие контейнеров Linux и контрольных групп, существенно снизившие порог входа для желающих упаковать приложения в контейнеры, которые можно было бы развертывать и запускать везде, где работает Docker. Контейнерные технологии и платформы координации контейнеров обсуждаются подробнее в главах 11 и 12.

Число знающих про Docker и применяющих его пользователей резко возросло и привело к падению популярности утилит управления настройками первого поколения (Puppet, Chef, Ansible, SaltStack). Разработавшие эти утилиты компании сейчас с трудом удерживаются на плаву, срочно перестраиваясь на облачные рельсы. До появления Docker можно было выделить инфраструктуру для приложения с помощью утилит IaC, например CloudFormation или Terraform, затем развернуть само приложение (код и конфигурацию) с помощью утилиты управления настройками, например Puppet, Chef, Ansible или SaltStack. Docker

внезапно перевел эти утилиты управления настройками в разряд устаревших, поскольку предоставил средства для упаковки приложений (кода и конфигурации) в контейнер Docker, выполняемый внутри инфраструктуры, выделенной с помощью утилит IaC.

Классификация инструментов автоматизации выделения инфраструктуры

На текущий момент специалист по DevOps может легко потеряться в многообразии доступных инструментов автоматизации выделения инфраструктуры.

Утилиты IaC, в частности, различаются уровнем, на котором работают. Утилиты наподобие CloudFormation и Terraform действуют на уровне облачной инфраструктуры и служат для выделения облачных ресурсов для вычислений, хранения и передачи данных по сети, а также различных дополнительных сервисов — баз данных, очередей сообщений, средств анализа данных и многого другого. Утилиты управления настройками, например Puppet, Chef, Ansible и SaltStack, обычно работают на прикладном уровне и гарантируют установку всех необходимых для приложения пакетов, а также правильную настройку самого приложения (хотя у многих из них есть и модули для выделения облачных ресурсов). Docker также работает на прикладном уровне.

Сравнивать утилиты IaC можно также путем разбиения их на декларативные и императивные. Действия, которые должна выполнить утилита автоматизации, можно указывать декларативно, описывая желаемое будущее состояние системы. Декларативными являются Puppet, CloudFormation и Terraform. Либо можно работать с утилитой автоматизации процедурным (императивным) способом, указывая точные шаги, необходимые для достижения желаемого состояния системы. Chef и Ansible — императивные. SaltStack может работать как в декларативном, так и в императивном режиме.

Рассмотрим в качестве аналогии желаемого состояния системы предварительный эскиз какого-либо сооружения, допустим стадиона. Процедурные утилиты, такие как Chef и Ansible, строят этот стадион сектор за сектором и ряд за рядом внутри каждого из секторов. Необходимо отслеживать состояние стадиона и ход строительных работ. При использовании же декларативных утилит наподобие Puppet, CloudFormation или Terraform сначала создается эскиз стадиона. А затем утилита обеспечивает достижение отраженного в эскизе состояния.

С учетом названия главы мы в дальнейшем сосредоточимся на утилитах IaC, которые можно разбить по нескольким измерениям.

Одно измерение — способ задания желаемого состояния системы. В CloudFormation для этого применяется синтаксис JSON или YAML, а в Terraform — проприетарный синтаксис языка конфигурации HashiCorp (HCL). А Pulumi и AWS Cloud Development Kit (CDK) позволяют задействовать настоящие языки программирования, включая Python, для описания желаемого состояния системы.

Еще одно измерение — поддерживаемые каждой из утилит поставщики облачных сервисов. Поскольку CloudFormation — сервис Amazon, логично, что он ориентирован на AWS (хотя с помощью CloudFormation можно описывать и не относящиеся к AWS ресурсы при использовании типа ресурсов `CustomResource`). То же самое справедливо и для AWS CDK. А вот Terraform поддерживает множество поставщиков облачных сервисов, как и Pulumi.

Поскольку эта книга посвящена Python, мы хотели бы упомянуть утилиту `troposphere` (https://oreil.ly/Zdid-), с помощью которой можно задавать в коде Python шаблоны стека CloudFormation, а затем экспортировать их в JSON или YAML. Работа `troposphere` завершается на генерации шаблонов стека, а значит, вам придется самостоятельно выделять стек с помощью CloudFormation. Еще одна работающая с Python и заслуживающая упоминания утилита — `stacker` (https://oreil.ly/gBF_N), которая, «за кулисами», применяет `troposphere`, но предоставляет пользователю также сгенерированные шаблоны стека CloudFormation.

В дальнейшем мы покажем в действии две утилиты автоматизации, Terraform и Pulumi, в ходе работы над одним сценарием — развертыванием статического веб-сайта в Amazon S3 с Amazon CloudFront CDN в качестве клиентской части, безопасность которого обеспечивается SSL-сертификатом, выделяемым сервисом AWS Certificate Manager (ACM).

Некоторые из команд в последующих примерах генерируют большие объемы выводимой информации. Мы будем опускать большую часть строк выводимого текста, за исключением случаев, когда они необходимы для понимания работы команды, чтобы сберечь деревья[1] и помочь вам лучше сосредоточиться на происходящем.

Выделение инфраструктуры вручную

Мы начнем с того, что пройдем по сценарию в ручном режиме с помощью веб-консоли AWS. Ничто не даст полнее насладиться результатами автоматизации утомительной работы, чем все муки выполнения того же вручную!

[1] Из которых делается бумага. — *Примеч. пер.*

Сначала будем следовать документации с сайта AWS по хостингу статического веб-сайта в S3 (https://oreil.ly/kdv8T).

Мы заранее с помощью Namecheap купили доменное имя devops4all.dev. Создали для этого домена зону хостинга в Amazon Route 53 и указали в серверах доменных имен Namecheap для этого домена сервера DNS AWS, отвечающие за домен хостинга.

Мы выделили две корзины S3, одну для корневого URL сайта (devops4all.dev), а вторую — для URL с www (www.devops4all.dev). Наша идея заключалась в перенаправлении запросов с www на корневой URL. Мы также изучили руководство и настроили корзины на хостирование статического сайта с соответствующими правами доступа. Далее загрузили файл `index.html` и изображение в формате JPG в корневую корзину S3.

Следующий шаг — предоставление SSL-сертификата для как корневого доменного имени (devops4all.dev), так и для всех его поддоменов (*.devops4all.dev). Проверку мы производили с помощью записей DNS, добавленных в зону хостинга Route 53.

ACM-сертификат необходимо предоставить в регионе AWS us-east-1, чтобы можно было использовать его в CloudFront.

Далее мы создали раздачу AWS CloudFront CDN, указывающую на корневую корзину S3, и воспользовались ACM-сертификатом, созданным на предыдущем шаге. Мы также указали, что HTTP-запросы должны перенаправляться на HTTPS. После развертывания раздачи (что заняло примерно 15 минут) мы добавили записи Route 53 типа A для корневого домена и домена www в качестве псевдонимов, указывающих на имя DNS конечной точки раздачи CloudFront.

В результате мы добились того, что при переходе по адресу http://devops4all.dev нас автоматически перенаправляет на https://devops4all.dev и мы видим домашнюю страницу сайта с загруженным изображением. Мы также попробовали зайти по адресу http://www.devops4all.dev и были перенаправлены на https://devops4all.dev.

Создание всех упомянутых ресурсов AWS вручную заняло примерно 30 минут. Мы также потратили 15 минут в ожидании распространения раздачи CloudFront, так что в итоге получилось 45 минут. Учтите, что раньше мы все это уже выполняли и знали в точности, что и как надо делать, и лишь изредка заглядывали в руководство AWS.

Стоит потратить минуту, чтобы оценить по достоинству то, насколько упростилось сейчас создание бесплатного SSL-сертификата. Прошли те времена, когда нужно было ждать часами или даже днями одобрения запроса поставщиком SSL-сертификатов, причем вы должны были представить доказательства, что ваша компания существует. При наличии AWS ACM и Let's Encrypt в 2020 году не может быть оправданий тому, что не на всех страницах веб-сайта используется SSL.

Автоматическое выделение инфраструктуры с помощью Terraform

Мы решили задействовать Terraform в качестве первой утилиты IaC для автоматизации упомянутых задач, хотя она и не имеет непосредственного отношения к Python. Однако у нее есть несколько преимуществ, в частности зрелость, развитая инфраструктура и средства выделения ресурсов для мультиоблаков.

При написании кода Terraform рекомендуется применять модули — переиспользуемые компоненты кода конфигурации Terraform. Компания HashiCorp поддерживает единый реестр (https://registry.terraform.io/) модулей Terraform, в котором вы можете найти готовые модули для выделения нужных ресурсов. В этом же примере мы напишем собственные модули.

Здесь использована версия 0.12.1 Terraform — последняя на момент написания книги. Установить ее на Mac можно с помощью `brew`:

```
$ brew install terraform
```

Выделение корзины S3

Создадим каталог `modules`, а в нем — каталог `s3` с тремя файлами: `main.tf`, `variables.tf` и `outputs.tf`. Файл `main.tf` в каталоге `s3` указывает Terraform на необходимость создания корзины S3 с заданной политикой. В нем задействуется объявленная в файле `variables.tf` переменная `domain_name`, значение которой передается туда вызывающей модуль стороной. В результате выводится конечная точка DNS корзины S3, используемая далее другими модулями в качестве входной переменной.

Вот как выглядит содержимое названных трех файлов из каталога `modules/s3`:

```
$ cat modules/s3/main.tf
resource "aws_s3_bucket" "www" {
  bucket = "www.${var.domain_name}"
  acl = "public-read"
  policy = <<POLICY
```

```
{
  "Version":"2012-10-17",
  "Statement":[
    {
      "Sid":"AddPerm",
      "Effect":"Allow",
      "Principal": "*",
      "Action":["s3:GetObject"],
      "Resource":["arn:aws:s3:::www.${var.domain_name}/*"]
    }
  ]
}
POLICY

  website {
    index_document = "index.html"
  }
}

$ cat modules/s3/variables.tf
variable "domain_name" {}

$ cat modules/s3/outputs.tf
output "s3_www_website_endpoint" {
  value = "${aws_s3_bucket.www.website_endpoint}"
}
```

Атрибут policy вышеупомянутого ресурса aws_s3_bucket представляет собой пример политики корзин S3, открывающей общий доступ к корзине. Если вы работаете с корзинами S3 в контексте IaC, вам не помешает познакомиться с официальной документацией AWS по корзинам и пользовательским политикам (https://oreil.ly/QtTYd).

Основной сценарий Terraform, связывающий воедино все модули, — это файл `main.tf` в текущем каталоге:

```
$ cat main.tf
provider "aws" {
  region = "${var.aws_region}"
}

module "s3" {
  source = "./modules/s3"
  domain_name = "${var.domain_name}"
}
```

Он ссылается на переменные, описанные в отдельном файле `variables.tf`:

```
$ cat variables.tf
variable "aws_region" {
```

```
  default = "us-east-1"
}

variable "domain_name" {
  default = "devops4all.dev"
}
```

Вот дерево текущего каталога на данный момент:

```
|____main.tf
|____variables.tf
|____modules
| |____s3
| | |____outputs.tf
| | |____main.tf
| | |____variables.tf
```

Первый шаг запуска Terraform — вызов команды `terraform init` для чтения содержимого всех модулей, на которые ссылается файл `main`.

Следующий шаг — выполнение команды `terraform plan`, создающей вышеупомянутый эскиз.

Для создания указанных в эскизе ресурсов выполните команду `terraform apply`:

```
$ terraform apply

An execution plan has been generated and is shown below.
Resource actions are indicated with the following symbols:
  + create

Terraform will perform the following actions:

  # module.s3.aws_s3_bucket.www will be created
  + resource "aws_s3_bucket" "www" {
      + acceleration_status = (known after apply)
      + acl  = "public-read"
      + arn  = (known after apply)
      + bucket  = "www.devops4all.dev"
      + bucket_domain_name  = (known after apply)
      + bucket_regional_domain_name = (known after apply)
      + force_destroy = false
      + hosted_zone_id= (known after apply)
      + id= (known after apply)
      + policy  = jsonencode(
            {
              + Statement = [
                  + {
                      + Action = [
                          + "s3:GetObject",
                        ]
```

```
                    + Effect = "Allow"
                    + Principal = "*"
                    + Resource  = [
                        + "arn:aws:s3:::www.devops4all.dev/*",
                      ]
                    + Sid = "AddPerm"
                  },
              ]
            + Version= "2012-10-17"
          }
      )
    + region  = (known after apply)
    + request_payer = (known after apply)
    + website_domain= (known after apply)
    + website_endpoint = (known after apply)

    + versioning {
        + enabled = (known after apply)
        + mfa_delete = (known after apply)
      }

    + website {
        + index_document = "index.html"
      }
  }

Plan: 1 to add, 0 to change, 0 to destroy.

Do you want to perform these actions?
  Terraform will perform the actions described above.
  Only 'yes' will be accepted to approve.

  Enter a value: yes

module.s3.aws_s3_bucket.www: Creating...
module.s3.aws_s3_bucket.www: Creation complete after 7s [www.devops4all.dev]

Apply complete! Resources: 1 added, 0 changed, 0 destroyed.
```

Теперь с помощью UI веб-консоли AWS можно убедиться, что корзина S3 была создана.

Предоставление SSL-сертификата с помощью ACM AWS

Следующий модуль предназначен для предоставления SSL-сертификата с помощью сервиса AWS Certificate Manager. Создайте каталог `modules/acm`, содержащий три файла: `main.tf`, `variables.tf` и `outputs.tf`. Файл `main.tf` в каталоге `acm` указывает Terraform создать SSL-сертификат ACM с DNS в качестве метода проверки. В нем используется объявленная в файле `variables.tf` переменная `domain_name`, значение которой передается туда вызывающей модуль стороной.

В результате выводится идентификатор ARN сертификата, служащий далее входной переменной для других модулей:

```
$ cat modules/acm/main.tf
resource "aws_acm_certificate" "certificate" {
  domain_name = "*.${var.domain_name}"
  validation_method = "DNS"
  subject_alternative_names = ["*.${var.domain_name}"]
}

$ cat modules/acm/variables.tf
variable "domain_name" {
}

$ cat modules/acm/outputs.tf
output "certificate_arn" {
  value = "${aws_acm_certificate.certificate.arn}"
}
```

Добавляем в файл `main.tf` Terraform ссылку на новый модуль `acm`:

```
$ cat main.tf
provider "aws" {
  region = "${var.aws_region}"
}

module "s3" {
  source = "./modules/s3"
  domain_name = "${var.domain_name}"
}

module "acm" {
  source = "./modules/acm"
  domain_name = "${var.domain_name}"
}
```

Следующие три шага — такие же, как и в последовательности создания корзины S3: `terraform init`, `terraform plan` и `terraform apply`.

Воспользуемся консолью AWS для добавления необходимых для процесса проверки записей Route 53. Проверка и выпуск сертификата обычно занимают несколько минут.

Выделение раздачи Amazon CloudFront

Следующий модуль предназначен для выделения раздачи Amazon CloudFront. Создайте каталог `modules/cloudfront`, содержащий три файла: `main.tf`, `variables.tf` и `outputs.tf`. Файл `main.tf` в каталоге `cloudfront` указывает Terraform создать ресурс раздачи Amazon CloudFront. В нем используются не-

сколько переменных, объявленных в файле `variables.tf`, значения которых передаются туда вызывающей модуль стороной. В результате выводятся доменное имя DNS для конечной точки CloudFront и идентификатор зоны хостинга Route 53 для раздачи, служащие в дальнейшем входными переменными для других модулей:

```
$ cat modules/cloudfront/main.tf
resource "aws_cloudfront_distribution" "www_distribution" {
  origin {
    custom_origin_config {
      // These are all the defaults.
      http_port= "80"
      https_port  = "443"
      origin_protocol_policy = "http-only"
      origin_ssl_protocols= ["TLSv1", "TLSv1.1", "TLSv1.2"]
    }

    domain_name = "${var.s3_www_website_endpoint}"
    origin_id= "www.${var.domain_name}"
  }

  enabled  = true
  default_root_object = "index.html"

  default_cache_behavior {
    viewer_protocol_policy = "redirect-to-https"
    compress = true
    allowed_methods= ["GET", "HEAD"]
    cached_methods = ["GET", "HEAD"]
    target_origin_id = "www.${var.domain_name}"
    min_ttl  = 0
    default_ttl = 86400
    max_ttl  = 31536000

    forwarded_values {
      query_string = false
      cookies {
        forward = "none"
      }
    }
  }

  aliases = ["www.${var.domain_name}"]

  restrictions {
    geo_restriction {
      restriction_type = "none"
    }
  }

  viewer_certificate {
    acm_certificate_arn = "${var.acm_certificate_arn}"
```

```
    ssl_support_method  = "sni-only"
  }
}

$ cat modules/cloudfront/variables.tf
variable "domain_name" {}
variable "acm_certificate_arn" {}
variable "s3_www_website_endpoint" {}

$ cat modules/cloudfront/outputs.tf
output "domain_name" {
  value = "${aws_cloudfront_distribution.www_distribution.domain_name}"
}

output "hosted_zone_id" {
  value = "${aws_cloudfront_distribution.www_distribution.hosted_zone_id}"
}
```

Добавляем ссылку на модуль `cloudfront` в файл `main.tf` Terraform. Передаем `s3_www_website_endpoint` и `acm_certificate_arn` в модуль `cloudfront` в качестве входных переменных. Их значения извлекаются из выходных результатов других модулей, `s3` и `acm` соответственно.

ARN расшифровывается как Amazon Resource Name («имя ресурса Amazon») и представляет собой строковое значение, однозначно идентифицирующее данный ресурс AWS. При использовании утилит IaC, производящих действия внутри AWS, вы увидите немало генерируемых и передаваемых в виде переменных значений ARN.

```
$ cat main.tf
provider "aws" {
  region = "${var.aws_region}"
}

module "s3" {
  source = "./modules/s3"
  domain_name = "${var.domain_name}"
}

module "acm" {
  source = "./modules/acm"
  domain_name = "${var.domain_name}"
}

module "cloudfront" {
  source = "./modules/cloudfront"
  domain_name = "${var.domain_name}"
  s3_www_website_endpoint = "${module.s3.s3_www_website_endpoint}"
  acm_certificate_arn = "${module.acm.certificate_arn}"
}
```

Следующие три шага — уже привычные нам при выделении ресурсов с помощью Terraform `terraform init`, `terraform plan` и `terraform apply`.

В данном случае шаг `terraform apply` занимает почти 23 минуты. Выделение раздачи Amazon CloudFront — одна из самых длительных операций в AWS, поскольку «за кулисами» Amazon развертывает раздачу глобально.

Создание записи DNS Route 53

Следующий модуль предназначен для создания записи DNS Route 53 для основного домена сайта www.devops4all.dev. Создайте каталог `modules/route53`, содержащий два файла: `main.tf` и `variables.tf`. Файл `main.tf` в каталоге `route53` указывает Terraform создать запись DNS Route 53 типа `A` в качестве псевдонима для имени DNS конечной точки CloudFront. В нем используется несколько переменных, объявленных в файле `variables.tf`, значения которых передаются туда вызывающей модуль стороной:

```
$ cat modules/route53/main.tf
resource "aws_route53_record" "www" {
  zone_id = "${var.zone_id}"
  name = "www.${var.domain_name}"
  type = "A"
  alias {
    name  = "${var.cloudfront_domain_name}"
    zone_id  = "${var.cloudfront_zone_id}"
    evaluate_target_health = false
  }
}

$ cat modules/route53/variables.tf
variable "domain_name" {}
variable "zone_id" {}
variable "cloudfront_domain_name" {}
variable "cloudfront_zone_id" {}
```

Добавляем ссылку на модуль `route53` в файл `main.tf` Terraform. Передаем `zone_id`, `cloudfront_domain_name` и `cloudfront_zone_id` в модуль `route53` в качестве входных переменных. Значение `zone_id` объявлено в файле `variables.tf`, а остальные значения извлекаются из выходных результатов модуля `cloudfront`:

```
$ cat main.tf
provider "aws" {
  region = "${var.aws_region}"
}

module "s3" {
  source = "./modules/s3"
```

```
  domain_name = "${var.domain_name}"
}
module "acm" {
  source = "./modules/acm"
  domain_name = "${var.domain_name}"
}
module "cloudfront" {
  source = "./modules/cloudfront"
  domain_name = "${var.domain_name}"
  s3_www_website_endpoint = "${module.s3.s3_www_website_endpoint}"
  acm_certificate_arn = "${module.acm.certificate_arn}"
}
module "route53" {
  source = "./modules/route53"
  domain_name = "${var.domain_name}"
  zone_id = "${var.zone_id}"
  cloudfront_domain_name = "${module.cloudfront.domain_name}"
  cloudfront_zone_id = "${module.cloudfront.hosted_zone_id}"
}
$ cat variables.tf
variable "aws_region" {
  default = "us-east-1"
}
variable "domain_name" {
  default = "devops4all.dev"
}
variable "zone_id" {
  default = "ZWX18ZIVHAA5O"
}
```

Следующие три шага, надеемся, вам уже привычные, предназначены для выделения ресурсов с помощью Terraform: `terraform init`, `terraform plan` и `terraform apply`.

Копирование статических файлов в корзину S3

Для комплексного тестирования выделенного статического веб-сайта создайте простой файл `index.html`, содержащий JPEG-изображение, и скопируйте оба файла в выделенную ранее с помощью Terraform корзину S3. Убедитесь, что значение переменной среды `AWS_PROFILE` соответствует уже указанному в файле `~/.aws/credentials`:

```
$ echo $AWS_PROFILE
gheorghiu-net
$ aws s3 cp static_files/index.html s3://www.devops4all.dev/index.html
upload: static_files/index.html to s3://www.devops4all.dev/index.html
$ aws s3 cp static_files/devops4all.jpg s3://www.devops4all.dev/devops4all.jpg
upload: static_files/devops4all.jpg to s3://www.devops4all.dev/devops4all.jpg
```

Зайдите по адресу https://www.devops4all.dev/ и убедитесь, что загруженное JPG-изображение отображается нормально.

Удаление всех ресурсов AWS, выделенных с помощью Terraform

Выделяя облачные ресурсы, не следует забывать об их стоимости. Если забыть об этом, в конце месяца можно получить очень неприятный сюрприз в виде счета AWS. Не забудьте удалить все выделенные ранее ресурсы, для чего можете воспользоваться командой `terraform destroy`. Отметим также, что содержимое корзины S3 необходимо удалить до выполнения команды `terraform destroy`, поскольку Terraform не удаляет непустые корзины.

Перед выполнением команды terraform destroy обязательно убедитесь, что вы не удаляете необходимые для промышленной эксплуатации ресурсы!

Автоматическое выделение инфраструктуры с помощью Pulumi

Если говорить об утилитах IaC, то Pulumi — один из новичков. Так что она еще несколько сырovата, особенно если говорить о поддержке Python.

Pulumi позволяет задавать желаемое состояние инфраструктуры, указывая выделяемые ресурсы с помощью настоящих языков программирования. Первым поддерживаемым Pulumi языком стал TypeScript, но сейчас поддерживаются также Go и Python.

Важно понимать разницу между написанием кода автоматизации выделения инфраструктуры на Python с помощью Pulumi и с помощью библиотек автоматизации AWS, например Boto.

При использовании Pulumi код Python описывает выделяемые ресурсы. Фактически при этом создается эскиз/состояние, которое мы обсуждали в начале данной главы. Pulumi, таким образом, напоминает в этом отношении Terraform, но отличается тем, что открывает все возможности языков программирования, например Python, в смысле написания функций, циклов, использования переменных и т. д. Вы не ограничены при этом рамками языка разметки наподобие HCL Terraform. Pulumi объединяет возможности декларативного подхода, при

котором описывается желаемое итоговое состояние, с возможностями настоящего языка программирования.

При задействовании же библиотек автоматизации AWS наподобие Boto в создаваемом коде как описываются, так и выделяются отдельные ресурсы AWS. Никакого общего эскиза/состояния нет, а значит, необходимо самостоятельно отслеживать все выделяемые ресурсы и координировать их создание и удаление. Такой подход к утилитам автоматизации является императивным (процедурным). Но при нем все равно сохраняется преимущество в виде возможности написания кода Python.

Для использования Pulumi необходимо создать бесплатную учетную запись на веб-сайте pulumi.io. После этого можно установить утилиту командной строки на своей локальной машине. На компьютерах Macintosh для установки Pulumi можно применить Homebrew.

Первая команда, которую необходимо выполнить локально, — `pulumi login`:

```
$ pulumi login
Logged into pulumi.com as griggheo (https://app.pulumi.com/griggheo)
```

Создание нового проекта Pulumi на Python для AWS

Создаем каталог `proj1`, выполняем в нем команду `pulumi new` и выбираем шаблон `aws-python`. В процессе создания проекта `pulumi` запрашивает название стека. Назовем его `staging`:

```
$ mkdir proj1
$ cd proj1
$ pulumi new
Please choose a template: aws-python        A minimal AWS Python Pulumi program
This command will walk you through creating a new Pulumi project.

Enter a value or leave blank to accept the (default), and press <ENTER>.
Press ^C at any time to quit.

project name: (proj1)
project description: (A minimal AWS Python Pulumi program)
Created project 'proj1'

stack name: (dev) staging
Created stack 'staging'

aws:region: The AWS region to deploy into: (us-east-1)
Saved config
```

```
Your new project is ready to go!
To perform an initial deployment, run the following commands:

   1. virtualenv -p python3 venv
   2. source venv/bin/activate
   3. pip3 install -r requirements.txt

Then, run 'pulumi up'
```

Важно осознавать различия между проектом Pulumi и стеком Pulumi. Проект — это код, с помощью которого задается желаемое состояние системы, то есть ресурсы, которые Pulumi должен выделить. А стек — это конкретное развертывание проекта. Стек может соответствовать конкретной среде — разработки, предэксплуатационного тестирования или промышленной эксплуатации. В следующих примерах мы создадим два стека Pulumi: `staging` для среды предэксплуатационного тестирования и `prod` для промышленной эксплуатации.

Вот файлы, входящие в шаблон `aws-python`, которые сгенерировала команда `pulumi new`:

```
$ ls -la
total 40
drwxr-xr-x   7 ggheo  staff  224 Jun 13 21:43 .
drwxr-xr-x  11 ggheo  staff  352 Jun 13 21:42 ..
-rw-------   1 ggheo  staff   12 Jun 13 21:43 .gitignore
-rw-r--r--   1 ggheo  staff   32 Jun 13 21:43 Pulumi.staging.yaml
-rw-------   1 ggheo  staff   77 Jun 13 21:43 Pulumi.yaml
-rw-------   1 ggheo  staff  184 Jun 13 21:43 __main__.py
-rw-------   1 ggheo  staff   34 Jun 13 21:43 requirements.txt
```

Следуем инструкциям, выведенным командой `pulumi new`, и устанавливаем `virtualenv`, после чего создаем новую среду `virtualenv` и устанавливаем указанные в файле `requirements.txt` библиотеки:

```
$ pip3 install virtualenv
$ virtualenv -p python3 venv
$ source venv/bin/activate
(venv) pip3 install -r requirements.txt
```

Прежде чем выделять с помощью команды pulumi up какие-либо ресурсы AWS, необходимо убедиться, что используется нужная учетная запись AWS. Один из вариантов указания нужной учетной записи AWS — задание переменной среды AWS_PROFILE в текущей командной оболочке. В нашем случае в локальном файле ~/.aws/credentials уже был настроен профиль AWS gheorghiu-net.

```
(venv) export AWS_PROFILE=gheorghiu-net
```

Сгенерированный Pulumi в виде части шаблона `aws-python` файл `__main__.py` выглядит следующим образом:

```
$ cat __main__.py
import pulumi
from pulumi_aws import s3

# Создаем ресурс AWS (корзину S3)
bucket = s3.Bucket('my-bucket')

# Экспорт названия корзины
pulumi.export('bucket_name',  bucket.id)
```

Клонируем на локальную машину репозиторий GitHub примеров Pulumi (https://oreil.ly/SIT-v), после чего копируем файл `__main__.py` из `pulumi-examples/aws-py-s3-folder` в текущий каталог.

Вот новый файл `__main__.py` в этом каталоге:

```
$ cat __main__.py
import json
import mimetypes
import os

from pulumi import export, FileAsset
from pulumi_aws import s3

web_bucket = s3.Bucket('s3-website-bucket', website={
    "index_document": "index.html"
})

content_dir = "www"
for file in os.listdir(content_dir):
    filepath = os.path.join(content_dir, file)
    mime_type, _ = mimetypes.guess_type(filepath)
    obj = s3.BucketObject(file,
        bucket=web_bucket.id,
        source=FileAsset(filepath),
        content_type=mime_type)

def public_read_policy_for_bucket(bucket_name):
    return json.dumps({
        "Version": "2012-10-17",
        "Statement": [{
            "Effect": "Allow",
            "Principal": "*",
            "Action": [
                "s3:GetObject"
            ],
```

```
            "Resource": [
                f"arn:aws:s3:::{bucket_name}/*",
            ]
        }]
    })

bucket_name = web_bucket.id
bucket_policy = s3.BucketPolicy("bucket-policy",
    bucket=bucket_name,
    policy=bucket_name.apply(public_read_policy_for_bucket))

# Экспорт названия корзины
export('bucket_name',  web_bucket.id)
export('website_url', web_bucket.website_endpoint)
```

Обратите внимание на использование переменных Python для `content_dir` и `bucket_name`, использование цикла `for`, а также обычной функции Python `public_read_policy_for_bucket`. Так приятно иметь возможность применять обычные конструкции языка Python в программах IaC!

Пришло время запустить `pulumi up`, чтобы выделить указанные в файле `__main__.py` ресурсы. Эта команда отображает все создаваемые ресурсы. Выбираем вариант `yes`, чтобы запустить процесс выделения ресурсов:

```
(venv) pulumi up
Previewing update (staging):

     Type                    Name               Plan
 +   pulumi:pulumi:Stack     proj1-staging      create
 +   ├─ aws:s3:Bucket        s3-website-bucket  create
 +   ├─ aws:s3:BucketObject  favicon.png        create
 +   ├─ aws:s3:BucketPolicy  bucket-policy      create
 +   ├─ aws:s3:BucketObject  python.png         create
 +   └─ aws:s3:BucketObject  index.html         create

Resources:
    + 6 to create

Do you want to perform this update? yes
Updating (staging):

     Type                    Name               Status
 +   pulumi:pulumi:Stack     proj1-staging      created
 +   ├─ aws:s3:Bucket        s3-website-bucket  created
 +   ├─ aws:s3:BucketObject  index.html         created
 +   ├─ aws:s3:BucketObject  python.png         created
 +   ├─ aws:s3:BucketObject  favicon.png        created
 +   └─ aws:s3:BucketPolicy  bucket-policy      created
```

```
Outputs:
    bucket_name: "s3-website-bucket-8e08f8f"
    website_url: "s3-website-bucket-8e08f8f.s3-website-us-east-1.amazonaws.com"

Resources:
    + 6 created

Duration: 14s
```

Просматриваем имеющиеся стеки Pulumi:

```
(venv) pulumi stack ls
NAME      LAST UPDATE    RESOURCE COUNT  URL
staging*  2 minutes ago  7        https://app.pulumi.com/griggheo/proj1/staging

(venv) pulumi stack
Current stack is staging:
    Owner: griggheo
    Last updated: 3 minutes ago (2019-06-13 22:05:38.088773 -0700 PDT)
    Pulumi version: v0.17.16
Current stack resources (7):
    TYPE                              NAME
    pulumi:pulumi:Stack               proj1-staging
    pulumi:providers:aws              default
    aws:s3/bucket:Bucket              s3-website-bucket
    aws:s3/bucketPolicy:BucketPolicy  bucket-policy
    aws:s3/bucketObject:BucketObject  index.html
    aws:s3/bucketObject:BucketObject  favicon.png
    aws:s3/bucketObject:BucketObject  python.png
```

Просматриваем вывод текущего стека:

```
(venv) pulumi stack output
Current stack outputs (2):
    OUTPUT       VALUE
    bucket_name  s3-website-bucket-8e08f8f
    website_url  s3-website-bucket-8e08f8f.s3-website-us-east-1.amazonaws.com
```

Зайдите на URL, приведенный в выводе `website_url` (http://s3-website-bucket-8e08f8f.s3-website-us-east-1.amazonaws.com/), и убедитесь, что статический сайт доступен.

В следующих разделах мы расширим этот проект Pulumi, задав дополнительные ресурсы AWS для выделения, чтобы выделить то же, что и с помощью Terraform: SSL-сертификат ACM, раздачу CloudFront и запись DNS Route 53 для URL нашего сайта.

Создание значений параметров конфигурации для стека staging

Наш текущий стек — `staging`. Переименуем существующий каталог `www` в `www-staging`, после чего с помощью команды `pulumi config set` зададим значения двух параметров конфигурации для текущего стека `staging`: `domain_name` и `local_webdir`:

```
(venv) mv www www-staging
(venv) pulumi config set local_webdir www-staging
(venv) pulumi config set domain_name staging.devops4all.dev
```

Больше подробностей о том, как Pulumi обращается со значениями параметров конфигурации и секретными данными, вы можете найти в справочной документации Pulumi (https://oreil.ly/D_Cy5).

Для просмотра имеющихся значений параметров конфигурации для текущего стека выполняем:

```
(venv) pulumi config
KEY           VALUE
aws:region    us-east-1
domain_name   staging.devops4all.dev
local_webdir  www-staging
```

Задав значения параметров конфигурации, воспользуемся ими в коде Pulumi:

```
import pulumi

config = pulumi.Config('proj1')  # proj1 is project name defined in Pulumi.yaml

content_dir = config.require('local_webdir')
domain_name = config.require('domain_name')
```

Теперь значения параметров конфигурации заданы, далее создадим SSL-сертификат с помощью сервиса AWS Certificate Manager.

Создаем SSL-сертификат ACM

В этом месте становится заметно, что Pulumi несколько сыровата в том, что касается SDK Python. Просто прочитать руководство Pulumi по Python SDK для модуля `acm` (https://oreil.ly/Niwaj) недостаточно, чтобы разобраться, что нужно делать в программе Pulumi.

К счастью, существует множество примеров Pulumi на TypeScript, из которых можно почерпнуть вдохновение. Один из таких примеров, прекрасно иллюстрирующий наш сценарий использования, — `aws-ts-static-website` (https://oreil.ly/7F39c).

Вот код TypeScript для создания нового сертификата ACM (из файла `index.ts` (https://oreil.ly/mlSr1)):

```
const certificate = new aws.acm.Certificate("certificate", {
    domainName: config.targetDomain,
    validationMethod: "DNS",
}, { provider: eastRegion });
```

А вот написанный нами эквивалентный код на языке Python:

```
from pulumi_aws import acm

cert = acm.Certificate('certificate', domain_name=domain_name,
    validation_method='DNS')
```

Эмпирическое правило по переносу кода Pulumi с TypeScript на Python: названия параметров в верблюжьем регистре в языке Python необходимо преобразовать в змеиный регистр. Как вы видели в предыдущем примере, domainName при этом превращается в domain_name, а validationMethod — в validation_method.

Следующий этап — выделение зоны Route 53, а в ней — проверочной записи DNS для SSL-сертификата ACM.

Выделение зоны Route 53 и записей DNS

Выделение новой зоны Route 53 с помощью Pulumi не доставляет сложностей, если следовать справочному руководству Pulumi SDK по модулю route53 (https://oreil.ly/cU9Yj):

```
from pulumi_aws import route53

domain_name = config.require('domain_name')

# Разбиваем доменное имя на имя поддомена и родительского домена,
# например "www.example.com" => "www", "example.com"
def get_domain_and_subdomain(domain):
  names = domain.split(".")
  if len(names) < 3:
    return('', domain)
  subdomain = names[0]
  parent_domain = ".".join(names[1:])
  return (subdomain, parent_domain)
```

```
(subdomain, parent_domain) = get_domain_and_subdomain(domain_name)
zone = route53.Zone("route53_zone", name=parent_domain)
```

Предыдущий фрагмент кода демонстрирует разбиение на две части прочитанного в переменную `domain_name` значения параметра конфигурации с помощью обычных функций Python. Например, `domain_name` со значением `staging.devops4all.dev` будет разбито на `subdomain` (`staging`) и `parent_domain` (`devops4all.dev`).

Переменная `parent_domain` далее используется в качестве параметра конструктора объекта `zone`, который указывает Pulumi на необходимость выделить ресурс `route53.Zone`.

После создания зоны Route 53 необходимо сделать так, чтобы серверы имен Namecheap указывали на серверы имен, прописанные в записи DNS для нашей новой зоны, чтобы она была доступна всем.

До сих пор все было хорошо. Следующий этап — создание сертификата ACM и записи DNS для его проверки.

Сначала мы попытались перенести пример с языка TypeScript, следуя эмпирическому правилу преобразования верблюжьего регистра в змеиный:

```
TypeScript:
    const certificateValidationDomain = new aws.route53.Record(
        `${config.targetDomain}-validation`, {
        name: certificate.domainValidationOptions[0].resourceRecordName,
        zoneId: hostedZoneId,
        type: certificate.domainValidationOptions[0].resourceRecordType,
        records: [certificate.domainValidationOptions[0].resourceRecordValue],
        ttl: tenMinutes,
    });
```

Первая попытка преобразования в код на Python путем изменения регистра:

```
cert = acm.Certificate('certificate',
    domain_name=domain_name, validation_method='DNS')

domain_validation_options = cert.domain_validation_options[0]

cert_validation_record = route53.Record(
  'cert-validation-record',
  name=domain_validation_options.resource_record_name,
  zone_id=zone.id,
  type=domain_validation_options.resource_record_type,
  records=[domain_validation_options.resource_record_value],
  ttl=600)
```

Безрезультатно. Команда `pulumi up` возвращает ошибку:

```
AttributeError: 'dict' object has no attribute 'resource_record_name'
```

Это нас изрядно озадачило, поскольку документация по SDK Python не содержит настолько подробной информации. Мы не знали, какие атрибуты необходимо задавать для объекта `domain_validation_options`.

Справиться с этой ситуацией нам удалось лишь тогда, когда мы добавили объект `domain_validation_options` в список экспортов Pulumi, выводимый Pulumi в консоль в конце операции `pulumi up`:

```
export('domain_validation_options', domain_validation_options)
```

В результате команда `pulumi up` вывела следующее:

```
+ domain_validation_options: {
  + domain_name        : "staging.devops4all.dev"
  + resourceRecordName : "_c5f82e0f032d0f4f6c7de17fc2c.staging.devops4all.dev."
  + resourceRecordType : "CNAME"
  + resourceRecordValue: "_08e3d475bf3aeda0c98.ltfvzjuylp.acm-validations.aws."
    }
```

В точку! Оказалось, что атрибуты объекта `domain_validation_options` остались в верблюжьем регистре.

Вот вторая, удачная попытка переноса на Python:

```
cert_validation_record = route53.Record(
  'cert-validation-record',
  name=domain_validation_options['resourceRecordName'],
  zone_id=zone.id,
  type=domain_validation_options['resourceRecordType'],
  records=[domain_validation_options['resourceRecordValue']],
  ttl=600)
```

Далее указываем новый тип выделяемого ресурса — ресурс завершения проверки сертификата. В результате операция `pulumi up` ждет, пока ACM завершит проверку сертификата, обратившись к созданной ранее записи проверки Route 53:

```
cert_validation_completion = acm.CertificateValidation(
        'cert-validation-completion',
        certificate_arn=cert.arn,
        validation_record_fqdns=[cert_validation_dns_record.fqdn])

cert_arn = cert_validation_completion.certificate_arn
```

Теперь у нас есть полностью автоматизированный способ создания SSL-сертификата ACM, а также проверки его через DNS.

Следующий этап — выделение раздачи CloudFront на корзину S3, где размещены статические файлы для нашего сайта.

Выделение раздачи CloudFront

Воспользуемся руководством SDK для модуля `cloudfront` (https://oreil.ly/4n98-), чтобы разобраться, какие параметры конструктора необходимо передавать в `cloudfront.Distribution`. Выясним, какими должны быть значения этих параметров, изучив внимательно код на TypeScript.

Вот конечный результат:

```
log_bucket = s3.Bucket('cdn-log-bucket', acl='private')

cloudfront_distro = cloudfront.Distribution ( 'cloudfront-distro',
    enabled=True,
    aliases=[ domain_name ],
    origins=[
        {
          'originId': web_bucket.arn,
          'domainName': web_bucket.website_endpoint,
          'customOriginConfig': {
              'originProtocolPolicy': "http-only",
              'httpPort': 80,
              'httpsPort': 443,
              'originSslProtocols': ["TLSv1.2"],
            },
        },
    ],

    default_root_object="index.html",
    default_cache_behavior={
        'targetOriginId': web_bucket.arn,

        'viewerProtocolPolicy': "redirect-to-https",
        'allowedMethods': ["GET", "HEAD", "OPTIONS"],
        'cachedMethods': ["GET", "HEAD", "OPTIONS"],
        'forwardedValues': {
            'cookies': { 'forward': "none" },
            'queryString': False,
        },

        'minTtl': 0,
        'defaultTtl': 600,
        'maxTtl': 600,
    },
    price_class="PriceClass_100",
    custom_error_responses=[
        { 'errorCode': 404, 'responseCode': 404,
```

```
          'responsePagePath': "/404.html" },
    ],

    restrictions={
        'geoRestriction': {
            'restrictionType': "none",
        },
    },
    viewer_certificate={
        'acmCertificateArn': cert_arn,
        'sslSupportMethod': "sni-only",
    },
    logging_config={
        'bucket': log_bucket.bucket_domain_name,
        'includeCookies': False,
        'prefix': domain_name,
    })
```

Осталось запустить `pulumi up` для выделения раздачи CloudFront.

Создание записи DNS Route 53 для URL сайта

Последний шаг комплексного выделения ресурсов для стека `staging` представляет собой относительно простую задачу указания записи DNS типа `A` в качестве псевдонима для домена конечной точки CloudFront:

```
site_dns_record = route53.Record(
        'site-dns-record',
        name=subdomain,
        zone_id=zone.id,
        type="A",
        aliases=[
        {
            'name': cloudfront_distro.domain_name,
            'zoneId': cloudfront_distro.hosted_zone_id,
            'evaluateTargetHealth': True
        }
    ])
```

Как обычно, выполняем команду `pulumi up`.

Теперь можно зайти по адресу https://staging.devops4all.dev и увидеть загруженные в S3 файлы. Перейдите в корзину журналирования в консоли AWS и убедитесь в наличии там журналов CloudFront.

Теперь посмотрим, как развернуть тот же самый проект Pulumi в новой среде, которой соответствует новый стек Pulumi.

Создание и развертывание нового стека

Мы решили модифицировать нашу программу Pulumi так, чтобы она не выделяла новую зону Route 53, а использовала значение идентификатора уже существующей зоны из параметра конфигурации.

Для создания стека `prod` применим команду `pulumi stack init`, указав в качестве названия `prod`:

```
(venv) pulumi stack init
Please enter your desired stack name: prod
Created stack 'prod'
```

В списке стеков теперь два стека, `staging` и `prod` со звездочкой, означающей, что этот стек является текущим:

```
(venv) pulumi stack ls
NAME     LAST UPDATE     RESOURCE COUNT  URL
prod*    n/a             n/a      https://app.pulumi.com/griggheo/proj1/prod
staging  14 minutes ago  14       https://app.pulumi.com/griggheo/proj1/staging
```

Пришло время задать подходящие значения параметров конфигурации для стека `prod`. Воспользуемся новым параметром конфигурации `dns_zone_id` со значением, равным идентификатору зоны, уже созданной Pulumi при выделении стека `staging`:

```
(venv) pulumi config set aws:region us-east-1
(venv) pulumi config set local_webdir www-prod
(venv) pulumi config set domain_name www.devops4all.dev
(venv) pulumi config set dns_zone_id Z2FTL2X8M0EBTW
```

Меняем код так, чтобы читать значение `zone_id` из конфигурации, а не создавать объект зоны Route 53.

Выделяем ресурсы AWS с помощью команды `pulumi up`:

```
(venv) pulumi up
Previewing update (prod):

     Type                              Name               Plan
     pulumi:pulumi:Stack               proj1-prod
 +   ├─ aws:cloudfront:Distribution    cloudfront-distro  create
 +   └─ aws:route53:Record             site-dns-record    create

Resources:
    + 2 to create
    10 unchanged
```

```
Do you want to perform this update? yes
Updating (prod):

     Type                              Name               Status
     pulumi:pulumi:Stack               proj1-prod
 +   ├─ aws:cloudfront:Distribution    cloudfront-distro  created
 +   └─ aws:route53:Record             site-dns-record    created

Outputs:
+ cloudfront_domain: "d3uhgbdw67nmlc.cloudfront.net"
+ log_bucket_id    : "cdn-log-bucket-53d8ea3"
+ web_bucket_id    : "s3-website-bucket-cde"
+ website_url      : "s3-website-bucket-cde.s3-website-us-east-1.amazonaws.com"

Resources:
    + 2 created
    10 unchanged

Duration: 18m54s
```

Успешно! Стек `prod` полностью развернут.

Однако содержимое каталога `www-prod` со статическими файлами нашего сайта в настоящий момент идентично содержимому каталога `www-staging`.

Отредактируем файл `www-prod/index.html`, поменяв «Hello, S3!» на «Hello, S3 production!», после чего снова запустим `pulumi up`, чтобы подхватить изменения и загрузить модифицированный файл в S3:

```
(venv) pulumi up
Previewing update (prod):

     Type                     Name        Plan       Info
     pulumi:pulumi:Stack      proj1-prod
 ~   └─ aws:s3:BucketObject   index.html   update     [diff: ~source]

Resources:
    ~ 1 to update
    11 unchanged

Do you want to perform this update? yes
Updating (prod):

     Type                     Name        Status      Info
     pulumi:pulumi:Stack      proj1-prod
 ~   └─ aws:s3:BucketObject   index.html   updated     [diff: ~source]

Outputs:
cloudfront_domain: "d3uhgbdw67nmlc.cloudfront.net"
log_bucket_id    : "cdn-log-bucket-53d8ea3"
web_bucket_id    : "s3-website-bucket-cde"
```

```
website_url      : "s3-website-bucket-cde.s3-website-us-east-1.amazonaws.com"
Resources:
    ~ 1 updated
    11 unchanged
Duration: 4s
```

Удаляем кэш раздачи CloudFront, чтобы увидеть изменения.

Теперь можно зайти на https://www.devops4all.dev и увидеть сообщение: `Hello, S3 production!`.

Один из подводных камней утилит IaC, отслеживающих состояние системы: в некоторых ситуациях видимое утилитой состояние может отличаться от фактического. В этом случае важно синхронизировать эти два состояния, в противном случае они будут расходиться все больше и вы станете бояться вносить какие-либо изменения из страха нарушить работу находящейся в промышленной эксплуатации системы. Не случайно в названии *«инфраструктура как код»* упомянуто слово *«код»*. Рекомендуемые практики использования утилит IaC гласят, что выделять все ресурсы желательно в коде, а не вручную. Придерживаться этих рекомендаций непросто, но в долгосрочной перспективе затраты на это оправдывают себя.

Упражнения

- Выделите тот же самый набор ресурсов AWS с помощью AWS Cloud Development Kit (https://aws.amazon.com/cdk).
- Выделите с помощью Terraform или Pulumi облачные ресурсы у других поставщиков облачных сервисов, например Google Cloud Platform или Microsoft Azure.

ГЛАВА 11

Контейнерные технологии: Docker и Docker Compose

Технологии виртуализации существуют еще со времен мейнфреймов IBM. Мало кому довелось поработать на мейнфрейме, но мы уверены, что хотя бы некоторые из читателей этой книги помнят времена, когда приходилось настраивать или использовать физический сервер от кого-либо из таких производителей, как HP или Dell. Эти производители до сих пор существуют, и до сих пор можно работать с такими серверами, размещенными в центре колокации, как в старые добрые времена доткомов.

Впрочем, большинство людей, говоря о виртуализации, не подразумевают автоматически мейнфреймы. Чаще всего они представляют себе при этом виртуальную машину (VM), в которой работает гостевая операционная система, например Fedora или Ubuntu, под управлением гипервизора, например VMware ESX или Citrix/Xen. Огромное преимущество виртуальных машин над обычными серверами состоит в том, что при их использовании можно оптимизировать ресурсы сервера (CPU, оперативная память, диск), распределив их на несколько виртуальных машин. Кроме того, можно задействовать несколько операционных систем, каждая — в собственной виртуальной машине на одном общем физическом сервере, а не покупать по отдельному серверу для каждой операционной системы. Сервисы облачных вычислений, такие как Amazon EC2, были бы невозможны без гипервизоров и виртуальных машин. Подобную виртуализацию можно назвать виртуализацией уровня ядра, поскольку в каждой виртуальной машине работает собственное ядро операционной системы.

В вечной гонке за максимальной отдачей от каждого доллара люди осознали, что даже виртуальные машины расходуют ресурсы не совсем экономно. Следу-

ющий логичный шаг — изолировать отдельное приложение в его собственной виртуальной среде. Достичь этого можно с помощью контейнеров, работающих в одном ядре операционной системы. В данном случае они изолируются на уровне файловой системы. Контейнеры Linux (LXC) и зоны Sun Solaris — самые ранние примеры подобных технологий. Их недостатки — сложность использования и тесная связь с операционной системой, в которой они работают. Один из крупнейших прорывов в сфере контейнеров связан с Docker, предоставляющим простой способ запуска и работы с контейнерами уровня файловой системы.

Что такое контейнер Docker

Контейнер Docker инкапсулирует приложение вместе с другими пакетами ПО и библиотеками, необходимыми для работы этого приложения. Иногда термины «контейнер Docker» и «образ контейнера Docker» используются как синонимы, но между этими понятиями есть важное различие. Образом контейнера Docker называется объект уровня файловой системы, инкапсулирующий приложение. Контейнером же Docker образ становится после запуска.

Можно выполнять много контейнеров Docker, использующих одно ядро операционной системы. Единственное требование — на хост-компьютере, где будут запускаться контейнеры, необходимо установить серверный компонент — так называемый демон (движок) Docker. Это позволяет более полно задействовать и тонко разделять между контейнерами ресурсы хоста, а значит, отдача от каждого доллара увеличивается.

Контейнеры Docker обеспечивают большую изоляцию и лучшее управление ресурсами, чем обычные процессы Linux (у полноценных виртуальных машин изоляция еще больше, а управление ресурсами еще лучше). Для достижения подобного уровня изоляции и управления ресурсами движок Docker применяет такие возможности ядра Linux, как пространства имен, контрольные группы и вспомогательная файловая система UnionFS.

Основное преимущество контейнеров Docker — переносимость. Созданный один раз контейнер Docker можно запустить на любой операционной системе хоста, где есть серверный демон Docker. В настоящее время демон Docker может работать во всех основных операционных системах: Linux, Windows и macOS.

Наверное, все это звучит несколько абстрактно, так что пора привести конкретные примеры.

Создание, сборка, запуск и удаление образов и контейнеров Docker

Поскольку книга посвящена языку Python и DevOps, в качестве первого примера приложения, работающего в контейнере Docker, воспользуемся классическим приложением «Hello, World» Flask. В приведенных в этом разделе примерах применяется пакет Docker для Mac. В последующих разделах мы покажем, как установить Docker на Linux.

Вот основной файл нашего приложения Flask:

```
$ cat app.py
from flask import Flask
app = Flask(__name__)

@app.route('/')
def hello_world():
    return 'Hello, World! (from a Docker container)'
if __name__ == '__main__':
    app.run(debug=True, host='0.0.0.0')
```

Нам также понадобится файл `requirements.txt`, где будет указана версия пакета Flask, которую необходимо установить с помощью `pip`:

```
$ cat requirements.txt
Flask==1.0.2
```

Попытка выполнить файл `app.py` непосредственно с помощью Python на ноутбуке под управлением macOS без установки требующихся предварительно пакетов приведет к ошибке:

```
$ python app.py
Traceback (most recent call last):
  File "app.py", line 1, in <module>
    from flask import Flask
ImportError: No module named flask
```

Проще всего решить эту проблему, установив нужный пакет на локальной машине с помощью системы управления пакетами `pip`. В результате возникнет нежелательная привязка к локальной операционной системе. А что, если приложение понадобится развернуть на сервере под управлением другой операционной системы? Тогда возникнет известная проблема, которую можно условно описать фразой «Работает на моей машине», при которой все прекрасно работает на нашем ноутбуке под управлением macOS, но по какой-то загадочной причине, обычно связанной с ориентированными на конкретную операционную систему

версиями библиотек Python, перестает работать на сервере предэксплуатационного тестирования или промышленной эксплуатации с другими операционными системами, например Ubuntu или Red Hat Linux.

Docker предлагает изящный выход из этой ситуации. Разработка по-прежнему выполняется на локальной машине с помощью наших любимых редакторов и наборов программных средств, но зависимости приложения упаковываются во внешний переносимый контейнер Docker.

Вот Dockerfile с описанием будущего образа Docker:

```
$ cat Dockerfile
FROM python:3.7.3-alpine

ENV APP_HOME /app
WORKDIR $APP_HOME

COPY requirements.txt .

RUN pip install -r requirements.txt

ENTRYPOINT [ "python" ]
CMD [ "app.py" ]
```

Несколько примечаний относительно того, что делает этот Dockerfile.

- Использует заранее собранный образ Docker для Python 3.7.3, основанный на дистрибутиве Alpine, благодаря которому получаются меньшие по размеру образы Docker. Данный образ Docker заранее включает такие исполняемые файлы, как `python` и `pip`.
- Устанавливает с помощью `pip` нужные пакеты.
- Задает ENTRYPOINT и CMD. Различие между ними состоит в том, что при запуске Docker собранного из Dockerfile образа он запускает программу ENTRYPOINT, за которой следуют все указанные в CMD аргументы. В данном случае выполняется команда `python app.py`.

Если не указать в Dockerfile ENTRYPOINT, будет использовано следующее значение по умолчанию: /bin/sh -c.

Чтобы создать образ Docker для этого приложения, выполните команду `docker build`:

```
$ docker build -t hello-world-docker .
```

Чтобы проверить, что образ Docker был сохранен на локальной машине, выполните команду `docker images` с названием образа:

```
$ docker images hello-world-docker
REPOSITORY              TAG       IMAGE ID            CREATED          SIZE
hello-world-docker      latest    dbd84c229002        2 minutes ago    97.7MB
```

Для запуска образа Docker как контейнера Docker предназначена команда `docker run`:

```
$ docker run --rm -d -v `pwd`:/app -p 5000:5000 hello-world-docker
c879295baa26d9dff1473460bab810cbf6071c53183890232971d1b473910602
```

Несколько примечаний относительно аргументов команды `docker run`.

- Аргумент `--rm` указывает серверу Docker на необходимость удалить этот контейнер по завершении его выполнения. Удобная возможность для предотвращения захламления локальной файловой системы.
- Аргумент `-d` указывает серверу Docker, что этот контейнер нужно запустить в фоновом режиме.
- С помощью аргумента `-v` текущий каталог (`pwd`) привязывается к каталогу `/app` внутри контейнера Docker, что важно для технологического процесса локальной разработки, поскольку позволяет редактировать файлы приложения на локальной машине с автоматической перезагрузкой их сервером для разработки Flask, запущенным внутри контейнера.
- Аргумент `-p 5000:5000` привязывает первый (локальный) из указанных портов (5000) ко второму порту (5000) внутри контейнера.

Вывести список запущенных контейнеров можно с помощью команды `docker ps`. Запомните идентификатор контейнера, он будет использоваться в других наших командах `docker`:

```
$ docker ps
CONTAINER ID  IMAGE                       COMMAND         CREATED
c879295baa26  hello-world-docker:latest   "python app.py" 4 seconds ago
STATUS          PORTS                     NAMES
Up 2 seconds    0.0.0.0:5000->5000/tcp    flamboyant_germain
```

Просмотреть журналы для конкретного контейнера можно с помощью команды `docker logs`, указав название или идентификатор этого контейнера:

```
$ docker logs c879295baa26
 * Serving Flask app "app" (lazy loading)
 * Running on http://0.0.0.0:5000/ (Press CTRL+C to quit)
 * Restarting with stat
 * Debugger is active!
 * Debugger PIN: 647-161-014
```

Выполните запрос к URL конечной точки, чтобы проверить работу приложения. Поскольку порт 5000 запущенного внутри контейнера Docker приложения привязан к порту 5000 на локальной машине с помощью флага командной строки `-p`, можно использовать в качестве конечной точки приложения локальный IP-адрес 127.0.0.1 и порт 5000:

```
$ curl http://127.0.0.1:5000
Hello, World! (from a Docker container)%
```

Теперь поменяйте код в `app.py`, воспользовавшись своим любимым редактором. Поменяйте текст приветствия на `Hello, World! (from a Docker container with modified code)`. Сохраните файл `app.py` и обратите внимание на примерно такие строки в журнале контейнера Docker:

```
 * Detected change in '/app/app.py', reloading
 * Restarting with stat
 * Debugger is active!
 * Debugger PIN: 647-161-014
```

Это демонстрирует, что запущенный в контейнере сервер для разработки Flask обнаружил изменение файла `app.py` и перезагрузил приложение.

Теперь при запросе к конечной точке приложения с помощью утилиты `curl` будет отображено измененное приветствие:

```
$ curl http://127.0.0.1:5000
Hello, World! (from a Docker container with modified code)%
```

Завершить выполнение контейнера можно с помощью команд `docker stop` или `docker kill`, указав в качестве аргумента идентификатор контейнера:

```
$ docker stop c879295baa26
c879295baa26
```

Удалить образ Docker с локального диска можно с помощью команды `docker rmi`:

```
$ docker rmi hello-world-docker
Untagged: hello-world-docker:latest
Deleted:sha256:dbd84c22900295055033422 4b4b42aba948ce450320a4d8388fa253348126402
Deleted:sha256:6a8f3db7658520a1654cc6abee8eafb463a72ddc3aa25f35ac0c5b1eccdf75cd
Deleted:sha256:aee7c3304ef6ff620956850e0b6e6b1a5a5828b58334c1b82b1a1c21afa8651f
Deleted:sha256:dca8a433d31fa06ab72af63ae23952ff27b702186de8cbea51cdea579f9221e8
Deleted:sha256:cb9d58c66b63059f39d2e70f05916fe466e5c99af919b425aa602091c943d424
Deleted:sha256:f0534bdca48bfded3c772c67489f139d1cab72d44a19c5972ed2cd09151564c1
```

Эта выведенная информация демонстрирует различные слои файловой системы, из которых состоит образ Docker. При удалении образа удаляются и эти слои. Больше подробностей об использовании Docker слоев файловой системы для сборки образов можно найти в документации по драйверам хранения Docker (https://oreil.ly/wqNve).

Публикация образов Docker в реестре Docker

После сборки на локальной машине образа Docker можно опубликовать его в так называемом реестре образов Docker. Существует несколько общедоступных реестров, в этом примере применим Docker Hub. Эти реестры предназначены для того, чтобы люди и организации могли обмениваться заранее собранными образами Docker с целью переиспользования на различных машинах и в операционных системах.

Вначале создайте бесплатную учетную запись на Docker Hub (https://hub.docker.com/), затем — репозиторий, общедоступный или частный. Мы создали частный репозиторий `flask-hello-world` в своей учетной записи `griggheo`. Далее в командной строке выполните команду `docker login` и укажите адрес электронной почты и пароль своей учетной записи. После этого вы сможете работать с Docker Hub через клиентское приложение `docker`.

Прежде чем показать, как опубликовать собранный на локальной машине образ Docker в Docker Hub, мы хотели бы обратить ваше внимание на то, что рекомендуется присваивать образам уникальные теги. Если не указать тег явно, по умолчанию образу будет присвоен тег latest. При помещении нового образа в реестр без тега тег latest будет перенесен на эту последнюю версию образа. Если при использовании образа Docker не указать точно нужный тег, будет использоваться версия latest образа, которая может содержать модификации и обновления, нарушающие зависимости. Как и всегда, здесь применим принцип «наименьшего удивления»: теги желательно задействовать как при помещении образов в реестр, так и ссылаясь на них в Dockerfile. Тем не менее вы можете помечать желаемую версию образа как latest, чтобы те, кого интересует самая свежая и лучшая версия, могли воспользоваться ею без указания тега.

В предыдущем разделе образ Docker автоматически получил при сборке тег `latest`, а репозиторий — название образа, отражая тот факт, что образ — локальный:

```
$ docker images hello-world-docker
REPOSITORY              TAG       IMAGE ID            CREATED          SIZE
hello-world-docker      latest    dbd84c229002        2 minutes ago    97.7MB
```

Для задания тега образа Docker выполните команду `docker tag`:

```
$ docker tag hello-world-docker hello-world-docker:v1
```

Теперь вы увидите оба тега для образа `hello-world-docker`:

```
$ docker images hello-world-docker
REPOSITORY              TAG      IMAGE ID          CREATED          SIZE
hello-world-docker      latest   dbd84c229002      2 minutes ago    97.7MB
hello-world-docker      v1       89bd38cb198f      42 seconds ago   97.7MB
```

Прежде чем опубликовать образ `hello-world-docker` в Docker Hub, необходимо также маркировать его названием репозитория Docker Hub, содержащего ваше имя пользователя или название вашей организации. В нашем случае репозиторий называется `griggheo/hello-world-docker`:

```
$ docker tag hello-world-docker:latest griggheo/hello-world-docker:latest
$ docker tag hello-world-docker:v1 griggheo/hello-world-docker:v1
```

Теперь опубликуйте оба тега образа в Docker Hub с помощью команды `docker push`:

```
$ docker push griggheo/hello-world-docker:latest
$ docker push griggheo/hello-world-docker:v1
```

Если вы следили за ходом примера и выполняли все команды, то увидите свой образ Docker опубликованным с обоими тегами в созданном под вашей учетной записью репозитории Docker Hub.

Запуск контейнера Docker из одного образа на другом хост-компьютере

Теперь, когда образ Docker опубликован в Docker Hub, мы готовы похвастаться переносимостью образов Docker, запустив основанный на опубликованном образе контейнер на другом хосте. Для этого мы рассмотрим гипотетический сценарий, в котором нам нужно работать с сотрудником, у которого нет macOS и он разрабатывает программы на ноутбуке под управлением Fedora. Этот сценарий включает извлечение из хранилища кода приложения и его модификацию.

Запускаем в AWS EC2-инстанс, в котором задействуется Linux 2 AMI, основанный на RedHat/CentOS/Fedora, после чего устанавливаем движок Docker. Добавьте пользователя по умолчанию в Linux 2 AMI (`ec2-user`), в группу `docker`, чтобы он мог выполнять команды клиента `docker`:

```
$ sudo yum update -y
$ sudo amazon-linux-extras install docker
$ sudo service docker start
$ sudo usermod -a -G docker ec2-user
```

Не забудьте извлечь код приложения на удаленном EC2-инстансе. В данном случае код состоит из одного файла `app.py`.

Далее запустите контейнер Docker, основанный на опубликованном нами в Docker Hub образе. Единственное отличие — в качестве аргумента команды `docker run` используется образ `griggheo/hello-world-docker:v1`, а не просто `griggheo/hello-world-docker`.

Выполните команду `docker login`, а затем:

```
$ docker run --rm -d -v `pwd`:/app -p 5000:5000 griggheo/hello-world-docker:v1

Unable to find image 'griggheo/hello-world-docker:v1' locally
v1: Pulling from griggheo/hello-world-docker
921b31ab772b: Already exists
1a0c422ed526: Already exists
ec0818a7bbe4: Already exists
b53197ee35ff: Already exists
8b25717b4dbf: Already exists
d997915c3f9c: Pull complete
f1fd8d3cc5a4: Pull complete
10b64b1c3b21: Pull complete
Digest: sha256:af8b74f27a0506a0c4a30255f7ff563c9bf858735baa610fda2a2f638ccfe36d
Status: Downloaded newer image for griggheo/hello-world-docker:v1
9d67dc321ffb49e5e73a455bd80c55c5f09febc4f2d57112303d2b27c4c6da6a
```

Обратите внимание на то, что движок Docker на EC2-инстансе понимает, что образа Docker на локальной машине нет, и скачивает его из Docker Hub, после чего запускает контейнер, основанный на только что скачанном образе.

На этом этапе был открыт доступ к порту 5000 посредством добавления правила в соответствующую этому EC2-инстансу группу безопасности. Зайдите на URL `http://54.187.189.51:5000`[1] (где `http://54.187.189.51` — внешний IP-адрес этого EC2-инстанса) — и вы увидите приветствие `Hello, World! (from a Docker container with modified code)`.

При модификации кода приложения на удаленном EC2-инстансе запущенный внутри контейнера Docker сервер Flask автоматически перезагружает модифицированный код. Поменяйте приветствие на `Hello, World! (from a Docker container on an EC2 Linux 2 AMI instance)` — и вы увидите из журналов контейнера Docker, что сервер Flask перезагрузил приложение:

```
[ec2-user@ip-10-0-0-111 hello-world-docker]$ docker ps
CONTAINER ID  IMAGE                           COMMAND         CREATED
9d67dc321ffb  griggheo/hello-world-docker:v1  "python app.py" 3 minutes ago
```

[1] Это просто пример URL, у вас будет другой IP-адрес.

```
STATUS        PORTS                    NAMES
Up 3 minutes  0.0.0.0:5000->5000/tcp   heuristic_roentgen

[ec2-user@ip-10-0-0-111 hello-world-docker]$ docker logs 9d67dc321ffb
 * Serving Flask app "app" (lazy loading)
 * Debug mode: on
 * Running on http://0.0.0.0:5000/ (Press CTRL+C to quit)
 * Restarting with stat
 * Debugger is active!
 * Debugger PIN: 306-476-204
72.203.107.13 - - [19/Aug/2019 04:43:34] "GET / HTTP/1.1" 200 -
72.203.107.13 - - [19/Aug/2019 04:43:35] "GET /favicon.ico HTTP/1.1" 404 -
 * Detected change in '/app/app.py', reloading
 * Restarting with stat
 * Debugger is active!
 * Debugger PIN: 306-476-204
```

Теперь при запросе к http://54.187.189.51:5000[1] будет отображаться новое приветствие — `Hello, World! (from a Docker container on an EC2 Linux 2 AMI instance)`.

Отметим, что для запуска приложения нам не пришлось устанавливать ничего относящегося к Python или Flask. Для использования возможностей переносимости Docker достаточно было просто запустить приложение в контейнере. Не случайно Docker выбрал название «контейнеры» для продвижения своей технологии — на это воодушевил пример грузовых транспортных контейнеров, которые произвели революцию в сфере грузоперевозок.

Немало статей об упаковке приложений Python в контейнеры Docker имеется в коллекции «Создание подходящих для промышленной эксплуатации контейнеров Docker для разработчиков на языке Python» (Production-ready Docker packaging for Python developers (https://pythonspeed.com/docker) Итамара Тюрнер-Трауринга (Itamar Turner-Trauring).

Запуск нескольких контейнеров Docker с помощью Docker Compose

В этом разделе мы воспользуемся руководством «Flask в примерах» (*Flask By Example*, https://oreil.ly/prNg7), в котором описывается, как создать приложение Flask для вычисления пар «слово — частотность» для текста, расположенного по заданному URL.

[1] И вновь ваш IP-адрес будет другим.

Начнем с клонирования репозитория «Flask в примерах» с GitHub (https://oreil.ly/M-pvc):

```
$ git clone https://github.com/realpython/flask-by-example.git
```

Для запуска нескольких контейнеров Docker, соответствующих различным частям приложения, применим команду `compose`. При использовании Compose описание и настройка составляющих приложение сервисов производятся в файле YAML, после чего эти сервисы, работающие в контейнерах Docker, создаются, запускаются и останавливаются с помощью утилиты командной строки `docker-compose`.

Первая зависимость для нашего примера приложения — PostgreSQL, как описывается в части 2 этого руководства (https://oreil.ly/iobKp).

Вот как можно описать внутри файла `docker-compose.yaml` запуск PostgreSQL в контейнере Docker:

```
$ cat docker-compose.yaml
version: "3"
services:
  db:
    image: "postgres:11"
    container_name: "postgres"
    ports:
      - "5432:5432"
    volumes:
      - dbdata:/var/lib/postgresql/data
volumes:
  dbdata:
```

Отметим несколько особенностей этого файла.

- В нем описывается сервис `db`, в основе которого лежит опубликованный в Docker Hub образ контейнера `postgres:11`.
- Задается соответствие локального порта 5432 порту 5432 контейнера.
- Задается том Docker для каталога, в котором PostgreSQL будет хранить свои данные, — `/var/lib/postgresql/data`. Благодаря этому хранимые в PostgreSQL данные не потеряются при перезапуске контейнера.

Утилита `docker-compose` не входит в состав движка Docker, так что ее необходимо установить отдельно. Инструкции по ее установке на различных операционных системах вы можете найти в официальной документации (https://docs.docker.com/compose/install).

Для загрузки описанного в файле `docker-compose.yaml` сервиса `db` выполните команду `docker-compose up -d db`, которая запустит в фоновом режиме (флаг `-d`) контейнер Docker для сервиса `db`[1]:

```
$ docker-compose up -d db
Creating postgres ... done
```

Загляните в журналы сервиса `db` с помощью команды `docker-compose logs db`:

```
$ docker-compose logs db
Creating volume "flask-by-example_dbdata" with default driver
Pulling db (postgres:11)...
11: Pulling from library/postgres
Creating postgres ... done
Attaching to postgres
postgres | PostgreSQL init process complete; ready for start up.
postgres |
postgres | 2019-07-11 21:50:20.987 UTC [1]
LOG:  listening on IPv4 address "0.0.0.0", port 5432
postgres | 2019-07-11 21:50:20.987 UTC [1]
LOG:  listening on IPv6 address "::", port 5432
postgres | 2019-07-11 21:50:20.993 UTC [1]
LOG:  listening on Unix socket "/var/run/postgresql/.s.PGSQL.5432"
postgres | 2019-07-11 21:50:21.009 UTC [51]
LOG:  database system was shut down at 2019-07-11 21:50:20 UTC
postgres | 2019-07-11 21:50:21.014 UTC [1]
LOG:  database system is ready to accept connections
```

При выполнении команды `docker ps` вы увидите контейнер, в котором запущена база данных PostgreSQL:

```
$ docker ps
dCONTAINER ID   IMAGE   COMMAND    CREATED   STATUS   PORTS   NAMES
83b54ab10099 postgres:11 "docker-entrypoint.s…"  3 minutes ago  Up 3 minutes
        0.0.0.0:5432->5432/tcp   postgres
```

А выполнение команды `docker volume ls` продемонстрирует том `dbdata` Docker, смонтированный к каталогу `/var/lib/postgresql/data` PostgreSQL:

```
$ docker volume ls | grep dbdata
local               flask-by-example_dbdata
```

---

[1] Чтобы все работало, мне понадобилось также задать общий пароль для PostgreSQL либо настроить ее использование без пароля, что можно сделать, например, внеся в вышеупомянутый файл docker-compose.yaml следующее:

environment:
POSTGRES_HOST_AUTH_METHOD: "trust". — *Примеч. пер.*

Чтобы подключиться к базе данных PostgreSQL, запущенной в соответствующем сервису `db` контейнере Docker, выполните команду `docker-compose exec db`, передав ей в командной строке опции `psql -U postgres`:

```
$ docker-compose exec db psql -U postgres
psql (11.4 (Debian 11.4-1.pgdg90+1))
Type "help" for help.

postgres=#
```

Следуя «Flask в примерах, часть 2» (https://oreil.ly/iobKp), создаем базу данных `wordcount`:

```
$ docker-compose exec db psql -U postgres
psql (11.4 (Debian 11.4-1.pgdg90+1))
Type "help" for help.

postgres=# create database wordcount;
CREATE DATABASE

postgres=# \l

                              List of databases
     Name  | Owner    | Encoding | Collate    | Ctype      | Access privileges
-----------+----------+----------+------------+------------+-------------------
 postgres  | postgres | UTF8     | en_US.utf8 | en_US.utf8 |
 template0 | postgres | UTF8     | en_US.utf8 | en_US.utf8 | =c/postgres +
           |          |          |            |            |postgres=CTc/postgres
 template1 | postgres | UTF8     | en_US.utf8 | en_US.utf8 | =c/postgres +
           |          |          |            |            |postgres=CTc/postgres
 wordcount | postgres | UTF8     | en_US.utf8 | en_US.utf8 |
(4 rows)
postgres=# \q
```

Подключаемся к базе данных `wordcount` и создаем роль `wordcount_dbadmin` для использования нашим приложением Flask:

```
$ docker-compose exec db psql -U postgres wordcount
wordcount=# CREATE ROLE wordcount_dbadmin;
CREATE ROLE
wordcount=# ALTER ROLE wordcount_dbadmin LOGIN;
ALTER ROLE
wordcount=# ALTER USER wordcount_dbadmin PASSWORD 'MYPASS';
ALTER ROLE
postgres=# \q
```

Следующий этап — создание Dockerfile для установки всего, что необходимо для нашего приложения Flask.

Внесите в файл `requirements.txt` следующие изменения:

- поменяйте версию пакета `psycopg2` с 2.6.1 на 2.7 для поддержки PostgreSQL 11;
- поменяйте версию пакета `redis` с 2.10.5 на 3.2.1 для улучшения поддержки Python 3.7;
- поменяйте версию пакета `rq` с 0.5.6 на 1.0 для улучшения поддержки Python 3.7.

Вот как выглядит теперь Dockerfile:

```
$ cat Dockerfile
FROM python:3.7.3-alpine

ENV APP_HOME /app
WORKDIR $APP_HOME

COPY requirements.txt .

RUN \
 apk add --no-cache postgresql-libs && \
 apk add --no-cache --virtual .build-deps gcc musl-dev postgresql-dev && \
 python3 -m pip install -r requirements.txt --no-cache-dir && \
 apk --purge del .build-deps

COPY . .

ENTRYPOINT [ "python" ]
CMD ["app.py"]
```

Между этим Dockerfile и использованной в первом примере версией hello-world-docker есть важное различие. Здесь содержимое текущего каталога, в котором находятся файлы приложения, копируется в образ Docker, чтобы проиллюстрировать сценарий, отличный от технологического процесса разработки, показанного ранее. В данном случае нас больше интересует максимально переносимый вариант запуска приложения, например, в среде предэксплуатационного тестирования или промышленной эксплуатации, где не нужно модифицировать файлы приложения через смонтированные тома, как в сценарии разработки. Для целей разработки docker-compose можно использовать со смонтированными локально томами, но здесь нас интересует переносимость контейнеров Docker между различными средами, например разработки, предэксплуатационного тестирования и промышленной эксплуатации.

Выполните команду `docker build -t flask-by-example:v1 .` для сборки локального образа Docker. Выводимые этой командой результаты приводить не станем из-за их большого объема.

Следующий шаг из руководства «Flask в примерах» — запуск миграций Flask.

Опишите в файле `docker-compose.yaml` новый сервис `migrations`, задайте для него `image`, `command`, переменные среды (`environment`) и укажите, что для него требуется, чтобы сервис `db` был запущен и работал:

```
$ cat docker-compose.yaml
version: "3"
services:
  migrations:
    image: "flask-by-example:v1"
    command: "manage.py db upgrade"
    environment:
      APP_SETTINGS: config.ProductionConfig
      DATABASE_URL: postgresql://wordcount_dbadmin:$DBPASS@db/wordcount
    depends_on:
      - db
  db:
    image: "postgres:11"
    container_name: "postgres"
    ports:
      - "5432:5432"
    volumes:
      - dbdata:/var/lib/postgresql/data
volumes:
  dbdata:
```

В переменной `DATABASE_URL` в качестве хоста для базы данных PostgreSQL указано название `db`, поскольку именно оно задано в качестве названия сервиса в файле `docker-compose.yaml` и утилита `docker-compose` умеет связывать одно с другим посредством создания наложенной сети, в которой все описанные в файле `docker-compose.yaml` сервисы могут взаимодействовать друг с другом по названиям. См. подробности в справочном руководстве по утилите `docker-compose` (https://oreil.ly/Io80N).

Определение переменной `DATABASE_URL` ссылается на другую переменную — `DBPASS`, вместо того чтобы жестко «зашивать» пароль пользователя `wordcount_dbadmin`. Обычно файл `docker-compose.yaml` вносится в систему контроля версий, и рекомендуется не отправлять в GitHub секретные данные, такие как учетные данные БД. Вместо этого для работы с файлами, содержащими секретные данные, стоит задействовать утилиты шифрования, например `sops` (https://github.com/mozilla/sops).

Вот пример создания с помощью `sops` зашифрованного посредством PGP файла.

Вначале установите `gpg` на macOS с помощью команды `brew install gpg`, после чего сгенерируйте новый ключ PGP с пустой парольной фразой:

```
$ gpg --generate-key
pub   rsa2048 2019-07-12 [SC] [expires: 2021-07-11]
      E14104A0890994B9AC9C9F6782C1FF5E679EFF32
uid                      pydevops <my.email@gmail.com>
sub   rsa2048 2019-07-12 [E] [expires: 2021-07-11]
```

Далее скачайте с веб-страницы пакет `sops` с его выпусками (https://github.com/mozilla/sops/releases).

Для создания нового зашифрованного файла с названием, например, `environment.secrets` запустите утилиту `sops` с флагом `-pgp` и передайте ей сигнатуру сгенерированного ранее ключа:

```
$ sops --pgp BBDE7E57E00B98B3F4FBEAF21A1EEF4263996BD0 environment.secrets
```

В результате будет открыт текстовый редактор по умолчанию, в который можно будет ввести секретные данные в виде открытого текста. В этом примере файл `environment.secrets` содержит следующее:

```
export DBPASS=MYPASS
```

Сохранив файл `environment.secrets`, проинспектируйте его, чтобы убедиться, что он зашифрован и его можно спокойно вносить в систему управления исходными кодами:

```
$ cat environment.secrets
{
  "data": "ENC[AES256_GCM,data:qlQ5zc7e8KgGmu5goC9WmE7PP8gueBoSsmM=,
  iv:xG8BHcRfdfLpH9nUlTijBsYrh4TuSdvDqp5F+2Hqw4I=,
  tag:0OIVAm9O/UYGljGCzZerTQ==,type:str]",
  "sops": {
    "kms": null,
    "gcp_kms": null,
    "lastmodified": "2019-07-12T05:03:45Z",
    "mac": "ENC[AES256_GCM,data:wo+zPVbPbAJt9Nl23nYuWs55f68/DZJWj3pc0
    l8T2d/SbuRF6YCuOXHSHIKs1ZBpSlsjmIrPyYTqI+M4Wf7it7fnNS8b7FnclwmxJjptBWgL
    T/A1GzIKT1Vrgw9QgJ+prq+Qcrk5dPzhsOTxOoOhGRPsyN8KjkS4sGuXM=,iv:0VvSMgjF6
    ypcK+1J54fonRoI7c5whmcu3iNV8xLH02k=,
    tag:YaI7DXvvllvpJ3Talzl8lg==,
    type:str]",
    "pgp": [
      {
        "created_at": "2019-07-12T05:02:24Z",
        "enc": "-----BEGIN PGP MESSAGE-----\n\nhQEMA+3cyc
        g5b/Hu0OvU5ONr/F0htZM2MZQSXpxoCiO\nWGB5Czc8FTSlRSwu8/cOx0Ch1FwH+IdLwwL+jd
        oXVe55myuu/3OKUy7H1w/W2R\nPI99Biw1m5u3ir3+9tLXmRpLWkz7+nX7FThl9QnOS25
        NRUSSxS7hNaZMcYjpXW+w\nM3XeaGStgbJ9OgIp4A8YGigZQVZZFl3fAG3bm2c+TNJcAbl
        zDpc40fxlR+7LroJI\njuidzyOEe49k0pq3tzqCnph5wPr3HZ1JeQmsIquf//9D509S5xH
```

```
        Sa9lkz3Y7V4KC\nefzBiS8pivm55T0s+zPBPB/GWUVlqGaxRhv1TAU=\n=WA4+
        \n-----END PGP MESSAGE-----\n",
        "fp": "E14104A0890994B9AC9C9F6782C1FF5E679EFF32"
      }
    ],
    "unencrypted_suffix": "_unencrypted",
    "version": "3.0.5"
  }
}%
```

Для его расшифровки выполните:

```
$ sops -d environment.secrets
export DBPASS=MYPASS
```

Существует одна небольшая проблема, связанная с взаимодействием sops с gpg на компьютерах Macintosh. Перед расшифровкой файла с помощью sops необходимо выполнить следующие команды:

```
$ GPG_TTY=$(tty)
$ export GPG_TTY
```

Наша цель — запустить сервис `migrations`, описанный ранее в файле `docker-compose.yaml`. Связать метод управления секретными данными `sops` с `docker-compose`, расшифровать файл `environments.secrets` с помощью `sops -d`, отправить с помощью команды `source` его содержимое в виртуальную среду текущей командной оболочки, после чего вызвать `docker-compose up -d migrations`, и все это — в однострочной команде, чтобы секретные данные не отображались в истории командной оболочки:

```
$ source <(sops -d environment.secrets); docker-compose up -d migrations
postgres is up-to-date
Recreating flask-by-example_migrations_1 ... done
```

Проверяем, что миграция выполнена успешно, заглянув в базу данных и убедившись, что были созданы две таблицы — `alembic_version` и `results`:

```
$ docker-compose exec db psql -U postgres wordcount
psql (11.4 (Debian 11.4-1.pgdg90+1))
Type "help" for help.

wordcount=# \dt
                 List of relations
 Schema |      Name       | Type  |       Owner
--------+-----------------+-------+-------------------
 public | alembic_version | table | wordcount_dbadmin
 public | results         | table | wordcount_dbadmin
(2 rows)

wordcount=# \q
```

Часть 4 (https://oreil.ly/UY2yw) руководства «Flask в примерах» описывает развертывание процесса-исполнителя Python на основе Python RQ, взаимодействующего с экземпляром хранилища данных Redis.

Прежде всего необходимо запустить Redis. Добавьте его описание как сервиса `redis` в файл `docker-compose.yaml` и убедитесь, что его внутренний порт 6379 перенаправляется на порт 6379 локальной операционной системы:

```
  redis:
    image: "redis:alpine"
    ports:
      - "6379:6379"
```

Запустите сервис `redis`, указав его в качестве аргумента команды `docker-compose up -d`:

```
$ docker-compose up -d redis
Starting flask-by-example_redis_1 ... done
```

Выполните команду `docker ps`, чтобы посмотреть на новый контейнер Docker, основанный на образе `redis:alpine`:

```
$ docker ps
CONTAINER ID   IMAGE   COMMAND    CREATED   STATUS   PORTS   NAMES
a1555cc372d6   redis:alpine "docker-entrypoint.s…" 3 seconds ago  Up 1 second
0.0.0.0:6379->6379/tcp   flask-by-example_redis_1
83b54ab10099   postgres:11  "docker-entrypoint.s…" 22 hours ago   Up 16 hours
0.0.0.0:5432->5432/tcp   postgres
```

Просмотрите журналы сервиса `redis` с помощью команды `docker-compose logs`:

```
$ docker-compose logs redis
Attaching to flask-by-example_redis_1
1:C 12 Jul 2019 20:17:12.966 # oO0OoO0OoO0Oo Redis запускается oO0OoO0OoO0Oo
1:C 12 Jul 2019 20:17:12.966 # Redis version=5.0.5, bits=64, commit=00000000,
modified=0, pid=1, just started
1:C 12 Jul 2019 20:17:12.966 # Предупреждение: файл конфигурации не указан,
используем настройки по умолчанию. Для указания файла конфигурации примените
команду redis-server /path/to/redis.conf
1:M 12 Jul 2019 20:17:12.967 * Запускаем mode=standalone, port=6379.
1:M 12 Jul 2019 20:17:12.967 # Предупреждение: невозможно воплотить значение
511 настройки очереди соединений TCP, поскольку параметр /proc/sys/net/core/
somaxconn установлен в более низкое значение 128.
1:M 12 Jul 2019 20:17:12.967 # Сервер инициализирован
1:M 12 Jul 2019 20:17:12.967 * Готов к приему соединений
```

Следующий шаг — создание сервиса `worker` для процесса-исполнителя на основе Python RQ в файле `docker-compose.yaml`:

```
  worker:
    image: "flask-by-example:v1"
```

```
    command: "worker.py"
    environment:
      APP_SETTINGS: config.ProductionConfig
      DATABASE_URL: postgresql://wordcount_dbadmin:$DBPASS@db/wordcount
      REDISTOGO_URL: redis://redis:6379
    depends_on:
      - db
      - redis
```

Запустите сервис `worker` аналогично сервису `redis` с помощью команды `docker-compose up -d`:

```
$ docker-compose up -d worker
flask-by-example_redis_1 is up-to-date
Starting flask-by-example_worker_1 ... done
```

Если выполнить команду `docker ps`, будет отображен контейнер `worker`:

```
$ docker ps
CONTAINER ID   IMAGE   COMMAND    CREATED   STATUS   PORTS   NAMES
72327ab33073  flask-by-example "python worker.py"     8 minutes ago
Up 14 seconds                              flask-by-example_worker_1
b11b03a5bcc3  redis:alpine     "docker-entrypoint.s…" 15 minutes ago
Up About a minute  0.0.0.0:6379->6379/tc  flask-by-example_redis_1
83b54ab10099  postgres:11      "docker-entrypoint.s…"  23 hours ago
Up 17 hours        0.0.0.0:5432->5432/tcp postgres
```

Просмотрите журналы сервиса `worker` с помощью команды `docker-compose logs`:

```
$ docker-compose logs worker
Attaching to flask-by-example_worker_1
20:46:34 RQ worker 'rq:worker:a66ca38275a14cac86c9b353e946a72e' started,
version 1.0
20:46:34 *** Listening on default...
20:46:34 Cleaning registries for queue: default
```

А теперь запустите основное приложение Flask в его собственном контейнере. Создайте новый сервис `app` в файле `docker-compose.yaml`:

```
  app:
    image: "flask-by-example:v1"
    command: "manage.py runserver --host=0.0.0.0"
    ports:
      - "5000:5000"
    environment:
      APP_SETTINGS: config.ProductionConfig
      DATABASE_URL: postgresql://wordcount_dbadmin:$DBPASS@db/wordcount
      REDISTOGO_URL: redis://redis:6379
    depends_on:
      - db
      - redis
```

Перенаправим порт 5000 контейнера приложения (порт по умолчанию для приложений Flask) на порт 5000 локальной машины. Передаем контейнеру приложения команду `manage.py runserver --host=0.0.0.0`, чтобы гарантировать, что порт 5000 виден приложению Flask должным образом внутри контейнера.

Запустите сервис `app` с помощью команды `docker-compose up -d`, выполняя в то же время `sops -d` для содержащего `DBPASS` зашифрованного файла, затем перед вызовом `docker-compose` отправьте с помощью команды `source` содержимое расшифрованного файла в виртуальную среду:

```
source <(sops -d environment.secrets); docker-compose up -d app
postgres is up-to-date
Recreating flask-by-example_app_1 ... done
```

В возвращаемом командой `docker ps` списке находим новый контейнер Docker, в котором работает наше приложение:

```
$ docker ps
CONTAINER ID   IMAGE   COMMAND    CREATED   STATUS   PORTS   NAMES
d99168a152f1   flask-by-example "python app.py"  3 seconds ago
Up 2 seconds    0.0.0.0:5000->5000/tcp   flask-by-example_app_1
72327ab33073   flask-by-example "python worker.py" 16 minutes ago
Up 7 minutes                            flask-by-example_worker_1
b11b03a5bcc3   redis:alpine     "docker-entrypoint.s…" 23 minutes ago
Up 9 minutes    0.0.0.0:6379->6379/tcp   flask-by-example_redis_1
83b54ab10099   postgres:11      "docker-entrypoint.s…"  23 hours ago
Up 17 hours     0.0.0.0:5432->5432/tcp   postgres
```

Просматриваем журналы контейнера приложения с помощью команды `docker-compose logs`:

```
$ docker-compose logs app
Attaching to flask-by-example_app_1
app_1         |  * Running on http://0.0.0.0:5000/ (Press CTRL+C to quit)
```

Выполнение команды `docker-compose logs` без аргументов позволяет просмотреть журналы всех сервисов, описанных в файле `docker-compose.yaml`:

```
$ docker-compose logs
Attaching to flask-by-example_app_1,
flask-by-example_worker_1,
flask-by-example_migrations_1,
flask-by-example_redis_1,
postgres
1:C 12 Jul 2019 20:17:12.966 # oO0OoO0OoO0Oo Redis запускается oO0OoO0OoO0Oo
1:C 12 Jul 2019 20:17:12.966 # Redis version=5.0.5, bits=64, commit=00000000,
modified=0, pid=1, just started
1:C 12 Jul 2019 20:17:12.966 # Предупреждение: файл конфигурации не указан,
используем настройки по умолчанию. Для указания файла конфигурации примените
команду redis-server /path/to/redis.conf
```

```
1:M 12 Jul 2019 20:17:12.967 * Запускаем mode=standalone, port=6379.
1:M 12 Jul 2019 20:17:12.967 # Предупреждение: невозможно воплотить значение
511 настройки очереди соединений TCP, поскольку параметр /proc/sys/net/core/
somaxconn установлен в более низкое значение 128.
1:M 12 Jul 2019 20:17:12.967 # Сервер инициализирован
1:M 12 Jul 2019 20:17:12.967 * Готов к приему соединений
app_1         |  * Running on http://0.0.0.0:5000/ (Press CTRL+C to quit)
postgres      | 2019-07-12 22:15:19.193 UTC [1]
LOG:  listening on IPv4 address "0.0.0.0", port 5432
postgres      | 2019-07-12 22:15:19.194 UTC [1]
LOG:  listening on IPv6 address "::", port 5432
postgres      | 2019-07-12 22:15:19.199 UTC [1]
LOG:  listening on Unix socket "/var/run/postgresql/.s.PGSQL.5432"
postgres      | 2019-07-12 22:15:19.214 UTC [22]
LOG:  database system was shut down at 2019-07-12 22:15:09 UTC
postgres      | 2019-07-12 22:15:19.225 UTC [1]
LOG:  database system is ready to accept connections
migrations_1  | INFO [alembic.runtime.migration] Context impl PostgresqlImpl.
migrations_1  | INFO [alembic.runtime.migration] Will assume transactional DDL.
worker_1      | 22:15:20
RQ worker 'rq:worker:2edb6a54f30a4aae8a8ca2f4a9850303' started, version 1.0
worker_1      | 22:15:20 *** Listening on default...
worker_1      | 22:15:20 Cleaning registries for queue: default
```

Последний этап — тестирование приложения. Зайдите в браузере по адресу http://127.0.0.1:5000 и введите `python.org` в поле URL. При этом приложение отправит процессу-исполнителю задание на выполнение функции `count_and_save_words` для домашней страницы сайта `python.org`. Приложение будет периодически запрашивать у задания результаты, а по завершении отобразит на домашней странице частотность слов.

Чтобы повысить переносимость файла `docker-compose.yaml`, помещаем образ Docker `flask-by-example` в Docker Hub и ссылаемся там на него в разделах сервисов `app` и `worker` файла `docker-compose.yaml`.

Помечаем локальный образ Docker `flask-by-example:v1` тегом, состоящим из названия, которому предшествует имя пользователя Docker Hub, после чего помещаем образ, только что получивший тег, в Docker Hub:

```
$ docker tag flask-by-example:v1 griggheo/flask-by-example:v1
$ docker push griggheo/flask-by-example:v1
```

Вносим в файл `docker-compose.yaml` изменения, ссылаясь на новый образ Docker. Вот окончательная версия файла `docker-compose.yaml`:

```
$ cat docker-compose.yaml
version: "3"
services:
  app:
```

```
    image: "griggheo/flask-by-example:v1"
    command: "manage.py runserver --host=0.0.0.0"
    ports:
      - "5000:5000"
    environment:
      APP_SETTINGS: config.ProductionConfig
      DATABASE_URL: postgresql://wordcount_dbadmin:$DBPASS@db/wordcount
      REDISTOGO_URL: redis://redis:6379
    depends_on:
      - db
      - redis
  worker:
    image: "griggheo/flask-by-example:v1"
    command: "worker.py"
    environment:
      APP_SETTINGS: config.ProductionConfig
      DATABASE_URL: postgresql://wordcount_dbadmin:$DBPASS@db/wordcount
      REDISTOGO_URL: redis://redis:6379
    depends_on:
      - db
      - redis
  migrations:
    image: "griggheo/flask-by-example:v1"
    command: "manage.py db upgrade"
    environment:
      APP_SETTINGS: config.ProductionConfig
      DATABASE_URL: postgresql://wordcount_dbadmin:$DBPASS@db/wordcount
    depends_on:
      - db
  db:
    image: "postgres:11"
    container_name: "postgres"
    ports:
      - "5432:5432"
    volumes:
      - dbdata:/var/lib/postgresql/data
  redis:
    image: "redis:alpine"
    ports:
      - "6379:6379"
volumes:
  dbdata:
```

Для перезапуска локальных контейнеров Docker выполните команду `docker-compose down`, а затем `docker-compose up -d`:

```
$ docker-compose down
Stopping flask-by-example_worker_1 ... done
Stopping flask-by-example_app_1    ... done
Stopping flask-by-example_redis_1  ... done
Stopping postgres                  ... done
```

```
Removing flask-by-example_worker_1     ... done
Removing flask-by-example_app_1        ... done
Removing flask-by-example_migrations_1 ... done
Removing flask-by-example_redis_1      ... done
Removing postgres                      ... done
Removing network flask-by-example_default

$ source <(sops -d environment.secrets); docker-compose up -d
Creating network "flask-by-example_default" with the default driver
Creating flask-by-example_redis_1      ... done
Creating postgres                  ... done
Creating flask-by-example_migrations_1 ... done
Creating flask-by-example_worker_1     ... done
Creating flask-by-example_app_1        ... done
```

Обратите внимание на то, как просто теперь остановить и запустить набор контейнеров Docker с помощью `docker-compose`.

Даже если вам нужен всего один контейнер Docker, все равно имеет смысл включить его в файл docker-compose.yaml и запускать с помощью команды docker-compose up -d. Это облегчит задачу, если вы захотите добавить второй контейнер, а также послужит маленьким примером инфраструктуры как кода, в котором docker-compose.yaml будет отражать состояние локальной схемы организации Docker для вашего приложения.

Портирование сервисов docker-compose на новый хост-компьютер и операционную систему

А сейчас покажем, как перенести организованную нами структуру `docker-compose` из предыдущего раздела на сервер под управлением Ubuntu 18.04.

Запустите Amazon EC2-инстанс с Ubuntu 18.04 и установите там `docker-engine` и `docker-compose`:

```
$ sudo apt-get update
$ sudo apt-get remove docker docker-engine docker.io containerd runc
$ sudo apt-get install \
  apt-transport-https \
  ca-certificates \
  curl \
  gnupg-agent \
  software-properties-common
$ curl -fsSL https://download.docker.com/linux/ubuntu/gpg | sudo apt-key add -
$ sudo add-apt-repository \
```

```
  "deb [arch=amd64] https://download.docker.com/linux/ubuntu \
  $(lsb_release -cs) \
  stable"
$ sudo apt-get update
$ sudo apt-get install docker-ce docker-ce-cli containerd.io
$ sudo usermod -a -G docker ubuntu

# Скачиваем docker-compose
$ sudo curl -L \
"https://github.com/docker/compose/releases/download/1.24.1/docker-compose-\
$(uname -s)-$(uname -m)" -o /usr/local/bin/docker-compose
$ sudo chmod +x /usr/local/bin/docker-compose
```

Скопируйте на этот удаленный EC2-инстанс файл `docker-compose.yaml` и сначала запустите сервис `db`, чтобы можно было создать базу данных для приложения:

```
$ docker-compose up -d db
Starting postgres ...
Starting postgres ... done

$ docker ps
CONTAINER ID   IMAGE   COMMAND    CREATED   STATUS   PORTS   NAMES
49fe88efdb45 postgres:11 "docker-entrypoint.s…" 29 seconds ago
  Up 3 seconds        0.0.0.0:5432->5432/tcp   postgres
```

Воспользуемся `docker exec` для выполнения команды `psql -U postgres` внутри работающего контейнера Docker для базы данных PostgreSQL. После появления приглашения PostgreSQL создайте базу данных `wordcount` и роль `wordcount_dbadmin`:

```
$ docker-compose exec db psql -U postgres
psql (11.4 (Debian 11.4-1.pgdg90+1))
Type "help" for help.

postgres=# create database wordcount;
CREATE DATABASE
postgres=# \q

$ docker exec -it 49fe88efdb45 psql -U postgres wordcount
psql (11.4 (Debian 11.4-1.pgdg90+1))
Type "help" for help.

wordcount=# CREATE ROLE wordcount_dbadmin;
CREATE ROLE
wordcount=# ALTER ROLE wordcount_dbadmin LOGIN;
ALTER ROLE
wordcount=# ALTER USER wordcount_dbadmin PASSWORD 'MYPASS';
ALTER ROLE
wordcount=# \q
```

Перед запуском контейнеров для сервисов, описанных в файле `docker-compose.yaml`, нам понадобится сделать две вещи.

1. Выполнить команду `docker login`, чтобы извлечь из Docker Hub помещенный туда ранее образ Docker:

   ```
   $ docker login
   ```

2. Задать правильное значение переменной среды `DBPASS` в текущей командной оболочке. Можно воспользоваться описанным в предыдущем разделе методом `sops`, но в этом примере мы зададим ее непосредственно в командной оболочке:

   ```
   $ export DOCKER_PASS=MYPASS
   ```

Теперь запустите все необходимые для приложения сервисы с помощью команды `docker-compose up -d`:

```
$ docker-compose up -d
Pulling worker (griggheo/flask-by-example:v1)...
v1: Pulling from griggheo/flask-by-example
921b31ab772b: Already exists
1a0c422ed526: Already exists
ec0818a7bbe4: Already exists
b53197ee35ff: Already exists
8b25717b4dbf: Already exists
9be5e85cacbb: Pull complete
bd62f980b08d: Pull complete
9a89f908ad0a: Pull complete
d787e00a01aa: Pull complete
Digest: sha256:4fc554da6157b394b4a012943b649ec66c999b2acccb839562e89e34b7180e3e
Status: Downloaded newer image for griggheo/flask-by-example:v1
Creating fbe_redis_1      ... done
Creating postgres    ... done
Creating fbe_migrations_1 ... done
Creating fbe_app_1        ... done
Creating fbe_worker_1     ... done

$ docker ps
CONTAINER ID   IMAGE   COMMAND    CREATED   STATUS   PORTS   NAMES
f65fe9631d44  griggheo/flask-by-example:v1 "python3 manage.py r…" 5 seconds ago
Up 2 seconds        0.0.0.0:5000->5000/tcp   fbe_app_1
71fc0b24bce3  griggheo/flask-by-example:v1 "python3 worker.py"    5 seconds ago
Up 2 seconds                                 fbe_worker_1
a66d75a20a2d  redis:alpine     "docker-entrypoint.s…"   7 seconds ago
Up 5 seconds        0.0.0.0:6379->6379/tcp   fbe_redis_1
56ff97067637  postgres:11      "docker-entrypoint.s…"   7 seconds ago
Up 5 seconds        0.0.0.0:5432->5432/tcp   postgres
```

Теперь, предварительно открыв доступ к порту 5000 в группе безопасности AWS, соответствующей нашему EC2-инстансу под управлением Ubuntu, можете выполнить запрос к внешнему IP-адресу инстанса на порте 5000 и использовать свое приложение.

Стоит еще раз отметить, насколько Docker упрощает развертывание приложений. Переносимость контейнеров и образов Docker означает возможность выполнения приложения на любой операционной системе, где только может работать движок Docker. В приведенном здесь примере не нужно устанавливать на сервере Ubuntu никаких приложений из списка требований: ни Flask, ни PostgreSQL, ни Redis. Не нужно также копировать код приложения с локальной машины разработчика на сервер Ubuntu. Единственный файл, который должен присутствовать на сервере Ubuntu, — `docker-compose.yaml`. И весь набор составляющих приложение сервисов мы запустили с помощью всего одной команды:

```
$ docker-compose up -d
```

Будьте осторожны при скачивании и использовании образов Docker из общедоступных репозиториев Docker, поскольку многие из них содержат опасные уязвимости, наиболее серьезные из которых позволяют злоумышленникам проникнуть сквозь изоляцию контейнера Docker и захватить управление операционной системой хост-компьютера. Рекомендуемая практика — начать с заслуживающего доверия заранее собранного образа или собрать собственный образ с нуля. Поддерживайте актуальность образа в смысле последних обновлений безопасности и обновлений ПО, пересобирайте образ при всяком появлении таких обновлений. Еще одна полезная практика — сканировать все свои образы Docker с помощью одного из множества доступных сканеров уязвимостей, например Clair (https://oreil.ly/OBkkx), Anchore (https://oreil.ly/uRI_1) или Falco (https://oreil.ly/QXRg6). Такое сканирование можно включить в состав конвейера непрерывной интеграции/непрерывного развертывания, в ходе которого обычно собираются образы Docker.

Хотя утилита `docker-compose` сильно упрощает запуск нескольких контейнеризованных сервисов в рамках одного приложения, она предназначена для выполнения на одной машине, так что польза от нее при промышленной эксплуатации ограничена. Развернутое с помощью `docker-compose` приложение можно считать готовым к промышленной эксплуатации только в том случае, если вас не волнуют возможные простои и вы готовы выполнять все на одной машине (впрочем, Григу приходилось видеть поставщиков хостинга, запускающих с помощью `docker-compose` контейнеризованные Docker приложения в промышленной эксплуатации). Для по-настоящему готовых к промышленной эксплуатации систем необходим механизм координации, например Kubernetes, который мы обсудим в следующей главе.

Упражнения

- Ознакомьтесь со справочным руководством по Dockerfile (https://oreil.ly/kA8ZF).
- Ознакомьтесь со справочным руководством по настройке Docker Compose (https://oreil.ly/ENMsQ).
- Создайте KMS-ключ в AWS и используйте его с `sops` вместо локального PGP-ключа. Благодаря этому вы сможете применять к этому ключу права доступа AWS IAM и предоставлять доступ к нему только тем разработчикам, которым он действительно нужен.
- Напишите сценарий командной оболочки, использующий `docker exec` или `docker-compose exec` для выполнения команд PostgreSQL, необходимых для создания базы данных и роли.
- Поэкспериментируйте с другими технологиями контейнеров, например Podman (https://podman.io).

ГЛАВА 12

Координация работы контейнеров: Kubernetes

Для экспериментов с Docker или запуска набора контейнеров Docker на отдельной машине вполне достаточно Docker и Docker Compose. Однако при переходе от одной машины к нескольким вам придется задуматься о координации контейнеров в сети. А при промышленной эксплуатации без этого не обойтись: для обеспечения отказоустойчивости/высокой доступности необходимы по крайней мере две машины.

В нашу эпоху облачных вычислений рекомендуется горизонтальное масштабирование посредством добавления новых виртуальных узлов, а не вертикальное с помощью внесения дополнительных CPU и памяти в отдельный виртуальный узел. В платформе координации Docker эти виртуальные узлы используются как источники исходных ресурсов (CPU, оперативной памяти, сетевых ресурсов), выделяемые далее отдельным контейнерам, работающим на этой платформе. Это вполне соответствует сказанному в главе 11 о преимуществе контейнеров над традиционными виртуальными машинами: имеющиеся исходные ресурсы при этом используются эффективнее, поскольку контейнерам можно выделять их намного избирательнее, чем виртуальным машинам, и отдача от каждого затраченного на инфраструктуру доллара растет.

Существует также тенденция к переходу от выделения серверов для конкретных нужд и выполнения на каждом из виртуальных узлов конкретных пакетов ПО (например, ПО веб-сервера, ПО для кэширования и ПО базы данных) к выделению их в виде универсальных единиц ресурсов и выполнения на них контейнеров Docker, координируемых платформой координации Docker. Возможно, вы знакомы с концепцией, согласно которой серверы можно рассматривать как домашних питомцев, а можно — как крупный рогатый скот. В период становления проектирования инфраструктуры у каждого сервера была четко определенная функция (например, сервер электронной почты) и нередко для

каждой конкретной функции предназначался только один сервер. Для подобных серверов существовали схемы наименования (Григ помнит, как во времена доткомов использовал схему наименования по названиям планет), и на «уход за ними» затрачивалось немало времени, отсюда и сравнение с домашними питомцами. Когда на рынок ворвались утилиты управления конфигурацией наподобие Puppet, Chef и Ansible, выделять по несколько серверов одного типа (например, целую ферму веб-серверов) стало проще благодаря использованию одинакового процесса установки на всех серверах. Это совпало с ростом популярности облачных вычислений с вышеупомянутой концепцией горизонтального масштабирования, а также с тем, что к отказоустойчивости и высокой доступности начали относиться как к важнейшим свойствам хорошо спроектированной инфраструктуры системы. Серверы/облачные виртуальные узлы считались уже «крупным рогатым скотом» — одноразовыми единицами, ценными в своей совокупности.

Эпоха контейнеров и бессерверных вычислений повлекла за собой появление еще одного сравнения — с насекомыми. И действительно, жизненный цикл контейнера потенциально очень короток, как у насекомых-однодневок. Длительность существования функций как сервисов еще меньше, чем контейнеров Docker, их краткая, но насыщенная жизнь совпадает с длительностью их вызова.

Вследствие краткости жизненного цикла контейнеров добиться их координации и взаимодействия в крупных масштабах весьма непросто. Именно эту нишу и заполнили платформы координации контейнеров. Существует несколько платформ координации Docker, включая Mesosphere и Docker Swarm, но на сегодняшний день можно с уверенностью сказать, что Kubernetes бесспорный победитель. Дальнейший текст главы посвящен краткому обзору Kubernetes, за которым следует пример запуска описанного в главе 11 приложения и портирования его с `docker-compose` на Kubernetes. Мы также продемонстрируем установку пакетов так называемых *чартов* (charts) Helm — системы управления пакетами Kubernetes — для утилит Prometheus и Grafana мониторинга и отображения на инструментальных панелях, а также настройку этих чартов под свои нужды.

Краткий обзор основных понятий Kubernetes

Изучение множества составляющих кластера Kubernetes лучше всего начать с официальной документации Kubernetes (https://oreil.ly/TYpdE).

В общих чертах кластер Kubernetes состоит из узлов, которые можно считать серверами, неважно, представляют ли они собой физические серверы или работающие в облаке виртуальные машины. В узлах работают модули — наборы

контейнеров Docker. Модуль — единица развертывания в Kubernetes. Все контейнеры в модуле работают в единой сети и могут обращаться друг к другу так, как будто запущены на одном хосте. Во многих ситуациях выгодно запускать в модуле несколько контейнеров, а не только один. Обычно контейнер приложения играет роль основного контейнера модуля, но при необходимости можно запустить еще один или несколько так называемых вспомогательных контейнеров (sidecar containers) для определенной функциональности, например журналирования или мониторинга. Одна из разновидностей вспомогательных контейнеров — контейнеры инициализации (init containers), которые заведомо запускаются первыми и могут применяться для различных заданий обслуживания системы, например миграции базы данных. Мы рассмотрим их подробнее далее в этой главе.

Для повышения производительности и отказоустойчивости приложения обычно используют более одного модуля. Объект Kubernetes, отвечающий за запуск и поддержание работы нужного количества модулей, называется Deployment (развертывание). Взаимодействие модулей между собой реализует другой вид объектов Kubernetes — Service (сервис). Сервисы связаны с развертываниями посредством селекторов. Сервисы также доступны для внешних клиентов либо через статические порты на всех узлах Kubernetes путем указания типа NodePort, либо посредством создания объекта LoadBalancer, соответствующего фактическому балансировщику нагрузки, если таковой поддерживается поставщиком облака, в котором работает кластер Kubernetes.

Для работы с конфиденциальной информацией — паролями, ключами API и прочими учетными данными — Kubernetes предоставляет объект Secret. Мы рассмотрим пример хранения с помощью объекта Secret пароля к базе данных.

Создание манифестов Kubernetes на основе файла docker_compose.yaml с помощью Kompose

Еще раз взглянем на файл `docker_compose.yaml` из примера приложения Flask, которое мы обсуждали в главе 11:

```
$ cat docker-compose.yaml
version: "3"
services:
  app:
    image: "griggheo/flask-by-example:v1"
    command: "manage.py runserver --host=0.0.0.0"
    ports:
      - "5000:5000"
```

```
    environment:
      APP_SETTINGS: config.ProductionConfig
      DATABASE_URL: postgresql://wordcount_dbadmin:$DBPASS@db/wordcount
      REDISTOGO_URL: redis://redis:6379
    depends_on:
      - db
      - redis
  worker:
    image: "griggheo/flask-by-example:v1"
    command: "worker.py"
    environment:
      APP_SETTINGS: config.ProductionConfig
      DATABASE_URL: postgresql://wordcount_dbadmin:$DBPASS@db/wordcount
      REDISTOGO_URL: redis://redis:6379
    depends_on:
      - db
      - redis
  migrations:
    image: "griggheo/flask-by-example:v1"
    command: "manage.py db upgrade"
    environment:
      APP_SETTINGS: config.ProductionConfig
      DATABASE_URL: postgresql://wordcount_dbadmin:$DBPASS@db/wordcount
    depends_on:
      - db
  db:
    image: "postgres:11"
    container_name: "postgres"
    ports:
      - "5432:5432"
    volumes:
      - dbdata:/var/lib/postgresql/data
  redis:
    image: "redis:alpine"
    ports:
      - "6379:6379"
volumes:
  dbdata:
```

Воспользуемся утилитой `Kompose` для преобразования этого файла в формате YAML в набор манифестов Kubernetes.

Для установки свежей версии `Kompose` на машине под управлением macOS сначала скачайте ее из репозитория Git (https://oreil.ly/GUqaq), переместите скачанный файл в каталог `/usr/local/bin/kompose` и сделайте его исполняемым. Обратите внимание на то, что при использовании для установки `Kompose` системы управления пакетами операционной системы (например, `apt` в Ubuntu или `yum` в Red Hat) вы рискуете получить намного более старую версию, возможно несовместимую с приведенными далее инструкциями.

Выполните команду `kompose convert` для создания файлов манифестов Kubernetes на основе имеющегося файла `docker_compose.yaml`:

```
$ kompose convert
INFO Kubernetes file "app-service.yaml" created
INFO Kubernetes file "db-service.yaml" created
INFO Kubernetes file "redis-service.yaml" created
INFO Kubernetes file "app-deployment.yaml" created
INFO Kubernetes file "db-deployment.yaml" created
INFO Kubernetes file "dbdata-persistentvolumeclaim.yaml" created
INFO Kubernetes file "migrations-deployment.yaml" created
INFO Kubernetes file "redis-deployment.yaml" created
INFO Kubernetes file "worker-deployment.yaml" created
```

Теперь можно удалить файл `docker_compose.yaml`:

```
$ rm docker-compose.yaml
```

Развертывание манифестов Kubernetes на локальном кластере Kubernetes, основанном на minikube

Наш следующий шаг — развертывание манифестов Kubernetes на локальном кластере Kubernetes, основанном на `minikube`.

Для запуска `minikube` на macOS там должен быть предварительно установлен *VirtualBox*. Скачайте пакет VirtualBox для macOS со страницы загрузки (https://oreil.ly/BewRq), установите его, а затем переместите в `/usr/local/bin/minikube`, чтобы сделать исполняемым. Учтите, что на момент написания данной книги пакет `minikube` устанавливается с кластером Kubernetes версии 1.15. Чтобы следить за ходом рассмотрения данных примеров, укажите при установке `minikube` желаемую версию Kubernetes:

```
$ minikube start --kubernetes-version v1.15.0
😄  minikube v1.2.0 on darwin (amd64)
🔥  Creating virtualbox VM (CPUs=2, Memory=2048MB, Disk=20000MB) ...
🐳  Configuring environment for Kubernetes v1.15.0 on Docker 18.09.6
💾  Downloading kubeadm v1.15.0
💾  Downloading kubelet v1.15.0
🚜  Pulling images ...
🚀  Launching Kubernetes ...
⌛  Verifying: apiserver proxy etcd scheduler controller dns
🏄  Done! kubectl is now configured to use "minikube"
```

Основная команда для взаимодействия с Kubernetes — `kubectl`.

Установите `kubectl` на машине под управлением macOS, скачав его со страницы загрузок (https://oreil.ly/f9Wv0), а затем переместите в `/usr/local/bin/minikube` и сделайте исполняемым.

Одно из главных понятий при работе с `kubectl` — *контекст*, то есть кластер Kubernetes, с которым вы хотите работать. В процессе установки `minikube` уже был создан контекст *minikube*. Указать `kubectl`, какой контекст использовать, можно с помощью следующей команды:

```
$ kubectl config use-context minikube
Switched to context "minikube".
```

Другой, более удобный способ — установить утилиту `kubectx` из репозитория Git (https://oreil.ly/SIf1U), а затем выполнить:

```
$ kubectx minikube
Switched to context "minikube".
```

Еще одна удобная клиентская утилита для работы с Kubernetes — kube-ps1 (https://oreil.ly/AcE32). Если вы работаете под macOS, используя Zsh, добавьте в файл ~/.zshrc следующий фрагмент кода:

```
source "/usr/local/opt/kube-ps1/share/kube-ps1.sh"
PS1='$(kube_ps1)'$PS1
```

Эти команды меняют приглашение командной строки так, чтобы отображать текущий контекст и пространство имен Kubernetes. В ходе работы с несколькими кластерами Kubernetes это настоящая палочка-выручалочка, позволяющая легко различать кластеры предэксплуатационного тестирования и промышленной эксплуатации.

Теперь можно выполнять команды `kubectl` для локального кластера `minikube`. Например, команда `kubectl get nodes` выводит список узлов, входящий в этот кластер. В данном случае узел только один, с ролью `master`:

```
$ kubectl get nodes
NAME       STATUS   ROLES    AGE     VERSION
minikube   Ready    master   2m14s   v1.15.0
```

Начнем с формирования объекта PVC (Persistent Volume Claim — заявка на том постоянного хранения) из созданного `Kompose` файла `dbdata-persistentvolumeclaim.yaml`, соответствующего при запуске с помощью `docker-compose` выделенному для контейнера базы данных PostgreSQL локальному тому:

```
$ cat dbdata-persistentvolumeclaim.yaml
apiVersion: v1
kind: PersistentVolumeClaim
metadata:
  creationTimestamp: null
  labels:
    io.kompose.service: dbdata
  name: dbdata
spec:
  accessModes:
  - ReadWriteOnce
  resources:
    requests:
      storage: 100Mi
status: {}
```

Для создания этого объекта в Kubernetes можно воспользоваться командой `kubectl create`, указав имя файла манифеста с помощью флага `-f`:

```
$ kubectl create -f dbdata-persistentvolumeclaim.yaml
persistentvolumeclaim/dbdata created
```

Выведем полный список всех PVC с помощью команды `kubectl get pvc`, чтобы убедиться в наличии созданного нами PVC:

```
$ kubectl get pvc
NAME     STATUS   VOLUME                                     CAPACITY
ACCESS MODES   STORAGECLASS   AGE
dbdata   Bound    pvc-39914723-4455-439b-a0f5-82a5f7421475   100Mi
RWO            standard       1m
```

Следующий шаг — создание объекта Deployment для PostgreSQL. Воспользуемся манифестом `db-deployment.yaml`, созданным ранее утилитой `Kompose`:

```
$ cat db-deployment.yaml
apiVersion: extensions/v1beta1
kind: Deployment
metadata:
  annotations:
    kompose.cmd: kompose convert
    kompose.version: 1.16.0 (0c01309)
  creationTimestamp: null
  labels:
    io.kompose.service: db
  name: db
spec:
  replicas: 1
  strategy:
    type: Recreate
```

```
  template:
    metadata:
      creationTimestamp: null
      labels:
        io.kompose.service: db
    spec:
      containers:
      - image: postgres:11
        name: postgres
        ports:
        - containerPort: 5432
        resources: {}
        volumeMounts:
        - mountPath: /var/lib/postgresql/data
          name: dbdata
      restartPolicy: Always
      volumes:
      - name: dbdata
        persistentVolumeClaim:
          claimName: dbdata
status: {}
```

Для создания этого объекта развертывания мы воспользуемся командой `kubectl create -f`, передав ей имя файла манифеста:

```
$ kubectl create -f db-deployment.yaml
deployment.extensions/db created
```

Проверяем, что развертывание было создано, выводя списки всех развертываний в кластере и созданных в качестве части развертывания модулей:

```
$ kubectl get deployments
NAME     READY   UP-TO-DATE   AVAILABLE   AGE
db       1/1     1            1           1m

$ kubectl get pods
NAME                  READY   STATUS    RESTARTS   AGE
db-67659d85bf-vrnw7   1/1     Running   0          1m
```

Далее создадим базу данных для нашего примера приложения Flask. С помощью команды, аналогичной `docker exec`, выполняем команду `plsql` внутри запущенного контейнера Docker. В случае кластера Kubernetes эта команда называется `kubectl exec`:

```
$ kubectl exec -it db-67659d85bf-vrnw7 -- psql -U postgres
psql (11.4 (Debian 11.4-1.pgdg90+1))
Type "help" for help.

postgres=# create database wordcount;
CREATE DATABASE
```

```
postgres=# \q

$ kubectl exec -it db-67659d85bf-vrnw7 -- psql -U postgres wordcount
psql (11.4 (Debian 11.4-1.pgdg90+1))
Type "help" for help.

wordcount=# CREATE ROLE wordcount_dbadmin;
CREATE ROLE
wordcount=# ALTER ROLE wordcount_dbadmin LOGIN;
ALTER ROLE
wordcount=# ALTER USER wordcount_dbadmin PASSWORD 'MYPASS';
ALTER ROLE
wordcount=# \q
```

Следующий шаг — создание соответствующего развертыванию `db` объекта Service, благодаря которому развертывание станет видимым для остальных сервисов, работающих в данном кластере, например для сервиса-исполнителя Redis и основного сервиса приложения. Файл манифеста для сервиса `db` выглядит вот так:

```
$ cat db-service.yaml
apiVersion: v1
kind: Service
metadata:
  annotations:
    kompose.cmd: kompose convert
    kompose.version: 1.16.0 (0c01309)
  creationTimestamp: null
  labels:
    io.kompose.service: db
  name: db
spec:
  ports:
  - name: "5432"
    port: 5432
    targetPort: 5432
  selector:
    io.kompose.service: db
status:
  loadBalancer: {}
```

Стоит обратить внимание на следующий раздел:

```
  labels:
    io.kompose.service: db
```

Он присутствует как в манифесте развертывания, так и в манифесте сервиса и, собственно, связывает их между собой. Сервис связывается с любым развертыванием с той же меткой.

Создайте объект Service с помощью команды `kubectl create -f`:

```
$ kubectl create -f db-service.yaml
service/db created
```

Выводим список всех сервисов и убеждаемся, что сервис `db` создан:

```
$ kubectl get services
NAME         TYPE        CLUSTER-IP      EXTERNAL-IP   PORT(S)    AGE
db           ClusterIP   10.110.108.96   <none>        5432/TCP   6s
kubernetes   ClusterIP   10.96.0.1       <none>        443/TCP    4h45m
```

Следующий сервис, который нам нужно развернуть, — Redis. Создайте объекты Deployment и Service на основе сгенерированных `Kompose` файлов манифестов:

```
$ cat redis-deployment.yaml
apiVersion: extensions/v1beta1
kind: Deployment
metadata:
  annotations:
    kompose.cmd: kompose convert
    kompose.version: 1.16.0 (0c01309)
  creationTimestamp: null
  labels:
    io.kompose.service: redis
  name: redis
spec:
  replicas: 1
  strategy: {}
  template:
    metadata:
      creationTimestamp: null
      labels:
        io.kompose.service: redis
    spec:
      containers:
      - image: redis:alpine
        name: redis
        ports:
        - containerPort: 6379
        resources: {}
      restartPolicy: Always
status: {}

$ kubectl create -f redis-deployment.yaml
deployment.extensions/redis created

$ kubectl get pods
```

```
NAME                    READY   STATUS    RESTARTS   AGE
db-67659d85bf-vrnw7     1/1     Running   0          37m
redis-c6476fbff-8kpqz   1/1     Running   0          11s
$ kubectl create -f redis-service.yaml
service/redis created

$ cat redis-service.yaml
apiVersion: v1
kind: Service
metadata:
  annotations:
    kompose.cmd: kompose convert
    kompose.version: 1.16.0 (0c01309)
  creationTimestamp: null
  labels:
    io.kompose.service: redis
  name: redis
spec:
  ports:
  - name: "6379"
    port: 6379
    targetPort: 6379
  selector:
    io.kompose.service: redis
status:
  loadBalancer: {}

$ kubectl get services
NAME         TYPE        CLUSTER-IP      EXTERNAL-IP   PORT(S)    AGE
db           ClusterIP   10.110.108.96   <none>        5432/TCP   84s
kubernetes   ClusterIP   10.96.0.1       <none>        443/TCP    4h46m
redis        ClusterIP   10.106.44.183   <none>        6379/TCP   10s
```

Пока что развернутые нами два сервиса, `db` и `redis`, друг с другом никак не связаны. Следующая часть приложения — процесс-исполнитель, который должен взаимодействовать как с PostgreSQL, так и с Redis. Здесь и проявляются преимущества сервисов Kubernetes. Развертывание процесса-исполнителя может ссылаться на конечные точки PostgreSQL и Redis по названиям сервисов. Kubernetes будет знать, как перенаправить запросы от клиента (контейнеров, работающих в качестве частей модулей в развертывании процесса-исполнителя) серверам (контейнерам PostgreSQL и Redis, работающим в качестве частей модулей в развертываниях `db` и `redis` соответственно).

В число переменных среды в развертывании процесса-исполнителя входит `DATABASE_URL`. В ней хранится пароль используемой приложением базы данных. Пароль нельзя указывать открытым текстом в файле манифеста развертывания, поскольку этот файл должен вноситься в систему контроля версий. Так что необходимо создать объект Secret Kubernetes.

Прежде всего преобразуем строку пароля в кодировку `base64`:

```
$ echo MYPASS | base64
MYPASSBASE64
```

Далее создаем файл манифеста, в котором описывается объект Secret Kubernetes, который мы хотим создать. Поскольку кодировка `base64` нашего пароля не обеспечивает безопасность, воспользуемся `sops` для редактирования и сохранения зашифрованного файла манифеста `secrets.yaml.enc`:

```
$ sops --pgp E14104A0890994B9AC9C9F6782C1FF5E679EFF32 secrets.yaml.enc
```

Добавьте в редакторе следующие строки:

```
apiVersion: v1
kind: Secret
metadata:
  name: fbe-secret
type: Opaque
data:
  dbpass: MYPASSBASE64
```

Теперь можно вносить файл `secrets.yaml.enc` в систему контроля версий, поскольку в нем содержится зашифрованная версия значения пароля в кодировке `base64`.

Для расшифровки зашифрованного файла можно использовать команду `sops -d`:

```
$ sops -d secrets.yaml.enc
apiVersion: v1
kind: Secret
metadata:
  name: fbe-secret
type: Opaque
data:
  dbpass: MYPASSBASE64
```

Направляем с помощью `|` вывод команды `sops -d` в команду `kubectl create -f` для создания объекта Secret Kubernetes:

```
$ sops -d secrets.yaml.enc | kubectl create -f -
secret/fbe-secret created
```

Просматриваем объекты Secret Kubernetes и получаем описание созданного объекта Secret:

```
$ kubectl get secrets
NAME                  TYPE                                  DATA   AGE
default-token-k7652   kubernetes.io/service-account-token   3      3h19m
fbe-secret            Opaque                                1      45s
```

```
$ kubectl describe secret fbe-secret
Name:         fbe-secret
Namespace:    default
Labels:       <none>
Annotations:  <none>
Type:  Opaque
Data
dbpass:  12 bytes
```

Для извлечения Secret в кодировке `base64` применяем команду:

```
$ kubectl get secrets fbe-secret -ojson | jq -r ".data.dbpass"
MYPASSBASE64
```

Для получения пароля в виде открытого текста на машине под управлением macOS можно воспользоваться следующей командой:

```
$ kubectl get secrets fbe-secret -ojson | jq -r ".data.dbpass" | base64 -D
MYPASS
```

На машине под управлением Linux для декодировки `base64` служит флаг `-d`, так что команда выглядит следующим образом:

```
$ kubectl get secrets fbe-secret -ojson | jq -r ".data.dbpass" | base64 -d
MYPASS
```

Теперь можно использовать объект Secret в манифесте развертывания процесса-исполнителя. Внесите изменения в сгенерированный утилитой `Kompose` файл `worker-deployment.yaml`, добавив две переменные среды:

- `DBPASS` — пароль базы данных, который теперь будет извлекаться из объекта Secret `fbe-secret`;
- `DATABASE_URL` — полная строка соединения для PostgreSQL, включающая пароль базы данных, на который ссылается в виде `${DBPASS}`.

Модифицированная версия файла `worker-deployment.yaml` выглядит так:

```
$ cat worker-deployment.yaml
apiVersion: extensions/v1beta1
kind: Deployment
metadata:
  annotations:
    kompose.cmd: kompose convert
    kompose.version: 1.16.0 (0c01309)
  creationTimestamp: null
  labels:
    io.kompose.service: worker
  name: worker
```

```
spec:
  replicas: 1
  strategy: {}
  template:
    metadata:
      creationTimestamp: null
      labels:
        io.kompose.service: worker
    spec:
      containers:
      - args:
        - worker.py
        env:
        - name: APP_SETTINGS
          value: config.ProductionConfig
        - name: DBPASS
          valueFrom:
            secretKeyRef:
              name: fbe-secret
              key: dbpass
        - name: DATABASE_URL
          value: postgresql://wordcount_dbadmin:${DBPASS}@db/wordcount
        - name: REDISTOGO_URL
          value: redis://redis:6379
        image: griggheo/flask-by-example:v1
        name: worker
        resources: {}
      restartPolicy: Always
status: {}
```

Создайте объект Deployment для процесса-исполнителя аналогично прочим развертываниям с помощью команды `kubectl create -f`:

```
$ kubectl create -f worker-deployment.yaml
deployment.extensions/worker created
```

Выводим список модулей:

```
$ kubectl get pods
NAME                      READY   STATUS              RESTARTS   AGE
db-67659d85bf-vrnw7       1/1     Running             1          21h
redis-c6476fbff-8kpqz     1/1     Running             1          21h
worker-7dbf5ff56c-vgs42   0/1     Init:ErrImagePull   0          7s
```

Как видите, состояние модуля процесса-исполнителя отображается как `Init:ErrImagePull`. Чтобы узнать подробности, выполняем `kubectl describe`:

```
$ kubectl describe pod worker-7dbf5ff56c-vgs42 | tail -10
                 node.kubernetes.io/unreachable:NoExecute for 300s
```

```
Events:
  Type     Reason     Age                  From               Message
  ----     ------     ----                 ----               -------
  Normal   Scheduled  2m51s                default-scheduler
  Successfully assigned default/worker-7dbf5ff56c-vgs42 to minikube

  Normal   Pulling    76s (x4 over 2m50s)  kubelet, minikube
  Pulling image "griggheo/flask-by-example:v1"

  Warning  Failed     75s (x4 over 2m49s)  kubelet, minikube
  Failed to pull image "griggheo/flask-by-example:v1": rpc error:
  code = Unknown desc = Error response from daemon: pull access denied for
  griggheo/flask-by-example, repository does not exist or may require
  'docker login'

  Warning  Failed     75s (x4 over 2m49s)  kubelet, minikube
  Error: ErrImagePull

  Warning  Failed     62s (x6 over 2m48s)  kubelet, minikube
  Error: ImagePullBackOff

  Normal   BackOff    51s (x7 over 2m48s)  kubelet, minikube
  Back-off pulling image "griggheo/flask-by-example:v1"
```

Развертывание попыталось извлечь частный образ Docker `griggheo/flask-by-example:v1` без необходимых для доступа к частному реестру Docker учетных данных. В Kubernetes есть специальный тип объектов как раз для такого сценария — `imagePullSecret`.

Создаем с помощью `sops` зашифрованный файл, содержащий учетные данные Docker Hub и вызов `kubectl create secret`:

```
$ sops --pgp E14104A0890994B9AC9C9F6782C1FF5E679EFF32 \
create_docker_credentials_secret.sh.enc
```

Содержимое файла выглядит вот так:

```
DOCKER_REGISTRY_SERVER=docker.io
DOCKER_USER=Type your dockerhub username, same as when you `docker login`
DOCKER_EMAIL=Type your dockerhub email, same as when you `docker login`
DOCKER_PASSWORD=Type your dockerhub pw, same as when you `docker login`

kubectl create secret docker-registry myregistrykey \
--docker-server=$DOCKER_REGISTRY_SERVER \
--docker-username=$DOCKER_USER \
--docker-password=$DOCKER_PASSWORD \
--docker-email=$DOCKER_EMAIL
```

Расшифровываем зашифрованный файл с помощью `sops` и пропускаем его через `bash`:

```
$ sops -d create_docker_credentials_secret.sh.enc | bash -
secret/myregistrykey created
```

Просматриваем объект Secret:

```
$ kubectl get secrets myregistrykey -oyaml
apiVersion: v1
data:
  .dockerconfigjson: eyJhdXRocyI6eyJkb2NrZXIuaW8iO
kind: Secret
metadata:
  creationTimestamp: "2019-07-17T22:11:56Z"
  name: myregistrykey
  namespace: default
  resourceVersion: "16062"
  selfLink: /api/v1/namespaces/default/secrets/myregistrykey
  uid: 47d29ffc-69e4-41df-a237-1138cd9e8971
type: kubernetes.io/dockerconfigjson
```

Единственное изменение, которое необходимо внести в манифест развертывания процесса-исполнителя, — следующие строки:

```
      imagePullSecrets:
      - name: myregistrykey
```

Вставить их надо сразу вслед за строкой:

```
     restartPolicy: Always
```

Удалите развертывание процесса-исполнителя и создайте его заново:

```
$ kubectl delete -f worker-deployment.yaml
deployment.extensions "worker" deleted

$ kubectl create -f worker-deployment.yaml
deployment.extensions/worker created
```

Теперь модуль процесса-исполнителя находится в состоянии Running без каких-либо ошибок:

```
$ kubectl get pods
NAME                      READY   STATUS    RESTARTS   AGE
db-67659d85bf-vrnw7       1/1     Running   1          22h
redis-c6476fbff-8kpqz     1/1     Running   1          21h
worker-7dbf5ff56c-hga37   1/1     Running   0          4m53s
```

Просматриваем журналы модуля процесса-исполнителя с помощью команды `kubectl logs`:

```
$ kubectl logs worker-7dbf5ff56c-hga37
20:43:13 RQ worker 'rq:worker:040640781edd4055a990b798ac2eb52d'
started, version 1.0
20:43:13 *** Listening on default...
20:43:13 Cleaning registries for queue: default
```

Следующий этап — развертывание приложения. При развертывании приложения в варианте с `docker-compose` в главе 11 мы использовали отдельный контейнер Docker для запуска миграций, необходимых для обновления базы данных Flask. Подобные задачи хорошо подходят для запуска в виде вспомогательного контейнера в том же модуле, что и основной контейнер приложения. Мы опишем этот вспомогательный контейнер в манифесте развертывания нашего приложения в виде объекта Kubernetes `initContainer` (https://oreil.ly/80L5L). Контейнер такого типа гарантированно выполняется внутри соответствующего модуля до запуска всех прочих контейнеров из него.

Добавьте следующий раздел в сгенерированный утилитой `Kompose` файл манифеста `app-deployment.yaml` и удалите файл `migrations-deployment.yaml`:

```
      initContainers:
      - args:
        - manage.py
        - db
        - upgrade
        env:
        - name: APP_SETTINGS
          value: config.ProductionConfig
        - name: DATABASE_URL
          value: postgresql://wordcount_dbadmin:@db/wordcount
        image: griggheo/flask-by-example:v1
        name: migrations
        resources: {}

$ rm migrations-deployment.yaml
```

Еще раз воспользуемся объектом Secret `fbe-secret`, созданным для развертывания процесса-исполнителя, в манифесте развертывания приложения:

```
$ cat app-deployment.yaml
apiVersion: extensions/v1beta1
kind: Deployment
metadata:
  annotations:
    kompose.cmd: kompose convert
```

```
    kompose.version: 1.16.0 (0c01309)
  creationTimestamp: null
  labels:
    io.kompose.service: app
  name: app
spec:
  replicas: 1
  strategy: {}
  template:
    metadata:
      creationTimestamp: null
      labels:
        io.kompose.service: app
    spec:
      initContainers:
      - args:
        - manage.py
        - db
        - upgrade
        env:
        - name: APP_SETTINGS
          value: config.ProductionConfig
        - name: DBPASS
          valueFrom:
            secretKeyRef:
              name: fbe-secret
              key: dbpass
        - name: DATABASE_URL
          value: postgresql://wordcount_dbadmin:${DBPASS}@db/wordcount
        image: griggheo/flask-by-example:v1
        name: migrations
        resources: {}
      containers:
      - args:
        - manage.py
        - runserver
        - --host=0.0.0.0
        env:
        - name: APP_SETTINGS
          value: config.ProductionConfig
        - name: DBPASS
          valueFrom:
            secretKeyRef:
              name: fbe-secret
              key: dbpass
        - name: DATABASE_URL
          value: postgresql://wordcount_dbadmin:${DBPASS}@db/wordcount
        - name: REDISTOGO_URL
          value: redis://redis:6379
        image: griggheo/flask-by-example:v1
        name: app
```

```
        ports:
        - containerPort: 5000
        resources: {}
      restartPolicy: Always
status: {}
```

Создаем развертывание для приложения с помощью команды `kubectl create -f`, после чего выводим список модулей и информацию о модуле приложения:

```
$ kubectl create -f app-deployment.yaml
deployment.extensions/app created

$ kubectl get pods
NAME                      READY   STATUS    RESTARTS   AGE
app-c845d8969-l8nhg       1/1     Running   0          7s
db-67659d85bf-vrnw7       1/1     Running   1          22h
redis-c6476fbff-8kpqz     1/1     Running   1          21h
worker-7dbf5ff56c-vgs42   1/1     Running   0          4m53s
```

Последний элемент развертывания приложения в `minikube` — позаботиться о создании сервиса Kubernetes для приложения, причем объявленного с типом `LoadBalancer`, чтобы к нему можно было обращаться извне кластера:

```
$ cat app-service.yaml
apiVersion: v1
kind: Service
metadata:
  annotations:
    kompose.cmd: kompose convert
    kompose.version: 1.16.0 (0c01309)
  creationTimestamp: null
  labels:
    io.kompose.service: app
  name: app
spec:
  ports:
  - name: "5000"
    port: 5000
    targetPort: 5000
  type: LoadBalancer
  selector:
    io.kompose.service: app
status:
  loadBalancer: {}
```

Как и сервис db, сервис app связывается с развертыванием app через объявление метки, одинаковое в манифестах развертывания и сервиса:

```
labels:
io.kompose.service: app
```

Создаем сервис с помощью команды `kubectl create`:

```
$ kubectl create -f app-service.yaml
service/app created

$ kubectl get services
NAME         TYPE           CLUSTER-IP      EXTERNAL-IP   PORT(S)          AGE
app          LoadBalancer   10.99.55.191    <pending>     5000:30097/TCP   2s
db           ClusterIP      10.110.108.96   <none>        5432/TCP         21h
kubernetes   ClusterIP      10.96.0.1       <none>        443/TCP          26h
redis        ClusterIP      10.106.44.183   <none>        6379/TCP         21h
```

Далее выполните команду:

```
$ minikube service app
```

В результате будет открыт используемый по умолчанию браузер с URL http://192.168.99.100:30097/ и отображает домашнюю страницу сайта Flask.

В следующем разделе выполним развертывание тех же самых файлов манифестов Kubernetes для нашего приложения в кластере Kubernetes, выделенном на Google Cloud Platform (GCP), с помощью Pulumi.

Запуск кластера GKE Kubernetes в GCP с помощью Pulumi

В этом разделе воспользуемся примером GKE Pulumi (https://oreil.ly/VGBfF), а также документацией по настройке GCP (https://oreil.ly/kRsFA), так что прочитайте соответствующие документы, перейдя по указанным ссылкам.

Начнем с создания нового каталога:

```
$ mkdir pulumi_gke
$ cd pulumi_gke
```

Настройте SDK Google Cloud в соответствии с инструкциями для macOS (https://oreil.ly/f4pPs). Инициализируйте среду GCP с помощью команды `gcloud init`. Создайте новую конфигурацию и новый проект `pythonfordevops-gke-pulumi`[1]:

```
$ gcloud init
Welcome! This command will take you through the configuration of gcloud.
```

[1] Название проекта следует сделать другим, чтобы не возникло конфликта с уже существующим, созданным авторами книги. — *Примеч. пер.*

```
Settings from your current configuration [default] are:
core:
  account: grig.gheorghiu@gmail.com
  disable_usage_reporting: 'True'
  project: pulumi-gke-testing

Pick configuration to use:
 [1] Re-initialize this configuration [default] with new settings
 [2] Create a new configuration
Please enter your numeric choice:  2

Enter configuration name. Names start with a lower case letter and
contain only lower case letters a-z, digits 0-9, and hyphens '-':
pythonfordevops-gke-pulumi
Your current configuration has been set to: [pythonfordevops-gke-pulumi]

Pick cloud project to use:
 [1] pulumi-gke-testing
 [2] Create a new project
Please enter numeric choice or text value (must exactly match list
item):  2

Enter a Project ID. pythonfordevops-gke-pulumi
Your current project has been set to: [pythonfordevops-gke-pulumi].
```

Войдите в учетную запись GCP:

```
$ gcloud auth login
```

Войдите в приложение по умолчанию — `pythonfordevops-gke-pulumi`:

```
$ gcloud auth application-default login
```

Создайте новый проект Pulumi с помощью команды `pulumi new`, указав в качестве шаблона `gcp-python`, а в качестве названия проекта — `pythonfordevops-gke-pulumi`:

```
$ pulumi new
Please choose a template: gcp-python
A minimal Google Cloud Python Pulumi program
This command will walk you through creating a new Pulumi project.

Enter a value or leave blank to accept the (default), and press <ENTER>.
Press ^C at any time to quit.

project name: (pulumi_gke_py) pythonfordevops-gke-pulumi
project description: (A minimal Google Cloud Python Pulumi program)
Created project 'pythonfordevops-gke-pulumi'

stack name: (dev)
Created stack 'dev'
```

```
gcp:project: The Google Cloud project to deploy into: pythonfordevops-gke-pulumi
Saved config

Your new project is ready to go!

To perform an initial deployment, run the following commands:

   1. virtualenv -p python3 venv
   2. source venv/bin/activate
   3. pip3 install -r requirements.txt

Then, run 'pulumi up'.
```

Команда `pulumi new` создала следующие файлы:

```
$ ls -la
ls -la
total 40
drwxr-xr-x  7 ggheo  staff  224 Jul 16 15:08 .
drwxr-xr-x  6 ggheo  staff  192 Jul 16 15:06 ..
-rw-------  1 ggheo  staff   12 Jul 16 15:07 .gitignore
-rw-r--r--  1 ggheo  staff   50 Jul 16 15:08 Pulumi.dev.yaml
-rw-------  1 ggheo  staff  107 Jul 16 15:07 Pulumi.yaml
-rw-------  1 ggheo  staff  203 Jul 16 15:07 __main__.py
-rw-------  1 ggheo  staff   34 Jul 16 15:07 requirements.txt
```

Далее мы воспользуемся примером `gcp-py-gke` из репозитория GitHub примеров Pulumi (https://oreil.ly/SIT-v).

Скопируйте файлы `*.py` и `requirements.txt` из `examples/gcp-py-gke` в текущий каталог:

```
$ cp ~/pulumi-examples/gcp-py-gke/*.py .
$ cp ~/pulumi-examples/gcp-py-gke/requirements.txt .
```

Настройте все относящиеся к GCP переменные, необходимые для работы Pulumi в GCP:

```
$ pulumi config set gcp:project pythonfordevops-gke-pulumi
$ pulumi config set gcp:zone us-west1-a
$ pulumi config set password --secret PASS_FOR_KUBE_CLUSTER
```

Создайте и начните использовать виртуальную среду Python, установите объявленные в файле `requirements.txt` зависимости, после чего загрузите кластер GKE, описанный в файле `mainpy`, с помощью команды `pulumi up`:

```
$ virtualenv -p python3 venv
$ source venv/bin/activate
$ pip3 install -r requirements.txt
$ pulumi up
```

Не забудьте активировать API Kubernetes Engine, связав его с учетной записью биллинга Google в веб-консоли GCP.

Теперь кластер GKE виден в консоли GCP (https://oreil.ly/Su5FZ).

Для взаимодействия с только что выделенным кластером GKE сгенерируйте подходящую конфигурацию `kubectl` и начните ее использовать. Удобно, что программа Pulumi может экспортировать конфигурацию `kubectl` в виде выходного ресурса:

```
$ pulumi stack output kubeconfig > kubeconfig.yaml
$ export KUBECONFIG=./kubeconfig.yaml
```

Выводим список узлов, из которых состоит наш кластер GKE:

```
$ kubectl get nodes
NAME                                                STATUS   ROLES    AGE
   VERSION
gke-gke-cluster-ea17e87-default-pool-fd130152-30p3   Ready    <none>   4m29s
   v1.13.7-gke.8
gke-gke-cluster-ea17e87-default-pool-fd130152-kf9k   Ready    <none>   4m29s
   v1.13.7-gke.8
gke-gke-cluster-ea17e87-default-pool-fd130152-x9dx   Ready    <none>   4m27s
   v1.13.7-gke.8
```

Развертывание примера приложения Flask в GKE

Воспользуемся теми же самыми манифестами Kubernetes, что и в примере `minikube`, и развернем их в кластере Kubernetes в GKE с помощью команды `kubectl`. Начнем с создания развертывания и сервиса `redis`:

```
$ kubectl create -f redis-deployment.yaml
deployment.extensions/redis created

$ kubectl get pods
NAME                              READY   STATUS    RESTARTS   AGE
canary-aqw8jtfo-f54b9749-q5wqj    1/1     Running   0          5m57s
redis-9946db5cc-8g6zz             1/1     Running   0          20s

$ kubectl create -f redis-service.yaml
service/redis created

$ kubectl get service redis
NAME    TYPE        CLUSTER-IP      EXTERNAL-IP   PORT(S)    AGE
redis   ClusterIP   10.59.245.221   <none>        6379/TCP   18s
```

Создаем объект PersistentVolumeClaim в качестве тома данных для базы данных PostgreSQL:

```
$ kubectl create -f dbdata-persistentvolumeclaim.yaml
persistentvolumeclaim/dbdata created

$ kubectl get pvc
NAME     STATUS   VOLUME                                     CAPACITY
dbdata   Bound    pvc-00c8156c-b618-11e9-9e84-42010a8a006f   1Gi
   ACCESS MODES   STORAGECLASS   AGE
   RWO            standard       12s
```

Создаем развертывание `db`:

```
$ kubectl create -f db-deployment.yaml
deployment.extensions/db created

$ kubectl get pods
NAME                              READY   STATUS             RESTARTS  AGE
canary-aqw8jtfo-f54b9749-q5wqj    1/1     Running            0         8m52s
db-6b4fbb57d9-cjjxx               0/1     CrashLoopBackOff   1         38s
redis-9946db5cc-8g6zz             1/1     Running            0         3m15s

$ kubectl logs db-6b4fbb57d9-cjjxx

initdb: directory "/var/lib/postgresql/data" exists but is not empty
It contains a lost+found directory, perhaps due to it being a mount point.
Using a mount point directly as the data directory is not recommended.
Create a subdirectory under the mount point.
```

При создании развертывания `db` мы столкнулись с проблемой. GKE выделил том постоянного хранения, смонтированный на каталог `/var/lib/postgresql/data`, и, согласно приведенному сообщению об ошибке, непустой.

Удаляем неудачное развертывание `db`:

```
$ kubectl delete -f db-deployment.yaml
deployment.extensions "db" deleted
```

Создаем новый временный модуль для монтирования того же объекта `dbdata` типа PersistentVolumeClaim в виде каталога `/data` внутри модуля, чтобы можно было посмотреть на содержимое его файловой системы. Запуск подобного временного модуля для целей отладки — очень полезный прием:

```
$ cat pvc-inspect.yaml
kind: Pod
apiVersion: v1
metadata:
  name: pvc-inspect
spec:
```

```
  volumes:
    - name: dbdata
      persistentVolumeClaim:
        claimName: dbdata
  containers:
    - name: debugger
      image: busybox
      command: ['sleep', '3600']
      volumeMounts:
        - mountPath: "/data"
          name: dbdata

$ kubectl create -f pvc-inspect.yaml
pod/pvc-inspect created

$ kubectl get pods
NAME                              READY   STATUS    RESTARTS   AGE
canary-aqw8jtfo-f54b9749-q5wqj    1/1     Running   0          20m
pvc-inspect                       1/1     Running   0          35s
redis-9946db5cc-8g6zz             1/1     Running   0          14m
```

С помощью команды `kubectl exec` открываем командную оболочку внутри модуля, чтобы просмотреть содержимое каталога `/data`:

```
$ kubectl exec -it pvc-inspect -- sh
/ # cd /data
/data # ls -la
total 24
drwx------    3 999      root          4096 Aug  3 17:57 .
drwxr-xr-x    1 root     root          4096 Aug  3 18:08 ..
drwx------    2 999      root         16384 Aug  3 17:57 lost+found
/data # rm -rf lost\+found/
/data # exit
```

Обратите внимание на то, что каталог `/data` содержит подкаталог `lost+found`, который необходимо удалить.

Удаляем временный модуль:

```
$ kubectl delete pod pvc-inspect
pod "pvc-inspect" deleted
```

Снова создаем развертывание `db`, на этот раз успешно:

```
$ kubectl create -f db-deployment.yaml
deployment.extensions/db created

$ kubectl get pods
NAME                              READY   STATUS    RESTARTS   AGE
canary-aqw8jtfo-f54b9749-q5wqj    1/1     Running   0          23m
db-6b4fbb57d9-8h978               1/1     Running   0          19s
redis-9946db5cc-8g6zz             1/1     Running   0          17m
```

```
$ kubectl logs db-6b4fbb57d9-8h978
PostgreSQL init process complete; ready for start up.

2019-08-03 18:12:01.108 UTC [1]
LOG:  listening on IPv4 address "0.0.0.0", port 5432
2019-08-03 18:12:01.108 UTC [1]
LOG:  listening on IPv6 address "::", port 5432
2019-08-03 18:12:01.114 UTC [1]
LOG:  listening on Unix socket "/var/run/postgresql/.s.PGSQL.5432"
2019-08-03 18:12:01.135 UTC [50]
LOG:  database system was shut down at 2019-08-03 18:12:01 UTC
2019-08-03 18:12:01.141 UTC [1]
LOG:  database system is ready to accept connections
```

Создаем базу данных `wordcount` и роль `wordcount_dbadmin`:

```
$ kubectl exec -it db-6b4fbb57d9-8h978 -- psql -U postgres
psql (11.4 (Debian 11.4-1.pgdg90+1))
Type "help" for help.

postgres=# create database wordcount;
CREATE DATABASE
postgres=# \q

$ kubectl exec -it db-6b4fbb57d9-8h978 -- psql -U postgres wordcount
psql (11.4 (Debian 11.4-1.pgdg90+1))
Type "help" for help.

wordcount=# CREATE ROLE wordcount_dbadmin;
CREATE ROLE
wordcount=# ALTER ROLE wordcount_dbadmin LOGIN;
ALTER ROLE
wordcount=# ALTER USER wordcount_dbadmin PASSWORD 'MYNEWPASS';
ALTER ROLE
wordcount=# \q
```

Создаем сервис `db`:

```
$ kubectl create -f db-service.yaml
service/db created

$ kubectl describe service db
Name:              db
Namespace:         default
Labels:            io.kompose.service=db
Annotations:       kompose.cmd: kompose convert
                   kompose.version: 1.16.0 (0c01309)
Selector:          io.kompose.service=db
Type:              ClusterIP
IP:                10.59.241.181
Port:              5432  5432/TCP
```

```
TargetPort:        5432/TCP
Endpoints:         10.56.2.5:5432
Session Affinity:  None
Events:            <none>
```

Создаем объект Secret на основе значения пароля базы данных в кодировке `base64`. Значение пароля в виде открытого текста сохраняется в файле, зашифрованном с помощью `sops`:

```
$ echo MYNEWPASS | base64
MYNEWPASSBASE64

$ sops secrets.yaml.enc

apiVersion: v1
kind: Secret
metadata:
  name: fbe-secret
type: Opaque
data:
  dbpass: MYNEWPASSBASE64

$ sops -d secrets.yaml.enc | kubectl create -f -
secret/fbe-secret created

kubectl describe secret fbe-secret
Name:         fbe-secret
Namespace:    default
Labels:       <none>
Annotations:  <none>

Type:  Opaque

Data
===
dbpass:  21 bytes
```

Создайте еще один объект Secret для учетных данных Docker Hub:

```
$ sops -d create_docker_credentials_secret.sh.enc | bash -
secret/myregistrykey created
```

Поскольку мы рассматриваем сценарий развертывания приложения в GKE для целей промышленной эксплуатации, задаем параметр `replicas` в файле `worker-deployment.yaml` равным `3`, чтобы в любой момент работали три модуля процесса-исполнителя:

```
$ kubectl create -f worker-deployment.yaml
deployment.extensions/worker created
```

Убеждаемся, что работают три модуля процесса-исполнителя:

```
$ kubectl get pods
NAME                              READY   STATUS    RESTARTS   AGE
canary-aqw8jtfo-f54b9749-q5wqj    1/1     Running   0          39m
db-6b4fbb57d9-8h978               1/1     Running   0          16m
redis-9946db5cc-8g6zz             1/1     Running   0          34m
worker-8cf5dc699-98z99            1/1     Running   0          35s
worker-8cf5dc699-9s26v            1/1     Running   0          35s
worker-8cf5dc699-v6ckr            1/1     Running   0          35s

$ kubectl logs worker-8cf5dc699-98z99
18:28:08 RQ worker 'rq:worker:1355d2cad49646e4953c6b4d978571f1' started,
 version 1.0
18:28:08 *** Listening on default...
```

Аналогично задаем параметр `replicas` в файле `app-deployment.yaml` равным 2:

```
$ kubectl create -f app-deployment.yaml
deployment.extensions/app created
```

Удостоверяемся, что работают два модуля приложения:

```
$ kubectl get pods
NAME                              READY   STATUS    RESTARTS   AGE
app-7964cff98f-5bx4s              1/1     Running   0          54s
app-7964cff98f-8n8hk              1/1     Running   0          54s
canary-aqw8jtfo-f54b9749-q5wqj    1/1     Running   0          41m
db-6b4fbb57d9-8h978               1/1     Running   0          19m
redis-9946db5cc-8g6zz             1/1     Running   0          36m
worker-8cf5dc699-98z99            1/1     Running   0          2m44s
worker-8cf5dc699-9s26v            1/1     Running   0          2m44s
worker-8cf5dc699-v6ckr            1/1     Running   0          2m44s
```

Создаем сервис `app`:

```
$ kubectl create -f app-service.yaml
service/app created
```

Обратите внимание на то, что был создан сервис типа `LoadBalancer`:

```
$ kubectl describe service app
Name:                     app
Namespace:                default
Labels:                   io.kompose.service=app
Annotations:              kompose.cmd: kompose convert
                          kompose.version: 1.16.0 (0c01309)
Selector:                 io.kompose.service=app
Type:                     LoadBalancer
IP:                       10.59.255.31
LoadBalancer Ingress:     34.83.242.171
Port:                     5000  5000/TCP
```

```
TargetPort:               5000/TCP
NodePort:                 5000  31305/TCP
Endpoints:                10.56.1.6:5000,10.56.2.12:5000
Session Affinity:         None
External Traffic Policy:  Cluster
Events:
Type    Reason                Age   From                Message
----    ------                ----  ----                -------
Normal  EnsuringLoadBalancer  72s   service-controller  Ensuring load balancer
Normal  EnsuredLoadBalancer   33s   service-controller  Ensured load balancer
```

Проверяем работу приложения, обращаясь к URL конечной точки, в основе которого лежит соответствующий `LoadBalancer Ingress` IP-адрес http://34.83.242.171:5000.

Мы продемонстрировали создание таких объектов Kubernetes, как Deployment, Service и Secret, из исходных файлов манифестов Kubernetes. По мере усложнения приложения начнут проявляться ограничения этого подхода, поскольку будет все сложнее настраивать эти файлы для каждой среды (например, предэксплуатационного тестирования, интеграции или промышленной эксплуатации). У каждой среды будет свой набор значений среды и секретных данных, которые придется отслеживать. В целом отслеживать, когда какие манифесты были установлены, станет все сложнее. В экосистеме Kubernetes можно найти немало решений этой проблемы, одно из наиболее распространенных — система управления пакетами Helm (https://oreil.ly/duKVw). Ее можно считать эквивалентом систем управления пакетами `yum` и `apt` для Kubernetes.

В следующем разделе мы покажем, как в кластере GKE с помощью Helm установить и настроить под свои нужды Prometheus и Grafana.

Установка чартов Helm для Prometheus и Grafana

Серверной части Tiller в текущей версии Helm[1] (v2 на момент написания книги) необходимо предоставить определенные права доступа внутри кластера Kubernetes.

Создаем новую учетную запись сервиса Kubernetes для Tiller и предоставляем ей нужные права:

```
$ kubectl -n kube-system create sa tiller

$ kubectl create clusterrolebinding tiller \
  --clusterrole cluster-admin \
```

[1] Начиная с версии 3, для использования Helm в кластере больше не требуется устанавливать Tiller и команды helm init в этой версии уже нет. — *Примеч. пер.*

```
  --serviceaccount=kube-system:tiller

$ kubectl patch deploy --namespace kube-system \
tiller-deploy -p  '{"spec":{"template":{"spec":{"serviceAccount":"tiller"}}}}'
```

Скачайте соответствующий вашей операционной системе исполняемый файл Helm с официальной страницы Helm (https://oreil.ly/sPwDO) и установите его, после чего установите Tiller с помощью команды `helm init`:

```
$ helm init
```

Создайте пространство имен `monitoring`:

```
$ kubectl create namespace monitoring
namespace/monitoring created
```

Установите чарт Helm Prometheus (https://oreil.ly/CSaSo) в пространстве имен `monitoring`:

```
$ helm install --name prometheus --namespace monitoring stable/prometheus
NAME:   prometheus
LAST DEPLOYED: Tue Aug 27 12:59:40 2019
NAMESPACE: monitoring
STATUS: DEPLOYED
```

Выводим списки всех модулей, сервисов и объектов ConfigMap в пространстве имен `monitoring`:

```
$ kubectl get pods -nmonitoring
NAME                                            READY   STATUS    RESTARTS AGE
prometheus-alertmanager-df57f6df6-4b8lv         2/2     Running   0        3m
prometheus-kube-state-metrics-564564f799-t6qdm  1/1     Running   0        3m
prometheus-node-exporter-b4sb9                  1/1     Running   0        3m
prometheus-node-exporter-n4z2g                  1/1     Running   0        3m
prometheus-node-exporter-w7hn7                  1/1     Running   0        3m
prometheus-pushgateway-56b65bcf5f-whx5t         1/1     Running   0        3m
prometheus-server-7555945646-d86gn              2/2     Running   0        3m

$ kubectl get services -nmonitoring
NAME                            TYPE        CLUSTER-IP    EXTERNAL-IP  PORT(S)
   AGE
prometheus-alertmanager         ClusterIP   10.0.6.98     <none>       80/TCP
   3m51s
prometheus-kube-state-metrics   ClusterIP   None          <none>       80/TCP
   3m51s
prometheus-node-exporter        ClusterIP   None          <none>       9100/TCP
   3m51s
prometheus-pushgateway          ClusterIP   10.0.13.216   <none>       9091/TCP
   3m51s
```

```
prometheus-server               ClusterIP   10.0.4.74     <none>       80/TCP
   3m51s

$ kubectl get configmaps -nmonitoring
NAME                        DATA   AGE
prometheus-alertmanager     1      3m58s
prometheus-server           3      3m58s
```

Подключаемся к UI Prometheus с помощью команды `kubectl port-forward`:

```
$ export PROMETHEUS_POD_NAME=$(kubectl get pods --namespace monitoring \
-l "app=prometheus,component=server" -o jsonpath="{.items[0].metadata.name}")

$ echo $PROMETHEUS_POD_NAME
prometheus-server-7555945646-d86gn

$ kubectl --namespace monitoring port-forward $PROMETHEUS_POD_NAME 9090
Forwarding from 127.0.0.1:9090 -> 9090
Forwarding from [::1]:9090 -> 9090
Handling connection for 9090
```

Переходим по адресу `localhost:9090` в браузере и видим UI Prometheus.

Установим чарт Helm для Grafana (https://oreil.ly/--wEN) в пространстве имен `monitoring`:

```
$ helm install --name grafana --namespace monitoring stable/grafana
NAME:   grafana
LAST DEPLOYED: Tue Aug 27 13:10:02 2019
NAMESPACE: monitoring
STATUS: DEPLOYED
```

Выводим списки всех относящихся к Grafana модулей, сервисов, объектов ConfigMap и Secret в пространстве имен `monitoring`:

```
$ kubectl get pods -nmonitoring | grep grafana
grafana-84b887cf4d-wplcr                         1/1     Running   0

$ kubectl get services -nmonitoring | grep grafana
grafana                         ClusterIP   10.0.5.154    <none>        80/TCP

$ kubectl get configmaps -nmonitoring | grep grafana
grafana                     1      99s
grafana-test                1      99s

$ kubectl get secrets -nmonitoring | grep grafana
grafana                                  Opaque
grafana-test-token-85x4x                 kubernetes.io/service-account-token
grafana-token-jw2qg                      kubernetes.io/service-account-token
```

Получаем пароль для пользователя `admin` веб-интерфейса Grafana:

```
$ kubectl get secret --namespace monitoring grafana \
-o jsonpath="{.data.admin-password}" | base64 --decode ; echo

КАКОЙТОСЕКРЕТНЫЙТЕКСТ
```

Подключаемся к UI Grafana с помощью команды `kubectl port-forward`:

```
$ export GRAFANA_POD_NAME=$(kubectl get pods --namespace monitoring \
-l "app=grafana,release=grafana" -o jsonpath="{.items[0].metadata.name}")

$ kubectl --namespace monitoring port-forward $GRAFANA_POD_NAME 3000
Forwarding from 127.0.0.1:3000 -> 3000
Forwarding from [::1]:3000 -> 3000
```

Переходим по адресу `localhost:3000` в браузере и видим UI Grafana. Входим как пользователь `admin` с помощью полученного ранее пароля.

С помощью команды `helm list` выводим список установленных чартов. Текущая установка чарта называется релизом Helm (Helm release):

```
$ helm list
NAME        REVISION  UPDATED                   STATUS    CHART
    APP VERSION NAMESPACE
grafana     1         Tue Aug 27 13:10:02 2019  DEPLOYED  grafana-3.8.3
    6.2.5       monitoring
prometheus. 1         Tue Aug 27 12:59:40 2019  DEPLOYED  prometheus-9.1.0
    2.11.1      monitoring
```

В большинстве случаев чарты Helm придется настраивать под свои нужды. Легче всего это сделать, если скачать чарт и установить его из локальной файловой системы с помощью `helm`.

Самые свежие стабильные релизы чартов Helm Prometheus и Grafana можно получить с помощью команды `helm fetch`, скачивающей архивы чартов в формате TGZ:

```
$ mkdir charts
$ cd charts
$ helm fetch stable/prometheus
$ helm fetch stable/grafana
$ ls -la
total 80
drwxr-xr-x   4 ggheo  staff    128 Aug 27 13:59 .
drwxr-xr-x  15 ggheo  staff    480 Aug 27 13:55 ..
-rw-r--r--   1 ggheo  staff  16195 Aug 27 13:55 grafana-3.8.3.tgz
-rw-r--r--   1 ggheo  staff  23481 Aug 27 13:54 prometheus-9.1.0.tgz
```

Разархивируем содержимое TGZ-файлов, а затем удаляем их:

```
$ tar xfz prometheus-9.1.0.tgz; rm prometheus-9.1.0.tgz
$ tar xfz grafana-3.8.3.tgz; rm grafana-3.8.3.tgz
```

Шаблонизированные манифесты Kubernetes хранятся по умолчанию в подкаталогах `templates` каталогов чартов, так что в данном случае они будут располагаться в `prometheus/templates` и `grafana/templates`. Параметры конфигурации конкретного чарта объявляются в файле `values.yaml` в каталоге чарта.

В качестве примера настройки под свои нужды чарта Helm добавим в Grafana том постоянного хранения, чтобы не потерять данные при перезапуске модулей Grafana.

Отредактируйте файл `grafana/values.yaml`, задав значение `true` для подключа `enabled` родительского ключа `persistence` (по умолчанию `false`) в следующем разделе:

```
## Открываем возможности постоянного хранения данных с помощью объектов
Persistent Volume Claim
## ссылка: http://kubernetes.io/docs/user-guide/persistent-volumes/
##
persistence:
  enabled: true
  # storageClassName: default
  accessModes:
    - ReadWriteOnce
  size: 10Gi
  # annotations: {}
  finalizers:
    - kubernetes.io/pvc-protection
  # subPath: ""
  # existingClaim:
```

Обновите текущий выпуск чарта `grafana` Helm с помощью команды `helm upgrade`. Последний аргумент этой команды — название локального каталога с чартом. Выполните в родительском каталоге каталога чарта `grafana` следующую команду:

```
$ helm upgrade grafana grafana/
Release "grafana" has been upgraded. Happy Helming!
```

Убеждаемся, что для Grafana был создан PVC в пространстве имен `monitoring`:

```
kubectl describe pvc grafana -nmonitoring
Name:        grafana
Namespace:   monitoring
StorageClass:standard
Status:      Bound
Volume:      pvc-31d47393-c910-11e9-87c5-42010a8a0021
Labels:      app=grafana
             chart=grafana-3.8.3
             heritage=Tiller
             release=grafana
```

```
Annotations: pv.kubernetes.io/bind-completed: yes
             pv.kubernetes.io/bound-by-controller: yes
             volume.beta.kubernetes.io/storage-provisioner:kubernetes.io/gce-pd
Finalizers:  [kubernetes.io/pvc-protection]
Capacity:    10Gi
Access Modes:RWO
Mounted By:  grafana-84f79d5c45-zlqz8
Events:
Type    Reason                 Age   From                         Message
----    ------                 ----  ----                         -------
Normal  ProvisioningSucceeded  88s   persistentvolume-controller  Successfully
provisioned volume pvc-31d47393-c910-11e9-87c5-42010a8a0021
using kubernetes.io/gce-pd
```

Еще один пример настройки чартов Helm под свои нужды, на этот раз для чарта Prometheus, — изменение используемого по умолчанию срока хранения информации в Prometheus, равного 15 дням.

Измените значение параметра `retention` в файле `prometheus/values.yaml` на 30 дней:

```
## Срок хранения информации в Prometheus (по умолчанию 15 дней,
## если не указано иное значение)
##
retention: "30d"
```

Обновите текущий выпуск чарта Prometheus, запустив команду `helm upgrade`. Выполнить эту команду необходимо в родительском каталоге каталога чарта `prometheus`:

```
$ helm upgrade prometheus prometheus
Release "prometheus" has been upgraded. Happy Helming!
```

Проверим, изменился ли срок хранения информации на 30-дневный. Выполните команду `kubectl describe` для запущенного в настоящий момент модуля Prometheus в пространстве имен `monitoring` и обратите внимание на раздел `Args` вывода:

```
$ kubectl get pods -nmonitoring
NAME                                            READY   STATUS   RESTARTS   AGE
grafana-84f79d5c45-zlqz8                        1/1     Running  0          9m
prometheus-alertmanager-df57f6df6-4b8lv         2/2     Running  0          87m
prometheus-kube-state-metrics-564564f799-t6qdm  1/1     Running  0          87m
prometheus-node-exporter-b4sb9                  1/1     Running  0          87m
prometheus-node-exporter-n4z2g                  1/1     Running  0          87m
prometheus-node-exporter-w7hn7                  1/1     Running  0          87m
prometheus-pushgateway-56b65bcf5f-whx5t         1/1     Running  0          87m
prometheus-server-779ffd445f-4llqr              2/2     Running  0          3m
```

```
$ kubectl describe pod prometheus-server-779ffd445f-4llqr -nmonitoring
OUTPUT OMITTED
      Args:
      --storage.tsdb.retention.time=30d
      --config.file=/etc/config/prometheus.yml
      --storage.tsdb.path=/data
      --web.console.libraries=/etc/prometheus/console_libraries
      --web.console.templates=/etc/prometheus/consoles
      --web.enable-lifecycle
```

Удаление кластера GKE

Очистка используемых для тестирования ресурсов, которые больше не нужны, окупается буквально сторицей. В противном случае в конце месяца вас может ждать неприятный сюрприз в виде счета от поставщика облачных сервисов.

Удалить кластер GKE можно с помощью команды `pulumi destroy`:

```
$ pulumi destroy

Previewing destroy (dev):

     Type                              Name                              Plan
 -   pulumi:pulumi:Stack               pythonfordevops-gke-pulumi-dev    delete
 -   ├─ kubernetes:core:Service        ingress                           delete
 -   ├─ kubernetes:apps:Deployment     canary                            delete
 -   ├─ pulumi:providers:kubernetes    gke_k8s                           delete
 -   ├─ gcp:container:Cluster          gke-cluster                       delete
 -   └─ random:index:RandomString      password                          delete

Resources:
    - 6 to delete

Do you want to perform this destroy? yes
Destroying (dev):

     Type                              Name                              Status
 -   pulumi:pulumi:Stack               pythonfordevops-gke-pulumi-dev    deleted
 -   ├─ kubernetes:core:Service        ingress                           deleted
 -   ├─ kubernetes:apps:Deployment     canary                            deleted
 -   ├─ pulumi:providers:kubernetes    gke_k8s                           deleted
 -   ├─ gcp:container:Cluster          gke-cluster                       deleted
 -   └─ random:index:RandomString      password                          deleted

Resources:
    - 6 deleted

Duration: 3m18s
```

Упражнения

- Попробуйте использовать для PostgreSQL Google Cloud SQL вместо запуска PostgreSQL в контейнере Docker в GKE.
- Запустите кластер EKS Amazon с помощью AWS Cloud Development Kit (https://aws.amazon.com/cdk) и разверните в нем пример приложения.
- Попробуйте использовать Amazon RDS PostgreSQL вместо запуска PostgreSQL в контейнере Docker в EKS.
- Поэкспериментируйте с утилитой Kustomize (https://oreil.ly/ie9n6) для работы с YAML-файлами манифестов Kubernetes в качестве альтернативы Helm.

ГЛАВА 13

Технологии бессерверной обработки данных

Бессерверная обработка данных (serverless) — очень популярный сегодня термин в отрасли IT. Как часто бывает с подобными терминами, мнения относительно их точного значения существенно разнятся. На первый взгляд бессерверная обработка данных подразумевает мир, в котором больше не нужно заботиться о серверах. В некоторой степени это правда, но лишь для разработчиков, использующих предоставляемую бессерверными технологиями функциональность. Эта глава демонстрирует, что нужно сделать еще *очень много*, прежде чем мы окажемся в сказочной стране, где нет серверов.

Многие считают термин *«бессерверная обработка данных»* синонимом функции как сервиса (FaaS). Частично это оправданно и во многом связано с запуском AWS-сервиса Lambda в 2015 году. Функции AWS Lambda могут выполняться в облаке без развертывания обычного сервера в качестве хоста для них. Отсюда и термин *«бессерверная»*.

Однако FaaS не единственный сервис, который можно считать бессерверным. Сегодня все три крупнейших поставщика общедоступных облачных сервисов (Amazon, Microsoft и Google) предлагают функциональность «контейнер как сервис» (CaaS), позволяющую развертывать в их облаках полнофункциональные контейнеры Docker без выделения серверов в качестве хостов для них. Эти сервисы также можно назвать бессерверными. Примеры таких сервисов — AWS Fargate, Microsoft Azure Container Instances и Google Cloud Run.

Для каких сценариев использования подходят бессерверные технологии? Вот некоторые сценарии применения технологий FaaS, таких как AWS Lambda, особенно с учетом того, что вызов функций Lambda может инициироваться событиями от других облачных сервисов.

- Технологический процесс ETL (Extract — Transform — Load, извлечение — преобразование — загрузка) обработки данных, например, когда файл загружается

в S3, который инициирует выполнение функции Lambda, производящей ETL-обработку данных и отправляющей их в очередь или в базу данных в прикладной части.

- ETL-обработка журналов, присылаемых в CloudWatch другими сервисами.
- Cron-подобное планирование заданий на основе событий CloudWatch, инициирующих выполнение функций Lambda.
- Уведомления в режиме реального времени на основе Amazon SNS, инициирующих выполнение функций Lambda.
- Обработка сообщений электронной почты с помощью AWS Lambda и Amazon SES.
- Бессерверный хостинг веб-сайтов, при котором статические веб-ресурсы (JavaScript, CSS и HTML) хранятся в S3 и роль клиентской части играет сервис CloudFront CDN, а API REST обслуживается API Gateway, перенаправляющим запросы API функциям Lambda, которые взаимодействуют с прикладной частью (Amazon RDS или Amazon DynamoDB).

Многие сценарии использования бессерверных технологий описаны в онлайн-документации каждого из поставщиков облачных сервисов. Например, в бессерверной экосистеме Google Cloud служба Google AppEngine лучше всего подходит для работы с веб-приложениями, Google Functions — для работы с API, а CloudRun — для запуска процессов в контейнерах Docker. В качестве конкретного примера рассмотрим сервис, предназначенный для задач машинного обучения, например для обнаружения объектов с помощью фреймворка TensorFlow. Из-за ограничений FaaS в смысле вычислительных ресурсов, а также оперативной и дисковой памяти наряду с ограниченной доступностью библиотек в архитектуре FaaS, вероятно, стоит запускать подобный сервис с помощью CaaS, а не FaaS.

Большая тройка поставщиков облачных сервисов сопровождает свои платформы FaaS обширными наборами программных средств DevOps. Например, при использовании AWS Lambda можно без особых усилий добавить из AWS следующие сервисы:

- AWS X-Ray для отслеживания/наблюдения;
- Amazon CloudWatch для журналирования, предупреждения о проблемах и планирования событий;
- AWS Step Functions для бессерверного согласования технологических процессов;
- AWS Cloud9 для организации среды разработки в браузере.

Как же выбрать между FaaS и CaaS? В одной плоскости ответ на этот вопрос зависит от единицы развертывания. FaaS прекрасно подходит там, где требуются только функции с коротким жизненным циклом, малым числом зависимостей и небольшими объемами обрабатываемых данных. Если же, напротив, речь идет о «долгоиграющих» процессах с большим количеством зависимостей и высокими требованиями к вычислительным ресурсам, лучше воспользоваться CaaS. Большинство сервисов FaaS сильно ограничены во времени выполнения (не более 15 минут для AWS Lambda), вычислительных ресурсах, объеме оперативной памяти, дискового пространства и количестве HTTP-запросов и ответов. Положительная сторона короткого времени выполнения FaaS — платить нужно только за это краткое время выполнения функции.

Если вы помните рассуждения в начале главы 12, где серверы сравнивались с домашними питомцами, крупным рогатым скотом и насекомыми, функции правильнее всего будет сравнить с бабочками-однодневками — они ненадолго возникают, производят какую-то обработку данных и исчезают. Вследствие краткости своего существования функции в FaaS не сохраняют состояние, что необходимо учитывать при проектировании приложений.

Еще один аспект, который следует учитывать при выборе между FaaS и CaaS, — количество и тип взаимодействий вашего сервиса с прочими сервисами. Например, асинхронно инициировать выполнение функций AWS Lambda могут как минимум восемь других сервисов AWS, включая S3, Simple Notification Service (SNS), Simple Email Service (SES) и CloudWatch. Столь обширные возможности взаимодействия упрощают написание реагирующих на события функций, так что в этом случае FaaS явно лучше.

Как вы увидите в этой главе, в основе многих сервисов FaaS на самом деле лежит Kubernetes — в настоящее время де-факто стандарт в мире координации контейнеров. И хотя ваша единица развертывания — функция, «за кулисами» инструментарий FaaS создает контейнеры Docker и размещает их в кластере Kubernetes, как находящемся, так и не находящемся под вашим управлением. Примеры основанных на Kubernetes технологий FaaS — OpenFaas и OpenWhisk. При самостоятельном хостинге этих платформ FaaS внезапно становится ясно, что недаром половину слова «бессерверный» составляет слово *«сервер»*. Мы не ожидали, что придется уделять немало внимания обслуживанию кластеров Kubernetes.

Разбивая слово DevOps на составные части — Dev (разработчики) и Ops (специалисты по эксплуатации), — можно сказать, что бессерверные технологии тяготеют скорее к части Dev. Благодаря им развертывание разработчиками кода происходит более гладко. Основная задача специалистов по эксплуатации,

особенно при самостоятельном хостинге, — выделение вспомогательной инфраструктуры (иногда очень сложной) платформ FaaS или CaaS. Но, хотя разработчик может счесть, что специалисты по эксплуатации не особо нужны в случае бессерверных технологий (что возможно, хотя по определению это уже не DevOps), при использовании бессерверной платформы остается немало проблем, решение которых относится к сфере Ops: безопасность, масштабирование, ограничение ресурсов, планирование вычислительных мощностей, мониторинг, журналирование и наблюдение. Все это традиционно относится к сфере деятельности специалистов по эксплуатации, но в дивном новом мире DevOps, о котором идет речь, за них должны отвечать сообща и согласованно Dev и Ops. Команда разработчиков не должна считать свою задачу завершенной по окончании написания кода, а должна с гордостью отвечать за доведение сервиса до промышленной эксплуатации, в том числе за обеспечение встроенных возможностей мониторинга, журналирования и трассировки.

Начнем эту главу с примеров развертывания одной и той же функции Python, соответствующей простой конечной точке HTTP, в облачные сервисы большой тройки поставщиков с помощью предлагаемых ими решений FaaS.

Объемы информации, выводимой в результате выполнения некоторых команд из следующих примеров в консоль, довольно велик. За исключением случаев, когда это совершенно необходимо для понимания смысла, мы будем опускать бóльшую часть строк вывода, чтобы сберечь деревья и дать читателю возможность сосредоточиться на тексте.

Развертывание одной и той же функции Python в облака большой тройки поставщиков облачных сервисов

Для AWS и Google мы воспользуемся платформой Serverless, сильно упрощающей развертывание за счет абстрагирования создания облачных ресурсов, необходимых для среды выполнения FaaS. Платформа Serverless не поддерживает функции Python для Microsoft Azure, так что в этом случае применимы утилиты командной строки Azure.

Установка фреймворка Serverless

Платформа Serverless (https://serverless.com) основывается на nodejs. Для ее установки мы воспользуемся `npm`:

```
$ npm install -g serverless
```

Развертывание функции Python в AWS Lambda

Начнем с клонирования репозитория GitHub с примерами платформы Serverless:

```
$ git clone https://github.com/serverless/examples.git
cd examples/aws-python-simple-http-endpoint
$ export AWS_PROFILE=gheorghiu-net
```

Конечная точка HTTP Python описана в файле `handle.py`:

```
$ cat handler.py
import json
import datetime

def endpoint(event, context):
    current_time = datetime.datetime.now().time()
    body = {
        "message": "Hello, the current time is " + str(current_time)
    }

    response = {
        "statusCode": 200,
        "body": json.dumps(body)
    }

    return response
```

Платформа Serverless применяет декларативный подход для описания создаваемых ресурсов в YAML-файле `serverless.yaml`. Вот пример этого файла, в котором объявлена функция `currentTime`, соответствующая функции Python `endpoint` из описанного ранее модуля `handler`:

```
$ cat serverless.yml
service: aws-python-simple-http-endpoint
frameworkVersion: ">=1.2.0 <2.0.0"

provider:
  name: aws
  runtime: python2.7 # or python3.7, supported as of November 2018

functions:
  currentTime:
    handler: handler.endpoint
    events:
      - http:
          path: ping
          method: get
```

Измените версию Python в файле `serverless.yaml` на 3.7:

```
provider:
  name: aws
  runtime: python3.7
```

Развертываем эту функцию в AWS Lambda с помощью команды `serverless deploy`:

```
$ serverless deploy
Serverless: Packaging service...
Serverless: Excluding development dependencies...
Serverless: Uploading CloudFormation file to S3...
Serverless: Uploading artifacts...
Serverless:
Uploading service aws-python-simple-http-endpoint.zip file to S3 (1.95 KB)...
Serverless: Validating template...
Serverless: Updating Stack...
Serverless: Checking Stack update progress...
.............
Serverless: Stack update finished...
Service Information
service: aws-python-simple-http-endpoint
stage: dev
region: us-east-1
stack: aws-python-simple-http-endpoint-dev
resources: 10
api keys:
  None
endpoints:
  GET - https://3a88jzlxm0.execute-api.us-east-1.amazonaws.com/dev/ping
functions:
  currentTime: aws-python-simple-http-endpoint-dev-currentTime
layers:
  None
Serverless:
Run the "serverless" command to setup monitoring, troubleshooting and testing.
```

Проверяем развернутую функцию AWS Lambda, выполняя запрос к ее конечной точке с помощью `curl`:

```
$ curl https://3a88jzlxm0.execute-api.us-east-1.amazonaws.com/dev/ping
{"message": "Hello, the current time is 23:16:30.479690"}%
```

Вызываем функцию Lambda напрямую с помощью команды `serverless invoke`:

```
$ serverless invoke --function currentTime
{
    "statusCode": 200,
    "body": "{\"message\": \"Hello, the current time is 23:18:38.101006\"}"
}
```

Вызываем функцию Lambda напрямую с одновременным выводом журнала (он отправляется в AWS CloudWatch Logs):

```
$ serverless invoke --function currentTime --log
{
    "statusCode": 200,
    "body": "{\"message\": \"Hello, the current time is 23:17:11.182463\"}"
}
```

```
--------------------------------------------------------------------
START RequestId: 5ac3c9c8-f8ca-4029-84fa-fcf5157b1404 Version: $LATEST
END RequestId: 5ac3c9c8-f8ca-4029-84fa-fcf5157b1404
REPORT RequestId: 5ac3c9c8-f8ca-4029-84fa-fcf5157b1404
Duration: 1.68 ms Billed Duration: 100 ms   Memory Size: 1024 MB
Max Memory Used: 56 MB
```

Обратите внимание на то, что `Billed Duration` (включенная в счет длительность использования) в предыдущем выводе составляет 100 миллисекунд, демонстрируя тем самым одно из преимуществ FaaS — счет выставляется за очень дробные промежутки времени.

Кроме того, мы хотели бы обратить ваше внимание на то, что весь большой объем работ по созданию ресурсов AWS, необходимых для функции Lambda, берет на себя «за кулисами» платформа Serverless. Она создает стек CloudFormation под названием в данном случае `aws-python-simple-http-endpoint-dev`. Просмотреть его можно с помощью утилиты командной строки `aws`:

```
$ aws cloudformation describe-stack-resources \
  --stack-name aws-python-simple-http-endpoint-dev
  --region us-east-1 | jq '.StackResources[].ResourceType'
"AWS::ApiGateway::Deployment"
"AWS::ApiGateway::Method"
"AWS::ApiGateway::Resource"
"AWS::ApiGateway::RestApi"
"AWS::Lambda::Function"
"AWS::Lambda::Permission"
"AWS::Lambda::Version"
"AWS::Logs::LogGroup"
"AWS::IAM::Role"
"AWS::S3::Bucket"
```

Отметим, что стек CloudFormation включает не менее десяти типов ресурсов, которые в противном случае пришлось бы создавать или связывать друг с другом вручную.

Развертывание функции Python в Google Cloud Functions

В этом разделе мы воспользуемся примером кода из каталога `google-python-simple-http-endpoint` репозитория GitHub с примерами платформы Serverless:

```
$ gcloud projects list
PROJECT_ID                  NAME                        PROJECT_NUMBER
pulumi-gke-testing          Pulumi GKE Testing          705973980178
pythonfordevops-gke-pulumi  pythonfordevops-gke-pulumi  787934032650
```

Создаем новый проект GCP:

```
$ gcloud projects create pythonfordevops-cloudfunction
```

Инициализируем локальную среду `gcloud`:

```
$ gcloud init
Welcome! This command will take you through the configuration of gcloud.

Settings from your current configuration [pythonfordevops-gke-pulumi] are:
compute:
  region: us-west1
  zone: us-west1-c
core:
  account: grig.gheorghiu@gmail.com
  disable_usage_reporting: 'True'
  project: pythonfordevops-gke-pulumi

Pick configuration to use:
[1] Re-initialize this configuration with new settings
[2] Create a new configuration
[3] Switch to and re-initialize existing configuration: [default]
Please enter your numeric choice:  2

Enter configuration name. Names start with a lower case letter and
contain only lower case letters a-z, digits 0-9, and hyphens '-':
pythonfordevops-cloudfunction
Your current configuration has been set to: [pythonfordevops-cloudfunction]

Choose the account you would like to use to perform operations for
this configuration:
 [1] grig.gheorghiu@gmail.com
 [2] Log in with a new account
Please enter your numeric choice:  1

You are logged in as: [grig.gheorghiu@gmail.com].
Pick cloud project to use:
 [1] pulumi-gke-testing
 [2] pythonfordevops-cloudfunction
 [3] pythonfordevops-gke-pulumi
 [4] Create a new project
Please enter numeric choice or text value (must exactly match list
item):  2
Your current project has been set to: [pythonfordevops-cloudfunction].
```

Авторизация локальной командной оболочки в GCP:

```
$ gcloud auth login
```

Развертываем с помощью фреймворка Serverless ту же конечную точку HTTP Python, что и примере с AWS Lambda, но на этот раз как функцию Google Cloud:

```
$ serverless deploy

  Serverless Error ---------------------------------------

  Serverless plugin "serverless-google-cloudfunctions"
  initialization errored: Cannot find module 'serverless-google-cloudfunctions'
Require stack:
- /usr/local/lib/node_modules/serverless/lib/classes/PluginManager.js
- /usr/local/lib/node_modules/serverless/lib/Serverless.js
- /usr/local/lib/node_modules/serverless/lib/utils/autocomplete.js
- /usr/local/lib/node_modules/serverless/bin/serverless.js

  Get Support --------------------------------------------
     Docs:          docs.serverless.com
     Bugs:          github.com/serverless/serverless/issues
     Issues:        forum.serverless.com

  Your Environment Information ---------------------------
     Operating System:          darwin
     Node Version:              12.9.0
     Framework Version:         1.50.0
     Plugin Version:            1.3.8
     SDK Version:               2.1.0
```

Ошибка, которую мы наблюдаем, связана с тем, что еще не установлены указанные в `package.json` зависимости:

```
$ cat package.json
{
  "name": "google-python-simple-http-endpoint",
  "version": "0.0.1",
  "description":
  "Example demonstrates how to setup a simple HTTP GET endpoint with python",
  "author": "Sebastian Borza <sebito91@gmail.com>",
  "license": "MIT",
  "main": "handler.py",
  "scripts": {
    "test": "echo \"Error: no test specified\" && exit 1"
  },
  "dependencies": {
    "serverless-google-cloudfunctions": "^2.1.0"
  }
}
```

Платформа Serverless написана на node.js, так что ее пакеты необходимо установить с помощью команды `npm install`:

```
$ npm install
```

Попробуем развернуть функцию снова:

```
$ serverless deploy

  Error ------------------------------------------------

  Error: ENOENT: no such file or directory,
  open '/Users/ggheo/.gcloud/keyfile.json'
```

Для генерации ключа учетных данных создайте новую учетную запись сервиса `sa` на странице учетной записи сервиса IAM GCP. В данном случае для новой учетной записи сервиса был задан адрес электронной почты sa-255@pythonfordevops-cloudfunction.iam.gserviceaccount.com.

Создайте ключ учетных данных и скачайте его в файл `~/.gcloud/pythonfordevops-cloudfunction.json`.

Укажите проект и путь к ключу в файле `serverless.yml`:

```
$ cat serverless.yml

service: python-simple-http-endpoint

frameworkVersion: ">=1.2.0 <2.0.0"

package:
  exclude:
    - node_modules/**
    - .gitignore
    - .git/**

plugins:
  - serverless-google-cloudfunctions

provider:
  name: google
  runtime: python37
  project: pythonfordevops-cloudfunction
  credentials: ~/.gcloud/pythonfordevops-cloudfunction.json

functions:
  currentTime:
    handler: endpoint
    events:
      - http: path
```

Перейдите на страницу менеджера развертывания (deployment manager) GCP и включите его API, а также биллинг для Google Cloud Storage.

Попробуем выполнить развертывание снова:

```
$ serverless deploy
Serverless: Packaging service...
Serverless: Excluding development dependencies...
Serverless: Compiling function "currentTime"...
Serverless: Uploading artifacts...

  Error ------------------------------------------------

  Error: Not Found
  at createError
  (/Users/ggheo/code/mycode/examples/google-python-simple-http-endpoint/
  node_modules/axios/lib/core/createError.js:16:15)
  at settle (/Users/ggheo/code/mycode/examples/
  google-python-simple-http-endpoint/node_modules/axios/lib/core/settle.js:18:12)
  at IncomingMessage.handleStreamEnd
  (/Users/ggheo/code/mycode/examples/google-python-simple-http-endpoint/
  node_modules/axios/lib/adapters/http.js:202:11)
  at IncomingMessage.emit (events.js:214:15)
  at IncomingMessage.EventEmitter.emit (domain.js:476:20)
  at endReadableNT (_stream_readable.js:1178:12)
  at processTicksAndRejections (internal/process/task_queues.js:77:11)

  For debugging logs, run again after setting the "SLS_DEBUG=*"
  environment variable.
```

Заглянем в документацию платформы Serverless по учетным записям и ролям GCP (https://oreil.ly/scsRg).

Оказывается, что для использования учетной записи сервиса для развертывания необходимо назначить ей следующие роли:

- Deployment Manager Editor;
- Storage Admin;
- Logging Admin;
- Cloud Functions Developer.

Заглянем также в документацию платформы Serverless на предмет того, какие API GCP необходимо включить (https://oreil.ly/rKiHg).

Выясняется, что в консоли GCP необходимо включить следующие API:

- Google Cloud Functions;
- Google Cloud Deployment Manager;
- Google Cloud Storage;
- Stackdriver Logging.

Переходим в Deployment Manager в консоли GCP и изучаем сообщения об ошибках:

```
sls-python-simple-http-endpoint-dev failed to deploy

sls-python-simple-http-endpoint-dev has resource warnings
sls-python-simple-http-endpoint-dev-1566510445295:
{"ResourceType":"storage.v1.bucket",
"ResourceErrorCode":"403",
"ResourceErrorMessage":{"code":403,
"errors":[{"domain":"global","location":"Authorization",
"locationType":"header",
"message":"The project to be billed is associated
with an absent billing account.",
"reason":"accountDisabled"}],
"message":"The project to be billed is associated
 with an absent billing account.",
 "statusMessage":"Forbidden",
 "requestPath":"https://www.googleapis.com/storage/v1/b",
 "httpMethod":"POST"}}
```

Удаляем развертывание `sls-python-simple-http-endpoint-dev` в консоли GCP и снова выполняем команду `serverless deploy`:

```
$ serverless deploy

Deployed functions
first
  https://us-central1-pythonfordevops-cloudfunction.cloudfunctions.net/http
```

Команда `serverless deploy` вновь завершилась неудачно, поскольку изначально мы не включили биллинг для Google Cloud Storage. Развертывание было помечено как завершившееся неудачно для указанного в файле `serverless.yml` сервиса, так что последующие команды `serverless deploy` завершались неудачно даже после включения биллинга Cloud Storage. После удаления неудачного развертывания в консоли GCP команда `serverless deploy` начала работать.

Вызываем непосредственно развернутую функцию Google Cloud:

```
$ serverless invoke --function currentTime
Serverless: v1os7ptg9o48 {
    "statusCode": 200,
    "body": {
        "message": "Received a POST request at 03:46:39.027230"
    }
}
```

Изучаем журнал с помощью команды `serverless logs`:

```
$ serverless logs --function currentTime
Serverless: Displaying the 4 most recent log(s):
```

```
2019-08-23T03:35:12.419846316Z: Function execution took 20 ms,
finished with status code: 200
2019-08-23T03:35:12.400499207Z: Function execution started
2019-08-23T03:34:27.133107221Z: Function execution took 11 ms,
finished with status code: 200
2019-08-23T03:34:27.122244864Z: Function execution started
```

Проверяем работу конечной точки функции с помощью `curl`:

```
$ curl \
https://undefined-pythonfordevops-cloudfunction.cloudfunctions.net/endpoint
<!DOCTYPE html>
<html lang=en>
  <p><b>404.</b> <ins>That's an error.</ins>
  <p>The requested URL was not found on this server.
  <ins>That's all we know.</ins>
```

Поскольку мы не задали в файле `serverless.yml` регион, URL конечной точки начинается с `undefined` и возвращается ошибка.

Задаем в файле `serverless.yml` регион `us-central1`:

```
provider:
  name: google
  runtime: python37
  region: us-central1
  project: pythonfordevops-cloudfunction
  credentials: /Users/ggheo/.gcloud/pythonfordevops-cloudfunction.json
```

Развертываем новую версию с помощью команды `serverless deploy` и тестируем конечную точку функции, применяя `curl`:

```
$ curl \
https://us-central1-pythonfordevops-cloudfunction.cloudfunctions.net/endpoint
{
    "statusCode": 200,
    "body": {
        "message": "Received a GET request at 03:51:02.560756"
    }
}%
```

Развертывание функции на Python в Azure

Платформа Serverless пока что не поддерживает Azure Functions (https://oreil.ly/4WQKG)[1] на Python. Поэтому мы покажем, как развернуть функцию Python Azure с помощью нативных утилит Azure.

[1] Уже поддерживает, см. https://www.serverless.com/blog/serverless-azure-functions-v2/. — *Примеч. пер.*

Создайте учетную запись Microsoft Azure и установите среду выполнения Microsoft Azure для своей операционной системы в соответствии с официальной документацией Microsoft (https://oreil.ly/GHS4c). Если вы работаете на macOS, воспользуйтесь `brew`:

```
$ brew tap azure/functions
$ brew install azure-functions-core-tools
Создайте новый каталог для кода функции Python:
$ mkdir azure-functions-python
$ cd azure-functions-python
```

Установите Python 3.6, поскольку Azure Functions не поддерживают версию 3.7[1]. Создайте и активируйте виртуальную среду:

```
$ brew unlink python
$ brew install \
https://raw.githubusercontent.com/Homebrew/homebrew-core/
f2a764ef944b1080be64bd88dca9a1d80130c558/Formula/python.rb \
--ignore-dependencies

$ python3 -V
Python 3.6.5

$ python3 -m venv .venv
$ source .venv/bin/activate
```

С помощью утилиты `func` Azure создайте локальный проект функции Azure с названием `python-simple-http-endpoint`:

```
$ func init python-simple-http-endpoint
Select a worker runtime:
1. dotnet
2. node
3. python
4. powershell (preview)
Choose option: 3
```

Перейдите в только что созданный каталог `python-simple-http-endpoint` и создайте Azure HTTP Trigger Function с помощью команды `func new`:

```
$ cd python-simple-http-endpoint
$ func new
Select a template:
1. Azure Blob Storage trigger
2. Azure Cosmos DB trigger
3. Azure Event Grid trigger
```

[1] На момент выпуска русскоязычного издания этой книги Azure Functions поддерживали Python вплоть до версии 3.9 (официальные дистрибутивы CPython). — *Примеч. пер.*

```
4. Azure Event Hub trigger
5. HTTP trigger
6. Azure Queue Storage trigger
7. Azure Service Bus Queue trigger
8. Azure Service Bus Topic trigger
9. Timer trigger
Choose option: 5
HTTP trigger
Function name: [HttpTrigger] currentTime
Writing python-simple-http-endpoint/currentTime/__init__.py
Writing python-simple-http-endpoint/currentTime/function.json
The function "currentTime" was created successfully
from the "HTTP trigger" template.
```

Взгляните на созданный код на языке Python:

```
$ cat currentTime/__init__.py
import logging

import azure.functions as func

def main(req: func.HttpRequest) -> func.HttpResponse:
    logging.info('Python HTTP trigger function processed a request.')

    name = req.params.get('name')
    if not name:
        try:
            req_body = req.get_json()
        except ValueError:
            pass
        else:
            name = req_body.get('name')

    if name:
        return func.HttpResponse(f"Hello {name}!")
    else:
        return func.HttpResponse(
             "Please pass a name on the query string or in the request body",
             status_code=400
        )
```

Выполните полученную функцию на локальной машине:

```
$ func host start

[8/24/19 12:21:35 AM] Host initialized (299ms)
[8/24/19 12:21:35 AM] Host started (329ms)
[8/24/19 12:21:35 AM] Job host started
[8/24/19 12:21:35 AM]  INFO: Starting Azure Functions Python Worker.
[8/24/19 12:21:35 AM]  INFO: Worker ID: e49c429d-9486-4167-9165-9ecd1757a2b5,
Request ID: 2842271e-a8fe-4643-ab1a-f52381098ae6, Host Address: 127.0.0.1:53952
Hosting environment: Production
```

```
Content root path: python-simple-http-endpoint
Now listening on: http://0.0.0.0:7071
Application started. Press Ctrl+C to shut down.
[8/24/19 12:21:35 AM] INFO: Successfully opened gRPC channel to 127.0.0.1:53952
Http Functions:
  currentTime: [GET,POST] http://localhost:7071/api/currentTime
```

Проверьте ее работу с другого терминала:

```
$ curl http://127.0.0.1:7071/api/currentTime\?name\=joe
Hello joe!%
```

Модифицируйте HTTP-обработчик в файле `currentTime/init.py`, включив в его ответ текущее время:

```
import datetime

def main(req: func.HttpRequest) -> func.HttpResponse:
    logging.info('Python HTTP trigger function processed a request.')

    name = req.params.get('name')
    if not name:
        try:
            req_body = req.get_json()
        except ValueError:
            pass
        else:
            name = req_body.get('name')

    current_time = datetime.datetime.now().time()
    if name:
        return func.HttpResponse(f"Hello {name},
        the current time is {current_time}!")
    else:
        return func.HttpResponse(
             "Please pass a name on the query string or in the request body",
             status_code=400
        )
```

Проверьте работу обновленной функции с помощью `curl`:

```
$ curl http://127.0.0.1:7071/api/currentTime\?name\=joe
Hello joe, the current time is 17:26:54.256060!%
```

Установите CLI Azure с помощью системы управления пакетами `pip`:

```
$ pip install azure.cli
```

Создайте в интерактивном режиме с помощью утилиты `az` командной строки Azure Resource Group, Storage Account и Function App. Этот режим позволяет

задействовать интерактивную командную оболочку с автодополнением, описаниями команд и примерами. Учтите, что для повторения этого примера вам нужно будет использовать отличное от нашего уникальное название `functionapp`. Возможно, также вам придется указать другой регион Azure, например `eastus`, поддерживающий бесплатные пробные учетные записи:

```
$ az interactive
az>> login
az>> az group create --name myResourceGroup --location westus2
az>> az storage account create --name griggheorghiustorage --location westus2 \
--resource-group myResourceGroup --sku Standard_LRS
az>> az functionapp create --resource-group myResourceGroup --os-type Linux \
--consumption-plan-location westus2 --runtime python \
--name pyazure-devops4all7 \
--storage-account griggheorghiustorage
az>> exit
```

Развертываем проект `functionapp` в Azure с помощью утилиты `func`:

```
$ func azure functionapp publish pyazure-devops4all --build remote
Getting site publishing info...
Creating archive for current directory...
Perform remote build for functions project (--build remote).
Uploading 2.12 KB

ВЫВОД ОПУЩЕН

Running post deployment command(s)...
Deployment successful.
App container will begin restart within 10 seconds.
Remote build succeeded!
Syncing triggers...
Functions in pyazure-devops4all:
    currentTime - [httpTrigger]
      Invoke url:
      https://pyazure-devops4all.azurewebsites.net/api/
      currenttime?code=b0rN93O04cGPcGFKyX7n9HgITTPnHZiGCmjJN/SRsPX7taM7axJbbw==
```

Проверяем работу развернутой функции в Azure посредством запроса к ее конечной точке с помощью `curl`:

```
$ curl "https://pyazure-devops4all.azurewebsites.net/api/currenttime\
?code\=b0rN93O04cGPcGFKyX7n9HgITTPnHZiGCmjJN/SRsPX7taM7axJbbw\=\=\&name\=joe"
Hello joe, the current time is 01:20:32.036097!%
```

Никогда не помешает очистить ненужные больше облачные ресурсы. В данном случае можно выполнить команду

```
$ az group delete --name myResourceGroup
```

Развертывание функции на Python на самохостируемых FaaS-платформах

Как упоминалось ранее в этой главе, многие FaaS-платформы работают на кластерах Kubernetes. В числе преимуществ такого подхода следующее: развертываемые функции выполняются как обычные контейнеры Docker в Kubernetes, что позволяет применять обычный инструментарий Kubernetes, особенно для наблюдения (мониторинга, журналирования и трассировки). Еще одно потенциальное преимущество — экономия денег. Благодаря выполнению бессерверных функций в виде контейнеров в уже существующем кластере Kubernetes можно использовать имеющиеся ресурсы кластера, а не платить за каждый вызов функции, как было бы при развертывании функций на сторонней FaaS-платформе.

В этом разделе мы рассмотрим одну из таких платформ — OpenFaaS (https://www.openfaas.com). В число аналогичных FaaS-платформ, «под капотом» которых скрывается Kubernetes, входят, в частности:

- Kubeless (https://kubeless.io);
- Fn Project (https://fnproject.io) (технология, лежащая в основе FaaS-платформы от Oracle — Oracle Functions);
- Fission (https://fission.io);
- Apache OpenWhisk (https://openwhisk.apache.org).

Развертывание функции на Python в OpenFaaS

Для этого примера воспользуемся облегченным дистрибутивом Kubernetes от компании Rancher — `k3s`, чтобы продемонстрировать многообразие доступных в экосистеме Kubernetes средств.

Начнем с запуска утилиты `k3sup` (https://oreil.ly/qK0xJ) для выделения кластера Kubernetes `k3s` на EC2-инстансе под управлением Ubuntu.

Скачайте и установите `k3sup`:

```
$ curl -sLS https://get.k3sup.dev | sh
$ sudo cp k3sup-darwin /usr/local/bin/k3sup
```

Проверьте возможность подключения по SSH к удаленному EC2-инстансу:

```
$ ssh ubuntu@35.167.68.86 date
Sat Aug 24 21:38:57 UTC 2019
```

Установите k3s с помощью команды k3sup install:

```
$ k3sup install --ip 35.167.68.86 --user ubuntu
ВЫВОД ОПУЩЕН
Saving file to: kubeconfig
```

Взглянем на содержимое файла kubeconfig:

```
$ cat kubeconfig
apiVersion: v1
clusters:
- cluster:
    certificate-authority-data: BASE64_FIELD
    server: https://35.167.68.86:6443
  name: default
contexts:
- context:
    cluster: default
    user: default
  name: default
current-context: default
kind: Config
preferences: {}
users:
- name: default
  user:
    password: OBFUSCATED
    username: admin
```

Сделайте так, чтобы переменная среды KUBECONFIG указывала на локальный файл kubeconfig, и попробуйте выполнить команды kubectl для удаленного кластера k3s:

```
$ export KUBECONFIG=./kubeconfig

$ kubectl cluster-info
Kubernetes master is running at https://35.167.68.86:6443
CoreDNS is running at
https://35.167.68.86:6443/api/v1/namespaces/kube-system/
services/kube-dns:dns/proxy

To further debug and diagnose cluster problems, use
'kubectl cluster-info dump'.

$ kubectl get nodes
NAME            STATUS   ROLES    AGE   VERSION
ip-10-0-0-185   Ready    master   10m   v1.14.6-k3s.1
```

Следующий этап — установка платформы OpenFaaS на кластере Kubernetes `k3s`.

Установите утилиту `faas-cli` в локальной системе под управлением macOS:

```
$ brew install faas-cli
```

Создайте права доступа RBAC для Tiller — серверной части Helm:

```
$ kubectl -n kube-system create sa tiller \
  && kubectl create clusterrolebinding tiller \
  --clusterrole cluster-admin \
  --serviceaccount=kube-system:tiller
serviceaccount/tiller created
clusterrolebinding.rbac.authorization.k8s.io/tiller created
```

Установите Tiller с помощью команды `helm init`[1]:

```
$ helm init --skip-refresh --upgrade --service-account tiller
```

Скачайте, настройте и установите чарт Helm для OpenFaaS:

```
$ wget \
https://raw.githubusercontent.com/openfaas/faas-netes/master/namespaces.yml

$ cat namespaces.yml
apiVersion: v1
kind: Namespace
metadata:
  name: openfaas
  labels:
    role: openfaas-system
    access: openfaas-system
    istio-injection: enabled
---
apiVersion: v1
kind: Namespace
metadata:
  name: openfaas-fn
  labels:
    istio-injection: enabled
    role: openfaas-fn

$ kubectl apply -f namespaces.yml
namespace/openfaas created
namespace/openfaas-fn created

$ helm repo add openfaas https://openfaas.github.io/faas-netes/
"openfaas" has been added to your repositories
```

[1] См. сноску на с. 383 в главе 12. — *Примеч. пер.*

Генерируем случайный пароль для минимальной аутентификации шлюза OpenFaaS:

```
$ PASSWORD=$(head -c 12 /dev/urandom | shasum| cut -d' ' -f1)

$ kubectl -n openfaas create secret generic basic-auth \
--from-literal=basic-auth-user=admin \
--from-literal=basic-auth-password="$PASSWORD"
secret/basic-auth created
```

Развертываем OpenFaaS путем установки чарта Helm:

```
$ helm repo update \
 && helm upgrade openfaas --install openfaas/openfaas \
    --namespace openfaas  \
    --set basic_auth=true \
    --set serviceType=LoadBalancer \
    --set functionNamespace=openfaas-fn

ВЫВОД ОПУЩЕН

NOTES:
To verify that openfaas has started, run:
kubectl --namespace=openfaas get deployments -l "release=openfaas,app=openfaas"
```

Подобную минимальную аутентификацию без TLS следует использовать только для экспериментов/изучения. Любую более или менее важную среду нужно настроить так, чтобы учетные данные передавались через защищенное TLS-соединение.

Проверяем, какие сервисы запущены в пространстве имен `openfaas`:

```
$ kubectl get service -nopenfaas
NAME                TYPE           CLUSTER-IP      EXTERNAL-IP   PORT(S)
alertmanager        ClusterIP      10.43.193.61    <none>        9093/TCP
basic-auth-plugin   ClusterIP      10.43.83.12     <none>        8080/TCP
gateway             ClusterIP      10.43.7.46      <none>        8080/TCP
gateway-external    LoadBalancer   10.43.91.91     10.0.0.185    8080:31408/TCP
nats                ClusterIP      10.43.33.153    <none>        4222/TCP
prometheus          ClusterIP      10.43.122.184   <none>        9090/TCP
```

Выполняем перенаправление с порта 8080 удаленного инстанса на локальный порт 8080:

```
$ kubectl port-forward -n openfaas svc/gateway 8080:8080 &
[1] 29183
Forwarding from 127.0.0.1:8080 -> 8080
```

Зайдите в браузере на веб-UI OpenFaaS по адресу http://localhost:8080/ и войдите в систему с именем пользователя `admin` и паролем `$PASSWORD`.

Далее мы создаем функцию OpenFaaS на Python. Для создания новой функции OpenFaaS `hello-python` задействуем утилиту `faas-cli`:

```
$ faas-cli new --lang python hello-python
Folder: hello-python created.
Function created in folder: hello-python
Stack file written: hello-python.yml
```

Заглянем в файл конфигурации функции `hello-python`:

```
$ cat hello-python.yml
version: 1.0
provider:
  name: openfaas
  gateway: http://127.0.0.1:8080
functions:
  hello-python:
    lang: python
    handler: ./hello-python
    image: hello-python:latest
```

Смотрим на содержимое автоматически созданного каталога `hello-python`:

```
$ ls -la hello-python
total 8
drwx------  4 ggheo  staff  128 Aug 24 15:16 .
drwxr-xr-x  8 ggheo  staff  256 Aug 24 15:16 ..
-rw-r--r--  1 ggheo  staff  123 Aug 24 15:16 handler.py
-rw-r--r--  1 ggheo  staff    0 Aug 24 15:16 requirements.txt

$ cat hello-python/handler.py
def handle(req):
    """Обрабатывает запрос к функции
    Args:
        req (str): тело запроса
    """
    return req
```

Отредактируем файл `handler.py`, слегка изменив код, выводящий текущее время, из `simple-http-example` платформы Serverless:

```
$ cat hello-python/handler.py
import json
import datetime

def handle(req):
    """Обрабатывает запрос к функции
```

```
    Args:
        req (str): тело запроса
    """

    current_time = datetime.datetime.now().time()
    body = {
        "message": "Received a {} at {}".format(req, str(current_time))
    }

    response = {
        "statusCode": 200,
        "body": body
    }
    return json.dumps(response, indent=4)
```

Следующий шаг — сборка Python-функции OpenFaaS. Выполним сборку образа Docker на основе сгенерированного автоматически Dockerfile с помощью команды сборки `faas-cli`:

```
$ faas-cli build -f ./hello-python.yml
[0] > Building hello-python.
Clearing temporary build folder: ./build/hello-python/
Preparing ./hello-python/ ./build/hello-python//function
Building: hello-python:latest with python template. Please wait..
Sending build context to Docker daemon  8.192kB
Step 1/29 : FROM openfaas/classic-watchdog:0.15.4 as watchdog

ВЫВОД КОМАНДЫ СБОРКИ DOCKER ОПУЩЕН

Successfully tagged hello-python:latest
Image: hello-python:latest built.
[0] < Building hello-python done.
[0] worker done.
```

Проверяем, появился ли на локальной машине образ Docker:

```
$ docker images | grep hello-python
hello-python                            latest
05b2c37407e1        29 seconds ago      75.5MB
```

Помечаем полученный образ Docker тегом и помещаем в реестр Docker Hub для использования на удаленном кластере Kubernetes:

```
$ docker tag hello-python:latest griggheo/hello-python:latest
```

Вносим изменения в файл `hello-python.yml`:

```
image: griggheo/hello-python:latest
```

Помещаем образ в Docker Hub с помощью команды `faas-cli push`:

```
$ faas-cli push -f ./hello-python.yml
[0] > Pushing hello-python [griggheo/hello-python:latest].
The push refers to repository [docker.io/griggheo/hello-python]
latest: digest:
sha256:27e1fbb7f68bb920a6ff8d3baf1fa3599ae92e0b3c607daac3f8e276aa7f3ae3
size: 4074
[0] < Pushing hello-python [griggheo/hello-python:latest] done.
[0] worker done.
```

Выполняем развертывание функции OpenFaaS на Python в удаленном кластере `k3s` с помощью команды `faas-cli deploy`:

```
$ faas-cli deploy -f ./hello-python.yml
Deploying: hello-python.
WARNING! Communication is not secure, please consider using HTTPS.
Letsencrypt.org offers free SSL/TLS certificates.
Handling connection for 8080

unauthorized access, run "faas-cli login"
to setup authentication for this server

Function 'hello-python' failed to deploy with status code: 401
```

Получаем учетные данные аутентификации с помощью команды `faas-cli login`:

```
$ echo -n $PASSWORD | faas-cli login -g http://localhost:8080 \
-u admin --password-stdin
Calling the OpenFaaS server to validate the credentials...
Handling connection for 8080
WARNING! Communication is not secure, please consider using HTTPS.
Letsencrypt.org offers free SSL/TLS certificates.
credentials saved for admin http://localhost:8080
```

Вносим следующие изменения в файл `hello-python.yml`:

```
gateway: http://localhost:8080
```

Поскольку наш обработчик возвращает JSON, добавьте в файл `hello-python.yml` следующие строки кода:

```
    environment:
      content_type: application/json
```

Содержимое файла `hello-python.yml` теперь выглядит так:

```
$ cat hello-python.yml
version: 1.0
provider:
  name: openfaas
  gateway: http://localhost:8080
```

```
functions:
  hello-python:
    lang: python
    handler: ./hello-python
    image: griggheo/hello-python:latest
    environment:
      content_type: application/json
```

Снова запустите команду `faas-cli deploy`:

```
$ faas-cli deploy -f ./hello-python.yml
Deploying: hello-python.
WARNING! Communication is not secure, please consider using HTTPS.
Letsencrypt.org offers free SSL/TLS certificates.
Handling connection for 8080
Handling connection for 8080

Deployed. 202 Accepted.
URL: http://localhost:8080/function/hello-python
```

При необходимости изменения кода собрать и заново развернуть функцию можно с помощью следующих команд (обратите внимание на то, что команда `faas-cli remove` удаляет текущую версию функции):

```
$ faas-cli build -f ./hello-python.yml
$ faas-cli push -f ./hello-python.yml
$ faas-cli remove -f ./hello-python.yml
$ faas-cli deploy -f ./hello-python.yml
```

Проверим работу развернутой функции с помощью `curl`:

```
$ curl localhost:8080/function/hello-python --data-binary 'hello'
Handling connection for 8080
{
    "body": {
        "message": "Received a hello at 22:55:05.225295"
    },
    "statusCode": 200
}
```

Проверяем еще и непосредственным вызовом нашей функции с помощью `faas-cli`:

```
$ echo -n "hello" | faas-cli invoke hello-python
Handling connection for 8080
{
    "body": {
        "message": "Received a hello at 22:56:23.549509"
    },
    "statusCode": 200
}
```

Следующий пример будет полноценнее. Мы продемонстрируем, как выделить с помощью AWS CDK сразу несколько функций Lambda, работающих за API Gateway, обеспечивающих (CRUD) REST-доступ для создания/чтения/обновления/удаления хранимых в таблице DynamoDB элементов `todo`. Мы также покажем, как выполнить нагрузочное тестирование нашего API REST с помощью развернутых в AWS Fargate контейнеров, а также утилиты нагрузочного тестирования Locust. Контейнеры Fargate мы также выделим с помощью AWS CDK.

Выделение таблиц DynamoDB, функций Lambda и методов API Gateway с помощью AWS CDK

Мы уже мельком упоминали AWS CDK в главе 10. AWS CDK — программный продукт, с помощью которого можно описывать желаемое состояние инфраструктуры в виде настоящего кода (в настоящее время поддерживаются языки программирования TypeScript и Python) вместо файлов описаний в формате YAML (как в платформе Serverless).

Установите интерфейс командной строки CDK на глобальном уровне (в зависимости от вашей операционной системы может потребоваться выполнить следующую команду с `sudo`):

```
$ npm install cdk -g
```

Создайте каталог для приложения CDK:

```
$ mkdir cdk-lambda-dynamodb-fargate
$ cd cdk-lambda-dynamodb-fargate
```

Создайте пример Python-приложения с помощью `cdk init`:

```
$ cdk init app --language=python
Applying project template app for python
Executing Creating virtualenv...

# Welcome to your CDK Python project!
This is a blank project for Python development with CDK.
The `cdk.json` file tells the CDK Toolkit how to execute your app.
```

Выводим список созданных файлов:

```
$ ls -la
total 40
drwxr-xr-x   9 ggheo  staff   288 Sep  2 10:10 .
drwxr-xr-x  12 ggheo  staff   384 Sep  2 10:10 ..
drwxr-xr-x   6 ggheo  staff   192 Sep  2 10:10 .env
```

```
-rw-r--r--   1 ggheo  staff  1651 Sep  2 10:10 README.md
-rw-r--r--   1 ggheo  staff   252 Sep  2 10:10 app.py
-rw-r--r--   1 ggheo  staff    32 Sep  2 10:10 cdk.json
drwxr-xr-x   4 ggheo  staff   128 Sep  2 10:10 cdk_lambda_dynamodb_fargate
-rw-r--r--   1 ggheo  staff     5 Sep  2 10:10 requirements.txt
-rw-r--r--   1 ggheo  staff  1080 Sep  2 10:10 setup.py
```

Изучаем содержимое основного файла `app.py`:

```
$ cat app.py
#!/usr/bin/env python3

from aws_cdk import core

from cdk_lambda_dynamodb_fargate.cdk_lambda_dynamodb_fargate_stack \
import CdkLambdaDynamodbFargateStack

app = core.App()
CdkLambdaDynamodbFargateStack(app, "cdk-lambda-dynamodb-fargate")

app.synth()
```

Программа CDK состоит из приложения (app), которое может содержать один или несколько стеков (stacks). Стек соответствует объекту стека CloudFormation.

Изучаем модуль с описанием стека CDK:

```
$ cat cdk_lambda_dynamodb_fargate/cdk_lambda_dynamodb_fargate_stack.py
from aws_cdk import core

class CdkLambdaDynamodbFargateStack(core.Stack):

    def __init__(self, scope: core.Construct, id: str, **kwargs) -> None:
        super().__init__(scope, id, **kwargs)

        # Место для кода с описанием вашего стека
```

Поскольку у нас будет два стека, один для ресурсов DynamoDB/Lambda/API Gateway, а второй для ресурсов Fargate, переименовываем `cdk_lambda_dynamodb_fargate/cdk_lambda_dynamodb_fargate_stack.py` в `cdk_lambda_dynamodb_fargate/cdk_lambda_dynamodb_stack.py`, а класс `CdkLambdaDynamodbFargateStack` — в `CdkLambdaDynamodbStack`.

Кроме того, необходимо, чтобы файл `app.py` ссылался на измененные названия модуля и класса:

```
from cdk_lambda_dynamodb_fargate.cdk_lambda_dynamodb_stack \
import CdkLambdaDynamodbStack

CdkLambdaDynamodbStack(app, "cdk-lambda-dynamodb")
```

Активируем виртуальную среду:

```
$ source .env/bin/activate
```

Мы возьмем средство сокращения URL из примеров CDK (https://oreil.ly/q2dDF) и модифицируем его, воспользовавшись кодом из примера API REST на Python для платформы Serverless для AWS (https://oreil.ly/o_gxS), и получим в результате API REST для создания и вывода списка, а также обновления и удаления элементов `todo`. Для хранения данных применим DynamoDB от Amazon.

Изучаем содержимое файла `serverless.yml` из `examples/aws-python-rest-api-with-dynamodb` и развертываем его с помощью команды `serverless`, чтобы посмотреть, какие ресурсы AWS будут созданы:

```
$ pwd
~/code/examples/aws-python-rest-api-with-dynamodb

$ serverless deploy
Serverless: Stack update finished...
Service Information
service: serverless-rest-api-with-dynamodb
stage: dev
region: us-east-1
stack: serverless-rest-api-with-dynamodb-dev
resources: 34
api keys:
  None
endpoints:
POST - https://tbst34m2b7.execute-api.us-east-1.amazonaws.com/dev/todos
GET - https://tbst34m2b7.execute-api.us-east-1.amazonaws.com/dev/todos
GET - https://tbst34m2b7.execute-api.us-east-1.amazonaws.com/dev/todos/{id}
PUT - https://tbst34m2b7.execute-api.us-east-1.amazonaws.com/dev/todos/{id}
DELETE - https://tbst34m2b7.execute-api.us-east-1.amazonaws.com/dev/todos/{id}
functions:
  create: serverless-rest-api-with-dynamodb-dev-create
  list: serverless-rest-api-with-dynamodb-dev-list
  get: serverless-rest-api-with-dynamodb-dev-get
  update: serverless-rest-api-with-dynamodb-dev-update
  delete: serverless-rest-api-with-dynamodb-dev-delete
layers:
  None
Serverless: Run the "serverless" command to setup monitoring, troubleshooting
and
            testing.
```

Предыдущая команда создала пять функций AWS Lambda, один API Gateway и одну таблицу DynamoDB.

В каталоге CDK добавляем в создаваемый стек таблицу DynamoDB:

```
$ pwd
~/code/devops/serverless/cdk-lambda-dynamodb-fargate

$ cat cdk_lambda_dynamodb_fargate/cdk_lambda_dynamodb_stack.py
from aws_cdk import core
from aws_cdk import aws_dynamodb

class CdkLambdaDynamodbStack(core.Stack):

    def __init__(self, scope: core.Construct, id: str, **kwargs) -> None:
        super().__init__(scope, id, **kwargs)
        # Описываем таблицу для хранения элементов Todo
        table = aws_dynamodb.Table(self, "Table",
                                   partition_key=aws_dynamodb.Attribute(
                                     name="id",
                                     type=aws_dynamodb.AttributeType.STRING),
                                   read_capacity=10,
                                   write_capacity=5)
```

Установим нужные модули Python:

```
$ cat requirements.txt
-e .
aws-cdk.core
aws-cdk.aws-dynamodb

$ pip install -r requirements.txt
```

С помощью команды `cdk synth` создадим стек CloudFormation:

```
$ export AWS_PROFILE=gheorghiu-net
$ cdk synth
```

Передаем конструктору `CdkLambdaDynamodbStack` в `app.py` переменную `variable`, содержащую значение для региона:

```
app_env = {"region": "us-east-2"}
CdkLambdaDynamodbStack(app, "cdk-lambda-dynamodb", env=app_env)
```

Снова выполняем команду `cdk synth`:

```
$ cdk synth
Resources:
  TableCD117FA1:
    Type: AWS::DynamoDB::Table
    Properties:
```

```
      KeySchema:
        - AttributeName: id
          KeyType: HASH
      AttributeDefinitions:
        - AttributeName: id
          AttributeType: S
      ProvisionedThroughput:
        ReadCapacityUnits: 10
        WriteCapacityUnits: 5
    UpdateReplacePolicy: Retain
    DeletionPolicy: Retain
    Metadata:
      aws:cdk:path: cdk-lambda-dynamodb-fargate/Table/Resource
  CDKMetadata:
    Type: AWS::CDK::Metadata
    Properties:/
      Modules: aws-cdk=1.6.1,
      @aws-cdk/aws-applicationautoscaling=1.6.1,
      @aws-cdk/aws-autoscaling-common=1.6.1,
      @aws-cdk/aws-cloudwatch=1.6.1,
      @aws-cdk/aws-dynamodb=1.6.1,
      @aws-cdk/aws-iam=1.6.1,
      @aws-cdk/core=1.6.1,
      @aws-cdk/cx-api=1.6.1,@aws-cdk/region-info=1.6.1,
      jsii-runtime=Python/3.7.4
```

Развертываем стек CDK с помощью команды `cdk deploy`:

```
$ cdk deploy
cdk-lambda-dynamodb-fargate: deploying...
cdk-lambda-dynamodb-fargate: creating CloudFormation changeset...
 0/3 | 11:12:25 AM | CREATE_IN_PROGRESS   | AWS::DynamoDB::Table |
 Table (TableCD117FA1)
 0/3 | 11:12:25 AM | CREATE_IN_PROGRESS   | AWS::CDK::Metadata   |
 CDKMetadata
 0/3 | 11:12:25 AM | CREATE_IN_PROGRESS   | AWS::DynamoDB::Table |
 Table (TableCD117FA1) Resource creation Initiated
 0/3 | 11:12:27 AM | CREATE_IN_PROGRESS   | AWS::CDK::Metadata   |
 CDKMetadata Resource creation Initiated
 1/3 | 11:12:27 AM | CREATE_COMPLETE      | AWS::CDK::Metadata   |
 CDKMetadata
 2/3 | 11:12:56 AM | CREATE_COMPLETE      | AWS::DynamoDB::Table |
 Table (TableCD117FA1)
 3/3 | 11:12:57 AM | CREATE_COMPLETE      | AWS::CloudFormation::Stack |
 cdk-lambda-dynamodb-fargate

Stack ARN:
arn:aws:cloudformation:us-east-2:200562098309:stack/
cdk-lambda-dynamodb/3236a8b0-cdad-11e9-934b-0a7dfa8cb208
```

Следующий этап — добавление в стек функций Lambda и ресурса API Gateway.

В каталоге кода CDK создайте каталог `lambda` и скопируйте туда модули Python из примера API REST на Python для платформы Serverless для AWS (https://oreil.ly/mRSjn):

```
$ pwd
~/code/devops/serverless/cdk-lambda-dynamodb-fargate

$ mkdir lambda
$ cp ~/code/examples/aws-python-rest-api-with-dynamodb/todos/* lambda
$ ls -la lambda
total 48
drwxr-xr-x   9 ggheo  staff   288 Sep  2 10:41 .
drwxr-xr-x  10 ggheo  staff   320 Sep  2 10:19 ..
-rw-r--r--   1 ggheo  staff     0 Sep  2 10:41 __init__.py
-rw-r--r--   1 ggheo  staff   822 Sep  2 10:41 create.py
-rw-r--r--   1 ggheo  staff   288 Sep  2 10:41 decimalencoder.py
-rw-r--r--   1 ggheo  staff   386 Sep  2 10:41 delete.py
-rw-r--r--   1 ggheo  staff   535 Sep  2 10:41 get.py
-rw-r--r--   1 ggheo  staff   434 Sep  2 10:41 list.py
-rw-r--r--   1 ggheo  staff  1240 Sep  2 10:41 update.py
```

Добавляем требуемые модули в файл `requirements.txt` и установим их с помощью системы управления пакетами `pip`:

```
$ cat requirements.txt
-e .
aws-cdk.core
aws-cdk.aws-dynamodb
aws-cdk.aws-lambda
aws-cdk.aws-apigateway

$ pip install -r requirements.txt
```

Создаем конструкции Lambda и API Gateway в модуле стека:

```
$ cat cdk_lambda_dynamodb_fargate/cdk_lambda_dynamodb_stack.py
from aws_cdk import core
from aws_cdk.core import App, Construct, Duration
from aws_cdk import aws_dynamodb, aws_lambda, aws_apigateway

class CdkLambdaDynamodbStack(core.Stack):

    def __init__(self, scope: core.Construct, id: str, **kwargs) -> None:
        super().__init__(scope, id, **kwargs)

        # Описываем таблицу для хранения элементов Todo
        table = aws_dynamodb.Table(self, "Table",
```

```
        partition_key=aws_dynamodb.Attribute(
            name="id",
            type=aws_dynamodb.AttributeType.STRING),
        read_capacity=10,
        write_capacity=5)

    # Описываем функции Lambda
    list_handler = aws_lambda.Function(self, "TodoListFunction",
        code=aws_lambda.Code.asset("./lambda"),
        handler="list.list",
        timeout=Duration.minutes(5),
        runtime=aws_lambda.Runtime.PYTHON_3_7)

    create_handler = aws_lambda.Function(self, "TodoCreateFunction",
        code=aws_lambda.Code.asset("./lambda"),
        handler="create.create",
        timeout=Duration.minutes(5),
        runtime=aws_lambda.Runtime.PYTHON_3_7)

    get_handler = aws_lambda.Function(self, "TodoGetFunction",
        code=aws_lambda.Code.asset("./lambda"),
        handler="get.get",
        timeout=Duration.minutes(5),
        runtime=aws_lambda.Runtime.PYTHON_3_7)

    update_handler = aws_lambda.Function(self, "TodoUpdateFunction",
        code=aws_lambda.Code.asset("./lambda"),
        handler="update.update",
        timeout=Duration.minutes(5),
        runtime=aws_lambda.Runtime.PYTHON_3_7)

    delete_handler = aws_lambda.Function(self, "TodoDeleteFunction",
        code=aws_lambda.Code.asset("./lambda"),
        handler="delete.delete",
        timeout=Duration.minutes(5),
        runtime=aws_lambda.Runtime.PYTHON_3_7)

    # Передаем имя таблицы во все обработчики через переменную среды
    # и предоставляем обработчикам права доступа на чтение/запись
    # этой таблицы.
    handler_list = [
        list_handler,
        create_handler,
        get_handler,
        update_handler,
        delete_handler
    ]
    for handler in handler_list:
        handler.add_environment('DYNAMODB_TABLE', table.table_name)
        table.grant_read_write_data(handler)
```

```
# Описываем конечную точку API
api = aws_apigateway.LambdaRestApi(self, "TodoApi",
    handler=list_handler,
    proxy=False)

# Описываем LambdaIntegrations
list_lambda_integration = \
    aws_apigateway.LambdaIntegration(list_handler)
create_lambda_integration = \
    aws_apigateway.LambdaIntegration(create_handler)
get_lambda_integration = \
    aws_apigateway.LambdaIntegration(get_handler)
update_lambda_integration = \
    aws_apigateway.LambdaIntegration(update_handler)
delete_lambda_integration = \
    aws_apigateway.LambdaIntegration(delete_handler)

# Описываем модель API REST и связываем методы с LambdaIntegrations
api.root.add_method('ANY')
todos = api.root.add_resource('todos')
todos.add_method('GET', list_lambda_integration)
todos.add_method('POST', create_lambda_integration)
todo = todos.add_resource('{id}')
todo.add_method('GET', get_lambda_integration)
todo.add_method('PUT', update_lambda_integration)
todo.add_method('DELETE', delete_lambda_integration)
```

Стоит отметить несколько особенностей только что приведенного кода.

- Мы воспользовались методом `add_environment` объектов `handler` для передачи переменной среды `DYNAMODB_TABLE`, применяемой в Python-коде для функций Lambda, задав для нее значение `table.table_name`. Название таблицы DynamoDB на этапе формирования неизвестно, так что CDK меняет его на токен, заменяемый на правильное название при развертывании стека (см. подробности в документации по токенам (https://oreil.ly/XfdEU)).
- Мы использовали все возможности простой конструкции языка программирования, цикла `for`, когда проходили в цикле по всем обработчикам. И хотя это может показаться очевидным, но все равно заслуживает упоминания, поскольку циклы и передача переменных реализованы в утилитах типа «инфраструктура как код», таких как Terraform, очень неуклюже, если вообще реализованы.
- Мы описали HTTP-методы (GET, POST, PUT, DELETE), связанные с различными конечными точками API Gateway и соответствующей функцией Lambda для каждого из них.

Развертываем стек с помощью команды `cdk deploy`:

```
$ cdk deploy
cdk-lambda-dynamodb-fargate failed: Error:
This stack uses assets, so the toolkit stack must be deployed
to the environment
(Run "cdk bootstrap aws://unknown-account/us-east-2")
```

Исправляем ошибку посредством выполнения `cdk bootstrap`:

```
$ cdk bootstrap
Bootstrapping environment aws://ACCOUNTID/us-east-2...
CDKToolkit: creating CloudFormation changeset...
Environment aws://ACCOUNTID/us-east-2 bootstrapped.
```

Снова развертываем стек CDK:

```
$ cdk deploy
ВЫВОД ОПУЩЕН

Outputs:
cdk-lambda-dynamodb.TodoApiEndpointC1E16B6C =
https://k6ygy4xw24.execute-api.us-east-2.amazonaws.com/prod/

Stack ARN:
arn:aws:cloudformation:us-east-2:ACCOUNTID:stack/cdk-lambda-dynamodb/
15a66bb0-cdba-11e9-aef9-0ab95d3a5528
```

Следующий шаг — тестирование API REST с помощью `curl`.

Сначала создаем новый элемент `todo`:

```
$ curl -X \
POST https://k6ygy4xw24.execute-api.us-east-2.amazonaws.com/prod/todos \
--data '{ "text": "Learn CDK" }'
{"id": "19d55d5a-cdb4-11e9-9a8f-9ed29c44196e", "text": "Learn CDK",
"checked": false,
"createdAt": "1567450902.262834",
"updatedAt": "1567450902.262834"}%
```

Создаем еще один элемент `todo`:

```
$ curl -X \
POST https://k6ygy4xw24.execute-api.us-east-2.amazonaws.com/prod/todos \
--data '{ "text": "Learn CDK with Python" }'
{"id": "58a992c6-cdb4-11e9-9a8f-9ed29c44196e", "text": "Learn CDK with Python",
"checked": false,
"createdAt": "1567451007.680936",
"updatedAt": "1567451007.680936"}%
```

Пытаемся получить подробные сведения о только что созданном элементе по его ID:

```
$ curl \
https://k6ygy4xw24.execute-api.us-east-2.amazonaws.com/
prod/todos/58a992c6-cdb4-11e9-9a8f-9ed29c44196e
{"message": "Internal server error"}%
```

Просматриваем журнал CloudWatch Logs для функции Lambda `TodoGetFunction`:

```
[ERROR] Runtime.ImportModuleError:
Unable to import module 'get': No module named 'todos'
```

Чтобы исправить эту проблему, измените в файле `lambda/get.py` строку:

```
from todos import decimalencoder
```

на следующую:

```
import decimalencoder
```

Снова развертываем стек с помощью команды `cdk deploy`.

Опять пытаемся получить сведения об элементе `todo` с помощью `curl`:

```
$ curl \
https://k6ygy4xw24.execute-api.us-east-2.amazonaws.com/
prod/todos/58a992c6-cdb4-11e9-9a8f-9ed29c44196e
{"checked": false, "createdAt": "1567451007.680936",
"text": "Learn CDK with Python",
"id": "58a992c6-cdb4-11e9-9a8f-9ed29c44196e",
"updatedAt": "1567451007.680936"}
```

Производим замену на `import decimalencoder` во всех модулях из каталога `lambda`, в которых требуется модуль `decimalencoder`, и развертываем стек заново с помощью `cdk deploy`.

Выводим список всех `todo`, форматируя выводимые результаты с помощью утилиты `jq`:

```
$ curl \
https://k6ygy4xw24.execute-api.us-east-2.amazonaws.com/prod/todos | jq
[
  {
    "checked": false,
    "createdAt": "1567450902.262834",
    "text": "Learn CDK",
```

```
    "id": "19d55d5a-cdb4-11e9-9a8f-9ed29c44196e",
    "updatedAt": "1567450902.262834"
  },
  {
    "checked": false,
    "createdAt": "1567451007.680936",
    "text": "Learn CDK with Python",
    "id": "58a992c6-cdb4-11e9-9a8f-9ed29c44196e",
    "updatedAt": "1567451007.680936"
  }
]
```

Удаляем элемент `todo` и убеждаемся, что в списке его больше нет:

```
$ curl -X DELETE \
https://k6ygy4xw24.execute-api.us-east-2.amazonaws.com/prod/todos/
19d55d5a-cdb4-11e9-9a8f-9ed29c44196e
$ curl https://k6ygy4xw24.execute-api.us-east-2.amazonaws.com/prod/todos | jq
[
  {
    "checked": false,
    "createdAt": "1567451007.680936",
    "text": "Learn CDK with Python",
    "id": "58a992c6-cdb4-11e9-9a8f-9ed29c44196e",
    "updatedAt": "1567451007.680936"
  }
]
```

А теперь проверяем обновление существующего элемента `todo` с помощью `curl`:

```
$ curl -X \
PUT https://k6ygy4xw24.execute-api.us-east-2.amazonaws.com/prod/todos/
58a992c6-cdb4-11e9-9a8f-9ed29c44196e \
--data '{ "text": "Learn CDK with Python by reading the PyForDevOps book" }'
{"message": "Internal server error"}%
```

Смотрим журнал CloudWatch для связанной с этой конечной точкой функции Lambda:

```
[ERROR] Exception: Couldn't update the todo item.
Traceback (most recent call last):
  File "/var/task/update.py", line 15, in update
    raise Exception("Couldn't update the todo item.")
```

Меняем код проверочного теста в `lambda/update.py` на следующий:

```
    data = json.loads(event['body'])
    if 'text' not in data:
        logging.error("Validation Failed")
        raise Exception("Couldn't update the todo item.")
```

Меняем также значение `checked` на `True`, поскольку мы уже видели сообщение, которое хотим обновить:

```
ExpressionAttributeValues={
         ':text': data['text'],
         ':checked': True,
         ':updatedAt': timestamp,
       },
```

Снова развертываем стек с помощью команды `cdk deploy`.

Проверяем обновление элемента `todo` с помощью `curl`:

```
$ curl -X \
PUT https://k6ygy4xw24.execute-api.us-east-2.amazonaws.com/prod/todos/
58a992c6-cdb4-11e9-9a8f-9ed29c44196e \
--data '{ "text": "Learn CDK with Python by reading the PyForDevOps book"}'
{"checked": true, "createdAt": "1567451007.680936",
"text": "Learn CDK with Python by reading the PyForDevOps book",
"id": "58a992c6-cdb4-11e9-9a8f-9ed29c44196e", "updatedAt": 1567453288764}%
```

Выводим список элементов `todo`, чтобы проверить, как прошло обновление:

```
$ curl https://k6ygy4xw24.execute-api.us-east-2.amazonaws.com/prod/todos | jq
[
  {
    "checked": true,
    "createdAt": "1567451007.680936",
    "text": "Learn CDK with Python by reading the PyForDevOps book",
    "id": "58a992c6-cdb4-11e9-9a8f-9ed29c44196e",
    "updatedAt": 1567453288764
  }
]
```

Следующий шаг — выделение контейнеров AWS Fargate для нагрузочного тестирования только что развернутого нами API REST. Каждый контейнер представляет собой запущенный образ Docker, использующий фреймворк автоматизации тестирования Taurus (https://oreil.ly/OGDne) для запуска утилиты нагрузочного тестирования Molotov (https://oreil.ly/OGDne). Мы уже рассказывали о Molotov — простой и очень удобной утилите нагрузочного тестирования на основе Python — в главе 5.

Начнем с создания Dockerfile для запуска Taurus и Molotov в каталоге `loadtest`:

```
$ mkdir loadtest; cd loadtest
$ cat Dockerfile
FROM blazemeter/taurus
COPY scripts /scripts
COPY taurus.yaml /bzt-configs/
```

```
WORKDIR /bzt-configs
ENTRYPOINT ["sh", "-c", "bzt -l /tmp/artifacts/bzt.log /bzt-configs/taurus.yaml"]
```

В этом Dockerfile выполняется командная строка вызова утилиты `bzt` на основе файла конфигурации `taurus.yaml`:

```
$ cat taurus.yaml
execution:
- executor: molotov
  concurrency: 10  # Количество процессов-исполнителей Molotov
  iterations: 5  # Ограничение на количество итераций для теста
  ramp-up: 30s
  hold-for: 5m
  scenario:
    script: /scripts/loadtest.py  # Должен представлять собой
                                  # корректный сценарий Molotov
```

В этом файле конфигурации значение параметра `concurrency` задано равным `10`, так что мы моделируем десять работающих конкурентно или виртуальных пользователей. `executor` задан как тест `molotov` на основе сценария `loadtest.py` в каталоге `scripts`. Вот этот сценарий, представляющий собой модуль Python:

```
$ cat scripts/loadtest.py
import os
import json
import random
import molotov
from molotov import global_setup, scenario

@global_setup()
def init_test(args):
    BASE_URL=os.getenv('BASE_URL', '')
    molotov.set_var('base_url', BASE_URL)

@scenario(weight=50)
async def _test_list_todos(session):
    base_url= molotov.get_var('base_url')
    async with session.get(base_url + '/todos') as resp:
        assert resp.status == 200, resp.status

@scenario(weight=30)
async def _test_create_todo(session):
    base_url= molotov.get_var('base_url')
    todo_data = json.dumps({'text':
      'Created new todo during Taurus/molotov load test'})
    async with session.post(base_url + '/todos',
```

```
      data=todo_data) as resp:
        assert resp.status == 200

@scenario(weight=10)
async def _test_update_todo(session):
    base_url= molotov.get_var('base_url')
    # Выводим список всех todo
    async with session.get(base_url + '/todos') as resp:
        res = await resp.json()
        assert resp.status == 200, resp.status
        # Выбираем случайный элемент todo и обновляем его
        # с помощью запроса PUT
        todo_id = random.choice(res)['id']
        todo_data = json.dumps({'text':
          'Updated existing todo during Taurus/molotov load test'})
        async with session.put(base_url + '/todos/' + todo_id,
          data=todo_data) as resp:
            assert resp.status == 200

@scenario(weight=10)
async def _test_delete_todo(session):
    base_url= molotov.get_var('base_url')
    # Выводим список всех todo
    async with session.get(base_url + '/todos') as resp:
        res = await resp.json()
        assert resp.status == 200, resp.status
        # Выбираем случайный элемент todo и обновляем его
        # с помощью запроса PUT
        todo_id = random.choice(res)['id']
        async with session.delete(base_url + '/todos/' + todo_id) as resp:
            assert resp.status == 200
```

Этот сценарий включает четыре функции, снабженные декораторами `scenario`, для выполнения их с помощью Molotov. Они тестируют различные конечные точки API CRUD REST. Веса определяют долю общей длительности теста, отводимую на каждый из сценариев. Например, длительность вызова функции `_test_list_todos` составляет здесь примерно 50 % времени, `_test_create_todo` — около 30 % времени, а `_test_update_todo` и `_test_delete_todo` будут выполняться примерно по 10 % времени каждая.

Собираем локальный образ Docker:

```
$ docker build -t cdk-loadtest .
```

Создаем локальный каталог `artifacts`:

```
$ mkdir artifacts
```

Запускаем локальный образ Docker и монтируем локальный каталог `artifacts` внутри контейнера Docker в качестве каталога `/tmp/artifacts`:

```
$ docker run --rm -d \
--env BASE_URL=https://k6ygy4xw24.execute-api.us-east-2.amazonaws.com/prod \
-v `pwd`/artifacts:/tmp/artifacts cdk-loadtest
```

Производим отладку сценария Molotov, изучая файл `artifacts/molotov.out`.

Результаты работы Taurus можно просмотреть либо с помощью команды `docker logs CONTAINER_ID`, либо просто изучая содержимое файла `artifacts/bzt.log`.

Результаты изучения журнала Docker:

```
$ docker logs -f a228f8f9a2bc
19:26:26 INFO: Taurus CLI Tool v1.13.8
19:26:26 INFO: Starting with configs: ['/bzt-configs/taurus.yaml']
19:26:26 INFO: Configuring...
19:26:26 INFO: Artifacts dir: /tmp/artifacts
19:26:26 INFO: Preparing...
19:26:27 INFO: Starting...
19:26:27 INFO: Waiting for results...
19:26:32 INFO: Changed data analysis delay to 3s
19:26:32 INFO: Current: 0 vu  1 succ  0 fail  0.546 avg rt  /
Cumulative: 0.546 avg rt, 0% failures
19:26:39 INFO: Current: 1 vu  1 succ  0 fail  1.357 avg rt  /
Cumulative: 0.904 avg rt, 0% failures
ETC
19:41:00 WARNING: Please wait for graceful shutdown...
19:41:00 INFO: Shutting down...
19:41:00 INFO: Post-processing...
19:41:03 INFO: Test duration: 0:14:33
19:41:03 INFO: Samples count: 1857, 0.00% failures
19:41:03 INFO: Average times: total 6.465, latency 0.000, connect 0.000
19:41:03 INFO: Percentiles:
+---------------+---------------+
| Percentile, % | Resp. Time, s |
+---------------+---------------+
|           0.0 |          0.13 |
|          50.0 |          1.66 |
|          90.0 |        14.384 |
|          95.0 |         26.88 |
|          99.0 |        27.168 |
|          99.9 |        27.584 |
|         100.0 |        27.792 |
+---------------+---------------+
```

Создайте инструментальные панели для длительности выполнения функции Lambda (рис. 13.1) и выделяемых и потребляемых единиц пропускной способности по чтению/записи DynamoDB (рис. 13.2).

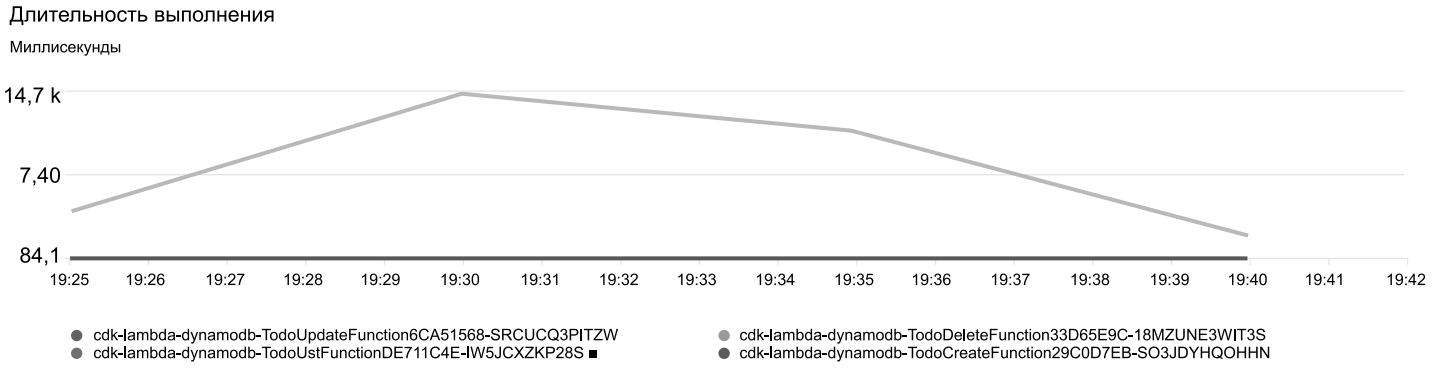


Рис. 13.1. Длительность выполнения функции Lambda

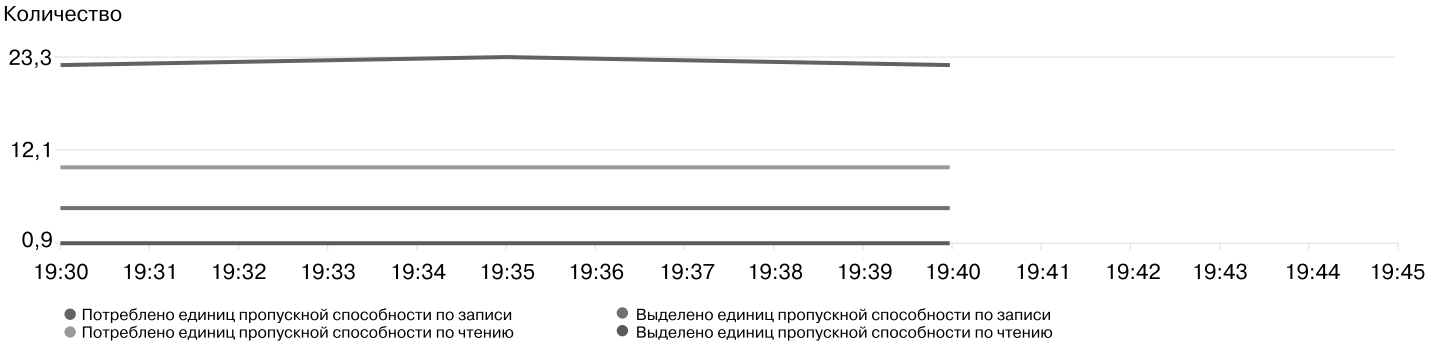


Рис. 13.2. Выделяемые и потребляемые единицы пропускной способности по чтению/записи DynamoDB

Метрики DynamoDB демонстрируют, что мы выделили слишком мало единиц пропускной способности по чтению DynamoDB. В результате возникает задержка, особенно для функции List (отображена на графике длительности выполнения функции Lambda красной линией, доходящей до 14,7 секунды), извлекающей все элементы `todo` из таблицы DynamoDB, что требует большого количества операций чтения. При создании таблицы DynamoDB мы задали параметр выделения единиц пропускной способности по чтению равным `10`, а график CloudWatch демонстрирует, что он доходит до `25`.

Изменим тип таблицы DynamoDB с `PROVISIONED` на `PAY_PER_REQUEST`. Внесите соответствующее изменение в файл `cdk_lambda_dynamodb_fargate/cdk_lambda_dynamodb_stack.py`:

```
        table = aws_dynamodb.Table(self, "Table",
            partition_key=aws_dynamodb.Attribute(
                name="id",
                type=aws_dynamodb.AttributeType.STRING),
            billing_mode = aws_dynamodb.BillingMode.PAY_PER_REQUEST)
```

Выполните команду `cdk deploy`, после чего запустите локальный контейнер Docker для нагрузочного тестирования.

На этот раз результаты намного лучше:

```
+--------------+---------------+
| Percentile, % | Resp. Time, s |
+--------------+---------------+
|           0.0 |         0.136 |
|          50.0 |         0.505 |
|          90.0 |         1.296 |
|          95.0 |         1.444 |
|          99.0 |         1.806 |
|          99.9 |         2.226 |
|         100.0 |          2.86 |
+--------------+---------------+
```

Лучше выглядят и графики длительности выполнения функции Lambda (рис. 13.3) и выделяемых и потребляемых единиц пропускной способности по чтению/записи DynamoDB (рис. 13.4).

Отметим, что потребляемые единицы пропускной способности по чтению автоматически выделяются DynamoDB по мере необходимости и выполняется вертикальное масштабирование, чтобы выдержать возросшее количество запросов на чтение от функций Lambda. Наибольший вклад в смысле запросов на чтение вносит функция List, вызываемая при выводе списка, обновлении и удалении в сценарии `loadtest.py` Molotov с помощью `session.get(base_url + /todos)`.

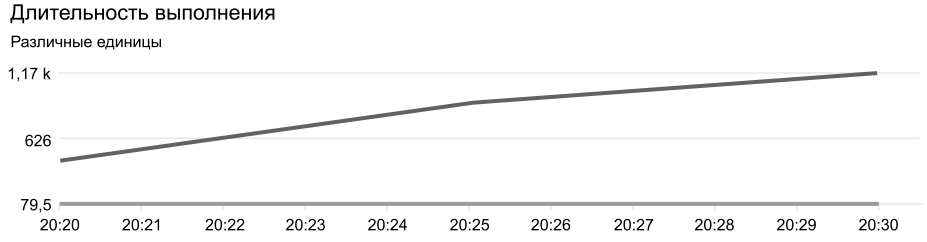


Рис. 13.3. Длительность выполнения функции Lambda

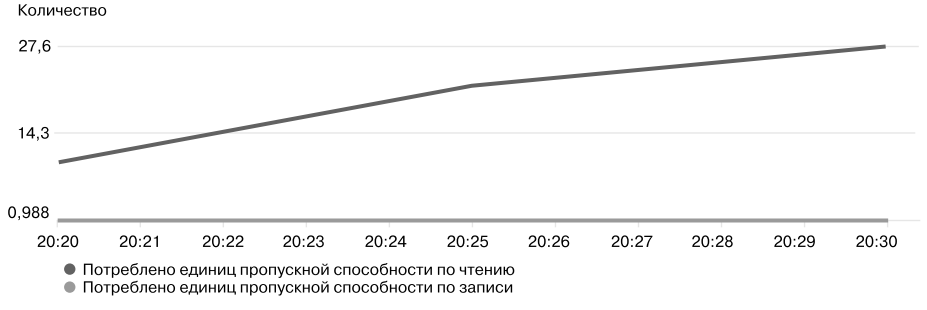


Рис. 13.4. Выделяемые и потребляемые единицы пропускной способности по чтению/записи DynamoDB

Далее мы создаем стек CDK Fargate для запуска контейнеров, основанных на сформированном ранее образе Docker:

```
$ cat cdk_lambda_dynamodb_fargate/cdk_fargate_stack.py
from aws_cdk import core
from aws_cdk import aws_ecs, aws_ec2

class FargateStack(core.Stack):
    def __init__(self, scope: core.Construct, id: str, **kwargs) -> None:
        super().__init__(scope, id, **kwargs)

        vpc = aws_ec2.Vpc(
            self, "MyVpc",
            cidr= "10.0.0.0/16",
            max_azs=3
        )

        # Описываем кластер ECS, хостируемый в запрошенном нами VPC
        cluster = aws_ecs.Cluster(self, 'cluster', vpc=vpc)

        # Описываем нашу задачу в рамках одного контейнера
        # образ собирается и публикуется из локального каталога ресурсов
```

```
        task_definition = aws_ecs.FargateTaskDefinition(self,
           'LoadTestTask')
        task_definition.add_container('TaurusLoadTest',
            image=aws_ecs.ContainerImage.from_asset("loadtest"),
            environment={'BASE_URL':
            "https://k6ygy4xw24.execute-api.us-east-2.amazonaws.com/prod/"})

        # Описываем сервис fargate. TPS определяет количество требуемых
        # экземпляров задания (каждая задача соответствует одной TPS)
        aws_ecs.FargateService(self, 'service',
            cluster=cluster,
            task_definition=task_definition,
            desired_count=1)
```

В коде класса `FargateStack` необходимо отметить несколько нюансов.

- С помощью конструкции `aws_ec2.Vpc` создается новое VPC.
- В этом новом VPC создается кластер ECS.
- Описание задачи Fargate создается на основе Dockerfile из каталога `loadtest`, CDK достаточно интеллектуален для того, чтобы собрать образ Docker на основе этого Dockerfile и затем поместить его в реестр Docker ECR.
- Для запуска контейнеров Fargate, основанных на помещенном в реестр ECR образе, создается сервис ECS, параметр `desired_count` определяет количество запускаемых контейнеров.

Вызываем в `app.py` конструктор класса `FargateStack`:

```
$ cat app.py
#!/usr/bin/env python3

from aws_cdk import core

from cdk_lambda_dynamodb_fargate.cdk_lambda_dynamodb_stack \
import CdkLambdaDynamodbStack
from cdk_lambda_dynamodb_fargate.cdk_fargate_stack import FargateStack

app = core.App()
app_env = {
    "region": "us-east-2",
}

CdkLambdaDynamodbStack(app, "cdk-lambda-dynamodb", env=app_env)
FargateStack(app, "cdk-fargate", env=app_env)

app.synth()
```

Развертываем стек `cdk-fargate`:

```
$ cdk deploy cdk-fargate
```

Перейдите в консоль AWS и взгляните на кластер ECS с запущенным там контейнером Fargate (рис. 13.5).

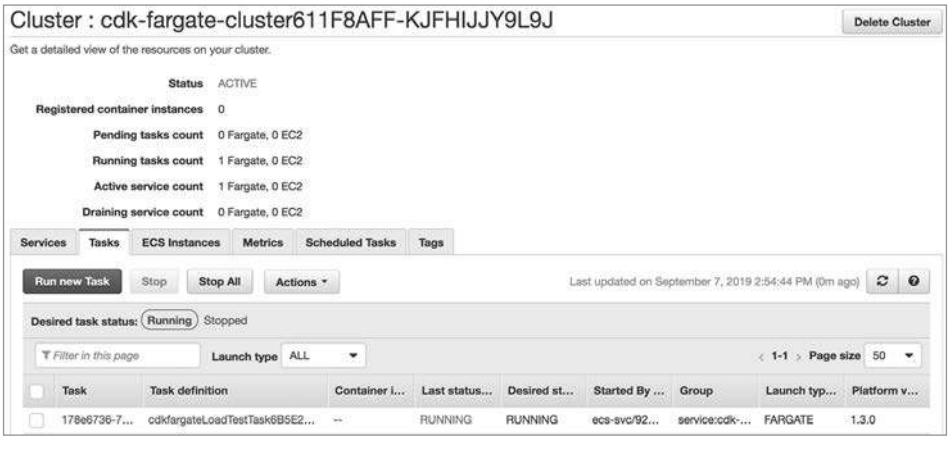


Рис. 13.5. Кластер ECS с запущенным там контейнером Fargate

Посмотрите на инструментальной панели CloudWatch длительность выполнения функции Lambda (рис. 13.6), а также выделяемых и потребляемых единиц пропускной способности по чтению/записи DynamoDB (рис. 13.7). Как видите, задержка вполне удовлетворительная.

Увеличиваем количество контейнеров Fargate в `cdk_lambda_dynamodb_fargate/cdk_fargate_stack.py` до 5:

```
        aws_ecs.FargateService(self, 'service',
            cluster=cluster,
            task_definition=task_definition,
            desired_count=5)
```

Снова развертываем стек `cdk-fargate`:

```
$ cdk deploy cdk-fargate
```

Смотрим на инструментальной панели CloudWatch длительность выполнения функции Lambda (рис. 13.8), а также выделяемых и потребляемых единиц пропускной способности по чтению/записи DynamoDB (рис. 13.9).

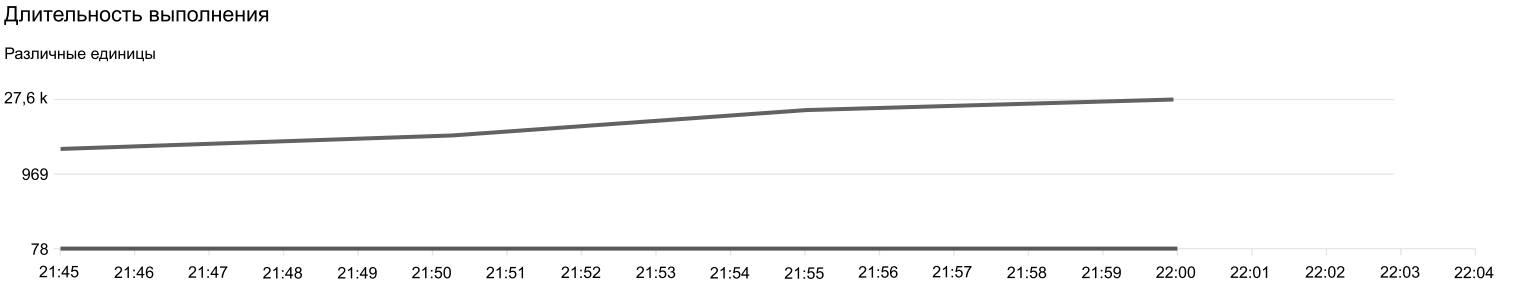


Рис. 13.6. Длительность выполнения функции Lambda

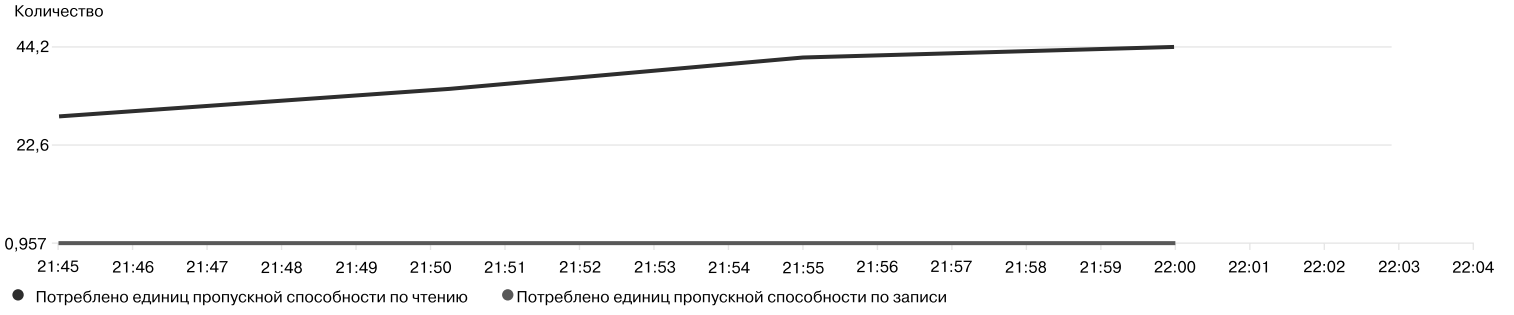


Рис. 13.7. Выделяемые и потребляемые единицы пропускной способности по чтению/записи DynamoDB

Рис. 13.8. Длительность выполнения функции Lambda

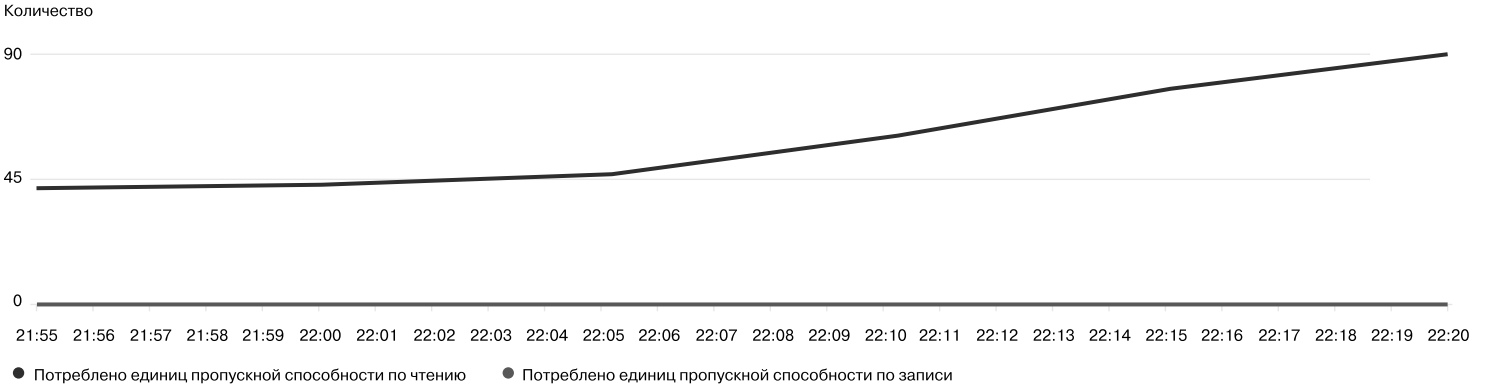


Рис. 13.9. Выделяемые и потребляемые единицы пропускной способности по чтению/записи DynamoDB

Как и ожидалось, значения обеих метрик — длительности выполнения функции Lambda и количества единиц пропускной способности по чтению DynamoDB — выросли, поскольку мы теперь моделируем $5 \cdot 10 = 50$ работающих конкурентно пользователей.

Для моделирования большего числа пользователей можно увеличить как значение параметра `concurrency` в файле конфигурации `taurus.yaml`, так и значение параметра `desired_count` для контейнера Fargate. Благодаря сочетанию этих двух параметров можно легко увеличивать нагрузку на конечные точки нашего API REST.

Удаляем стеки CDK:

```
$ cdk destroy cdk-fargate
$ cdk destroy cdk-lambda-dynamodb
```

Стоит отметить, что развернутая нами бессерверная архитектура (API Gateway + 5 функций AWS Lambda + таблица DynamoDB) неплохо подошла для приложения API CRUD REST. Мы также следовали всем рекомендуемым практикам и описали всю инфраструктуру в коде Python с помощью AWS CDK.

Упражнения

- Запустите простую конечную точку HTTP с помощью платформы CaaS Google: Cloud Run (https://cloud.google.com/run).
- Запустите простые конечные точки HTTP на других упоминавшихся платформах, основанных на Kubernetes: Kubeless (https://kubeless.io), Fn Project (https://fnproject.io) и Fission (https://fission.io).
- Установите и настройте Apache OpenWhisk (https://openwhisk.apache.org) в кластере Kubernetes, подходящем для промышленной эксплуатации, например Amazon EKS, Google GKE или Azure AKS.
- Портируйте наш пример API REST для AWS на GCP и Azure. Для работы с несколькими API GCP предоставляет Cloud Endpoints (https://cloud.google.com/endpoints), а Azure — API Management (https://oreil.ly/tmDh7).

ГЛАВА 14

MLO и разработка ПО для машинного обучения

Одна из самых престижных профессий в 2020 году — специалист по машинному обучению. В числе прочих престижных профессий — инженер по работе с данными, исследователь данных и исследователь в сфере машинного обучения. Подобные профессии не мешают вам оставаться специалистом по DevOps: DevOps — стиль работы, и принципы DevOps применимы к любым программным проектам, включая машинное обучение. Рассмотрим основные рекомендуемые практики DevOps — непрерывную интеграцию, непрерывную поставку, микросервисы, инфраструктуру как код, мониторинг и журналирование, связь и сотрудничество. Разве какие-то из них не подходят для машинного обучения?

Чем сложнее проект в сфере разработки ПО — а машинное обучение отличается значительной сложностью, — тем важнее соблюдение принципов DevOps. Существует ли лучший пример микросервисов, чем API для предсказания на основе машинного обучения? В этой главе мы обсудим, как реализовывать машинное обучение профессионально, повторяемым образом, на основе мировоззрения DevOps.

Что такое машинное обучение

Машинное обучение — методика применения алгоритмов для автоматического усвоения информации из данных. Существуют четыре основные разновидности машинного обучения: машинное обучение с учителем, частичное обучение с учителем, машинное обучение без учителя и обучение с подкреплением.

Машинное обучение с учителем

При машинном обучении с учителем правильные ответы заранее известны и маркированы. Например, для задачи предсказания роста по весу можно заранее собрать примеры данных роста и веса различных людей. Рост будет при этом целевой переменной, а вес — признаком.

Пройдемся по этому примеру машинного обучения с учителем. Он включает:

- исходный набор данных (https://oreil.ly/jzWmI);
- 25 000 искусственно созданных записей роста и веса 18-летних молодых людей.

Ввод данных

```
In[0]:

import pandas as pd

In[7]:

df = pd.read_csv(
  "https://raw.githubusercontent.com/noahgift/\
  regression-concepts/master/\
  height-weight-25k.csv")
df.head()
Out[7]:

Index  Height-Inches  Weight-Pounds
0 1    65.78331       112.9925
1 2    71.51521       136.4873
2 3    69.39874       153.0269
3 4    68.21660       142.3354
4 5    67.78781       144.2971
```

Разведочный анализ данных

Взглянем на эти данные и узнаем, что из них можно извлечь.

Диаграмма рассеяния. В этом примере для визуализации набора данных мы воспользуемся популярной библиотекой `seaborn` для Python. При необходимости ее можно установить в блокноте с помощью команды `!pip install seaborn`. Все остальные библиотеки, упоминаемые в этом разделе, также можно установить с помощью команды `!pip install <название пакета>`. Если вы используете блокнот Colab, эти библиотеки уже установлены. См. график соотношения «рост/вес», построенный с помощью `lmplot`, на рис. 14.1.

```
In[0]:

import seaborn as sns
import numpy as np
```

In[9]:

```
sns.lmplot("Height-Inches", "Weight-Pounds", data=df)
```

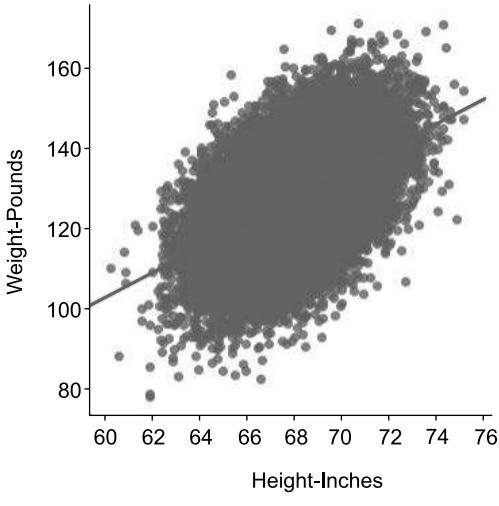


Рис. 14.1. График lmplot роста/веса

Общие статистические показатели

Далее можно сгенерировать некоторые статистические показатели.

```
In[10]:

df.describe()
```

Out[10]:

```
       Index         Height-Inches  Weight-Pounds
count  25000.000000  25000.000000   25000.000000
mean   12500.500000  67.993114      127.079421
std    7217.022701   1.901679       11.660898
min    1.000000      60.278360      78.014760
25%    6250.750000   66.704397      119.308675
50%    12500.500000  67.995700      127.157750
75%    18750.250000  69.272958      134.892850
max 25000.000000 75.152800 170.924000
```

Ядерное распределение плотности

Распределение из графика плотности (рис. 14.2) демонстрирует зависимость наших двух переменных друг от друга.

```
In[11]:

sns.jointplot("Height-Inches", "Weight-Pounds", data=df, kind="kde")
Out[11]:
```

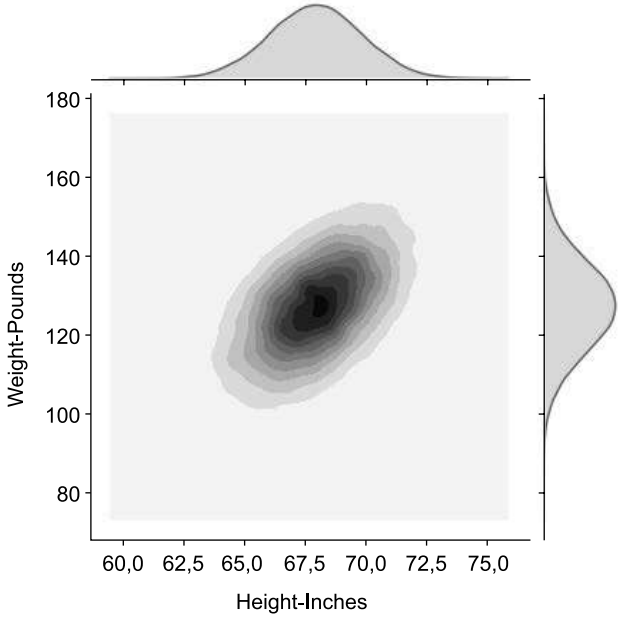


Рис. 14.2. График плотности

Моделирование

Теперь займемся моделированием. При моделировании на основе машинного обучения алгоритм усваивает закономерности из данных. Общий смысл — предсказать будущие данные на основе предыдущих.

Модель регрессии sklearn

Сначала из данных выделяются признаки и целевые переменные, затем данные разбиваются на обучающий и контрольный наборы данных. Благодаря этому

контрольный набор данных отделяется для последующей проверки безошибочности обученной модели.

```
In[0]:

from sklearn.model_selection import train_test_split
```

Выделение и изучение признаков и целевой переменной. Полезно явно извлечь целевую переменную и переменные признаков и привести их к единой форме. После этого желательно проверить форму и убедиться, что она подходит для машинного обучения с помощью sklearn.

```
In[0]:

y = df['Weight-Pounds'].values #Цель
y = y.reshape(-1, 1)
X = df['Height-Inches'].values #Признак(и)
X = X.reshape(-1, 1)

In[14]:

y.shape

Out[14]:
(25000, 1)
```

Разбиение данных. Данные разбиваются в соотношении 80/20 %.

```
In[15]:

X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(X, y, test_size=0.2)
print(X_train.shape, y_train.shape)
print(X_test.shape, y_test.shape)

Out[15]:

(20000, 1) (20000, 1)
(5000, 1) (5000, 1)
```

Подгонка модели. Производим подгонку модели с помощью алгоритма линейной регрессии, импортируемого из sklearn.

```
In[0]:

from sklearn.linear_model import LinearRegression
lm = LinearRegression()
model = lm.fit(X_train, y_train)
y_predicted = lm.predict(X_test)
```

Выводим показатель безошибочности модели линейной регрессии. Посмотрим теперь, какую безошибочность демонстрирует обученная модель при

предсказании новых данных. Для этого вычисляем RMSE (root mean squared error — среднеквадратическая ошибка) предсказанных и контрольных данных.

```
In[18]:

from sklearn.metrics import mean_squared_error
from math import sqrt

# RMSE – среднеквадратическая ошибка
rms = sqrt(mean_squared_error(y_predicted, y_test))
rms

Out[18]:
10.282608230082417
```

График соотношения предсказанного и истинного роста. Теперь построим график соотношения предсказанного и истинного роста (рис. 14.3), чтобы выяснить, насколько хороши предсказания модели.

```
In[19]:

import matplotlib.pyplot as plt
_, ax = plt.subplots()

ax.scatter(x = range(0, y_test.size), y=y_test, c = 'blue', label = 'Actual',
           alpha = 0.5)
ax.scatter(x = range(0, y_predicted.size), y=y_predicted, c = 'red',
           label = 'Predicted', alpha = 0.5)

plt.title('Actual Height vs Predicted Height')
plt.xlabel('Weight')
plt.ylabel('Height')
plt.legend()
plt.show()
```

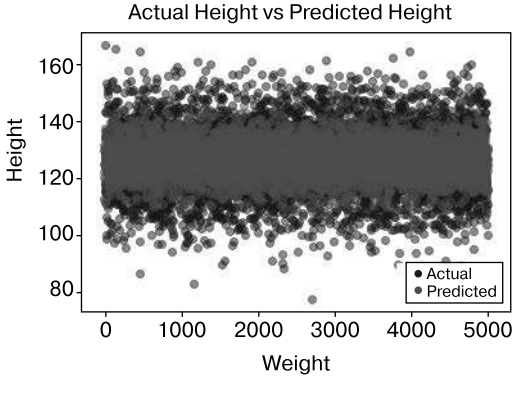


Рис. 14.3. Соотношение предсказанного и истинного роста

Это очень простой, но впечатляющий пример вполне реалистичного технологического процесса создания модели машинного обучения.

Экосистема машинного обучения языка Python

Пройдемся вкратце по экосистеме машинного обучения языка Python (рис. 14.4).

Фактически она включает четыре основные сферы: глубокое обучение, sklearn, AutoML[1] и Spark. В сфере глубокого обучения наиболее популярны (в порядке убывания) фреймворки TensorFlow/Keras, PyTorch и MXNet. Компания Google поддерживает финансово TensorFlow, Facebook — PyTorch, а MXNet — разработка Amazon. Вы увидите, что MXNet часто упоминается в Amazon SageMaker. Важно отметить, что эти фреймворки глубокого обучения ориентированы на использование GPU, благодаря чему работают быстрее ориентированных на CPU примерно в 50 раз.

Экосистема sklearn зачастую включает в один проект Pandas и Numpy. Sklearn также намеренно не задействует GPU. Впрочем, существует проект Numba, который специально ориентирован на использование GPU (производства как NVIDIA, так и AMD).

Два лидера в сфере AutoML — компания Uber с ее набором инструментария Ludwig и компания H20 с ее платформой H20. Обе они позволяют сэкономить немало времени при разработке новых моделей машинного обучения, а также оптимизировать уже существующие модели.

Наконец, есть еще экосистема Spark, основанная на богатом наследстве Hadoop. Spark может использовать как GPU, так и CPU, что и делает на множестве различных платформ Amazon EMR, Databricks, GCP Dataproc и др.

Глубокое обучение с помощью PyTorch

Теперь, описав экосистему машинного обучения на языке Python, мы можем обсудить портирование простого примера линейной регрессии на PyTorch и выполнить его на GPU с поддержкой CUDA. Проще всего получить доступ к GPU NVIDIA, применяя блокноты Colab. Они представляют собой хостируемые в Google совместимые с Jupyter блокноты, предоставляющие пользователю доступ как к графическим (GPU), так и к тензорным процессорам (TPU). Приводимый далее код можно запустить на GPU (https://oreil.ly/kQhKO).

[1] Automated machine learning — автоматическое машинное обучение. — *Примеч. пер.*

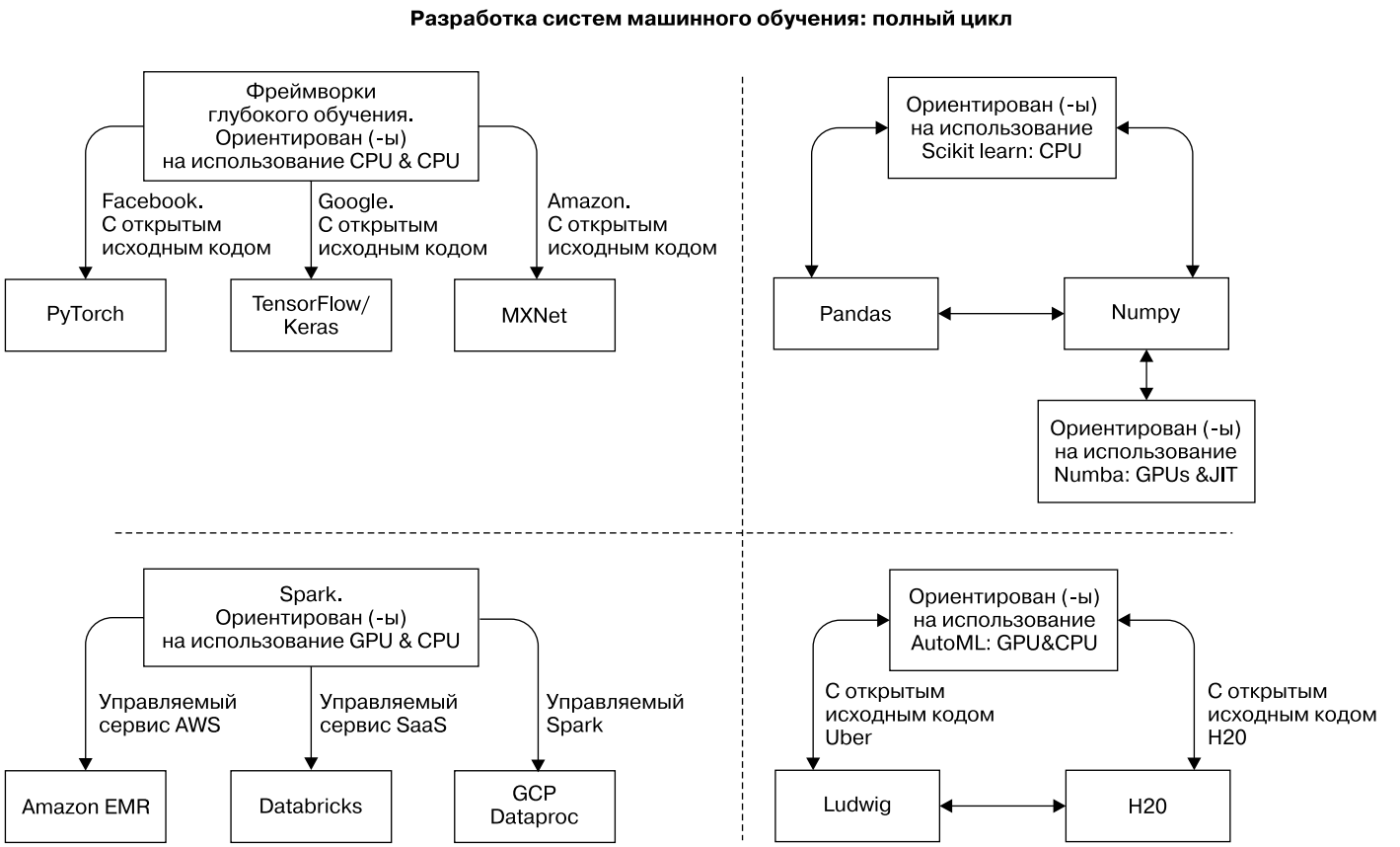


Рис. 14.4. Экосистема машинного обучения языка Python

Регрессия с помощью PyTorch

Сначала преобразуем данные в тип `float32`:

```
In[0]:

# Обучающие данные
x_train = np.array(X_train, dtype=np.float32)
x_train = x_train.reshape(-1, 1)
y_train = np.array(y_train, dtype=np.float32)
y_train = y_train.reshape(-1, 1)

# Контрольные данные
x_test = np.array(X_test, dtype=np.float32)
x_test = x_test.reshape(-1, 1)
y_test = np.array(y_test, dtype=np.float32)
y_test = y_test.reshape(-1, 1)
```

Учтите, что, если вы не используете блокноты Colab, возможно, вам придется установить PyTorch. Кроме того, если вы используете блокноты Colab, то можете бесплатно получить доступ к GPU NVIDIA и выполнить этот код на нем. В противном случае вам нужно будет выполнить этот код на платформе с GPU.

```
In[0]:

import torch
from torch.autograd import Variable

class linearRegression(torch.nn.Module):
    def __init__(self, inputSize, outputSize):
        super(linearRegression, self).__init__()
        self.linear = torch.nn.Linear(inputSize, outputSize)

    def forward(self, x):
        out = self.linear(x)
        return out
```

Теперь создайте модель с подключенным CUDA (если вы выполняете в блокноте Colab или на машине с GPU):

```
In[0]:

inputDim = 1        # для переменной 'x'
outputDim = 1       # для переменной 'y'
learningRate = 0.0001
epochs = 1000

model = linearRegression(inputDim, outputDim)
model.cuda()


Out[0]:
```

```
linearRegression(
  (linear): Linear(in_features=1, out_features=1, bias=True)
)
```

Создаем объекты для стохастического градиентного спуска и функции потерь:

```
In[0]:

criterion = torch.nn.MSELoss()
optimizer = torch.optim.SGD(model.parameters(), lr=learningRate)
```

А теперь обучаем модель:

```
In[0]:

for epoch in range(epochs):
    inputs = Variable(torch.from_numpy(x_train).cuda())
    labels = Variable(torch.from_numpy(y_train).cuda())
    optimizer.zero_grad()
    outputs = model(inputs)
    loss = criterion(outputs, labels)
    print(loss)
    # получаем градиенты относительно параметров
    loss.backward()
    # обновление параметров
    optimizer.step()
    print('epoch {}, loss {}'.format(epoch, loss.item()))
```

Вывод от 1000 итераций сокращен ради экономии места.

```
Out[0]:

tensor(29221.6543, device='cuda:0', grad_fn=<MseLossBackward>)
epoch 0, loss 29221.654296875
tensor(266.7252, device='cuda:0', grad_fn=<MseLossBackward>)
epoch 1, loss 266.72515869140625
tensor(106.6842, device='cuda:0', grad_fn=<MseLossBackward>)
epoch 2, loss 106.6842269897461
....сокращено....
epoch 998, loss 105.7930908203125
tensor(105.7931, device='cuda:0', grad_fn=<MseLossBackward>)
epoch 999, loss 105.7930908203125
```

График соотношения предсказанного и истинного роста. А теперь построим график соотношения предсказанного и истинного роста (рис. 14.5), как в предыдущей простой модели.

```
In[0]:

with torch.no_grad():
    predicted = model(Variable(torch.from_numpy(x_test).cuda())).cpu().\
      data.numpy()
    print(predicted)
```

```
plt.clf()
plt.plot(x_test, y_test, 'go', label='Actual Height', alpha=0.5)
plt.plot(x_test, predicted, '--', label='Predicted Height', alpha=0.5)
plt.legend(loc='best')
plt.show()
```

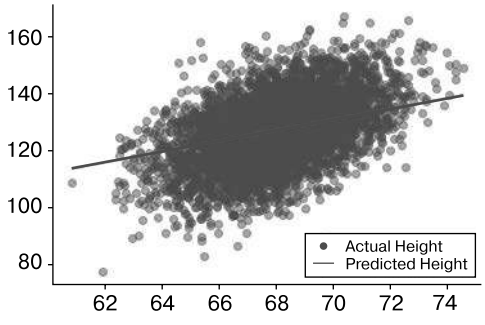


Рис. 14.5. Предсказанный и истинный рост

Выводим RMSE. Наконец, выводим RMSE и сравниваем:

```
In[0]:

#RMSE – средняя квадратическая ошибка
rms = sqrt(mean_squared_error(x_test, predicted))
rms

Out[0]:

59.19054613663507
```

Для глубокого обучения потребовалось немного больше кода, но суть та же самая, что и в модели sklearn. Однако преимущество — в органичном включении GPU в конвейеры при промышленной эксплуатации. Даже если вы сами не занимаетесь глубоким обучением, знать основы процесса создания использующих GPU моделей машинного обучения не помешает.

Платформы облачного машинного обучения

Один из повсеместно встречающихся аспектов машинного обучения — облачные платформы машинного обучения. Компания Google предлагает платформу ИИ GCP (рис. 14.6).

Платформа GCP включает множество высокоуровневых компонентов, от подготовки данных до их разметки. Платформа AWS предоставляет пользователям Amazon SageMaker (рис. 14.7).

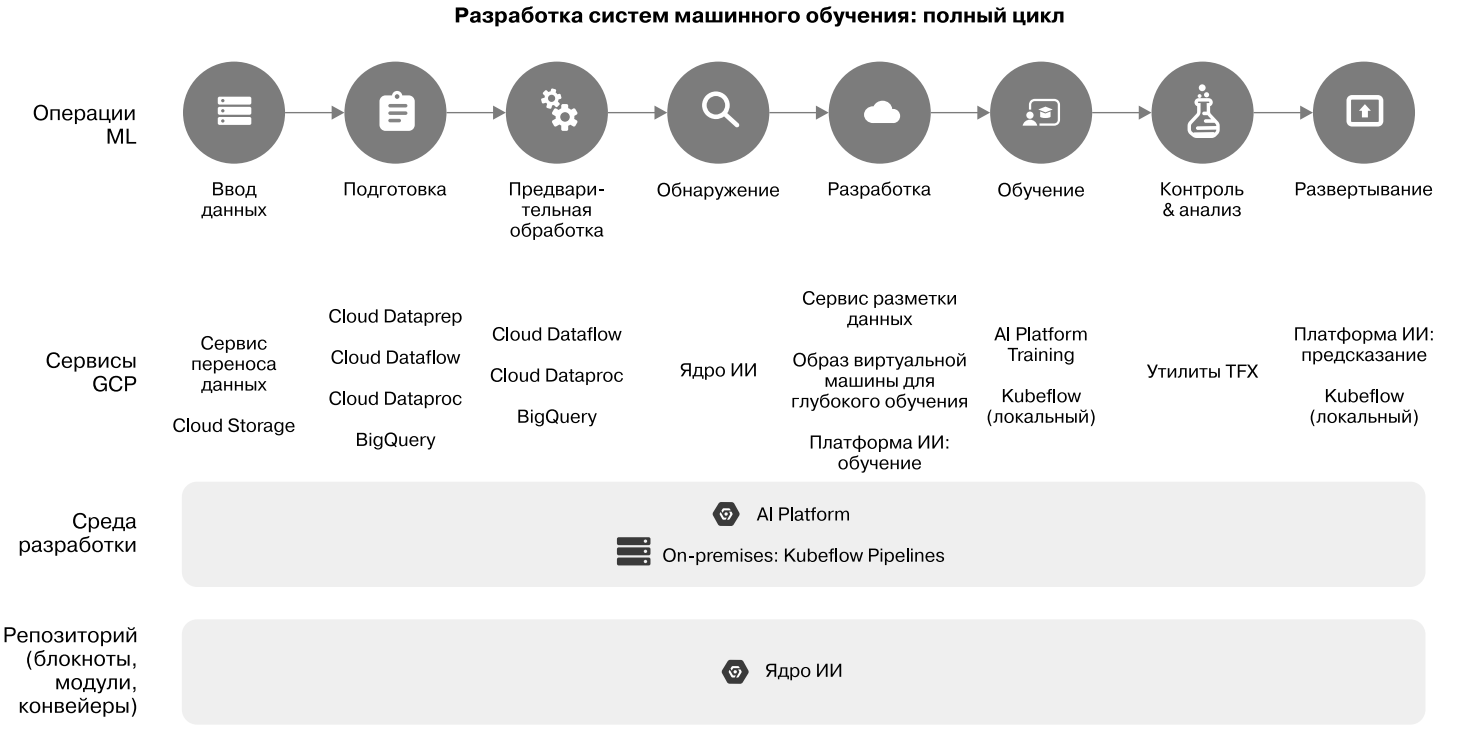


Рис. 14.6. Платформа ИИ GCP

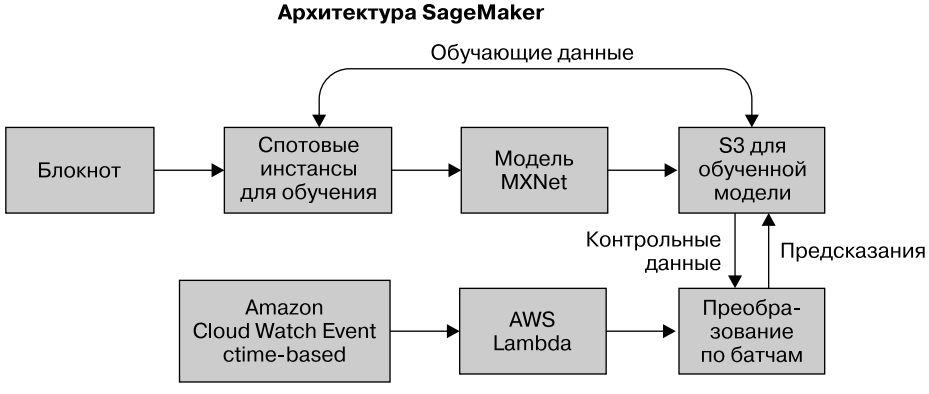


Рис. 14.7. Amazon SageMaker

Платформа Amazon SageMaker также включает множество высокоуровневых компонентов, в том числе обучение на спотовых инстансах и адаптивные конечные точки для предсказаний.

Модель зрелости машинного обучения

Одна из самых серьезных задач в настоящее время — проблема осознания необходимости структурных изменений компаниями, желающими заниматься машинным обучением. Диаграмма модели зрелости машинного обучения (рис. 14.8) отражает возникающие в связи с этим непростые задачи и возможности.

Уровень 1 Очерчивание рамок задачи и области определения, а также формулировка задачи
Уровень 2 Непрерывная поставка данных
Уровень 3 Непрерывная поставка очищенных данных
Уровень 4 Непрерывная поставка разведочного анализа данных
Уровень 5 Непрерывная поставка обычного ML и AutoML
Уровень 6 Цикл обратной связи эксплуатации ML

Рис. 14.8. Модель зрелости машинного обучения

Основная терминология машинного обучения

Согласуем основную терминологию машинного обучения, что пригодится нам в оставшейся части главы.

- *Машинное обучение* — способ построения математических моделей на основе примеров данных или обучающих данных.
- *Модель* — конечный результат применения машинного обучения. Простейший пример — линейное уравнение, то есть прямая линия, предсказывающая связь *X* и *Y*.
- *Признак* — столбец в электронной таблице, играющий роль сигнала при создании модели машинного обучения. Хороший пример — очки, набранные в игре командой НБА.
- *Целевая величина (переменная)* — столбец в электронной таблице, который мы хотим предсказать. Хороший пример — количество игр, выигранных за сезон командой НБА.
- *Машинное обучение с учителем* — разновидность машинного обучения, связанная с предсказанием будущих значений на основе известной истории значений. Хороший пример — предсказание количества побед команды НБА за сезон по признаку количества очков за игру.
- *Машинное обучение без учителя* — разновидность машинного обучения, при которой работают с немаркированными данными. Вместо предсказания будущих значений с помощью инструментов наподобие кластеризации производится поиск скрытых закономерностей, которые далее можно использовать в качестве меток. Хороший пример — создание кластеров игроков НБА со схожим количеством очков, подборов, блок-шотов и передач. Один из кластеров мог бы называться, например, «Высокие рейтинговые игроки», а другой — «Разыгрывающие защитники, набирающие много очков».
- *Глубокое обучение* — разновидность машинного обучения, в которой используются искусственные нейронные сети для машинного обучения как с учителем, так и без учителя. Наиболее популярный фреймворк глубокого обучения — TensorFlow от компании Google.
- *Scikit-learn* — один из наиболее популярных фреймворков машинного обучения для языка Python.
- *Pandas* — одна из наиболее популярных библиотек для различных операций над данными и их анализа. Хорошо работает в связке с scikit-learn и Numpy.
- *Numpy* — преобладающая на рынке библиотека для низкоуровневых научных расчетов. Поддерживает большие многомерные массивы и включает обширную коллекцию математических функций. Широко применяется с scikit-learn, Pandas и TensorFlow.

Уровень 1. Очерчивание рамок задачи и области определения, а также формулировка задачи

Рассмотрим первый уровень. При реализации машинного обучения в компании важно очертить круг решаемых проблем и сузить их области определения. Проекты машинного обучения чаще всего терпят неудачу именно потому, что компания не задалась предварительно вопросом о круге решаемых задач.

Хорошей аналогией для этого может послужить создание мобильного приложения для сети ресторанов в Сан-Франциско. Наивный подход: сразу же приступить к разработке нативных приложений для iOS и Android (двумя командами разработчиков). Стандартная команда состоит из трех работающих на полную ставку разработчиков для каждого мобильного приложения. Что означает необходимость нанять шесть разработчиков с зарплатой примерно 200 тыс. долларов каждый. Расчетная стоимость проекта уже получается 1,2 млн долларов. Принесет ли это мобильное приложение прибыль больше 1,2 млн долларов в год? Если нет, то существует ли более простой вариант? Возможно, для наших целей лучше подойдет оптимизированное под мобильные устройства веб-приложение, которое могут создать уже работающие в компании веб-разработчики.

А как насчет сотрудничества с компанией, специализирующейся на доставке еды, и делегировании ей этой задачи? Какие достоинства и недостатки у этого подхода? Аналогичная логика мышления может и должна применяться к начинаниям в сфере машинного обучения и науки о данных. Например, нужно ли компании нанимать шестерых исследователей машинного обучения уровня PhD с окладом, скажем, 500 тыс. долларов в год? Какие есть альтернативные варианты? Очерчивание рамок задачи и области определения очень важны в машинном обучении и обеспечивают лучшие шансы на успех.

Уровень 2. Непрерывная поставка данных

Одна из основ современной цивилизации — водопроводы. Римские акведуки еще в 312 году до н. э. переносили воду на многие мили для обеспечения ею переполненных городов. Водопровод — неотъемлемая часть инфраструктуры, необходимой для функционирования крупного города. UNICEF оценили, что за 2018 год в мировых масштабах женщины и девушки потратили примерно 200 млн часов на хождение за водой. Упущенная выгода колоссальна: меньше времени на учебу, заботу о детях, работу и отдых.

Расхожее выражение гласит: «ПО правит бал». Следствие его: любой компании, занимающейся разработкой ПО, а в будущем это все компании без исключения, необходима стратегия машинного обучения и ИИ. Часть этой стратегии — более серьезное отношение к непрерывной поставке данных. Как и водопровод,

непрерывная передача данных ежедневно экономит часы. Одно из возможных решений этой задачи заключается в понятии *озера данных* (data lake), как показано на рис. 14.9.

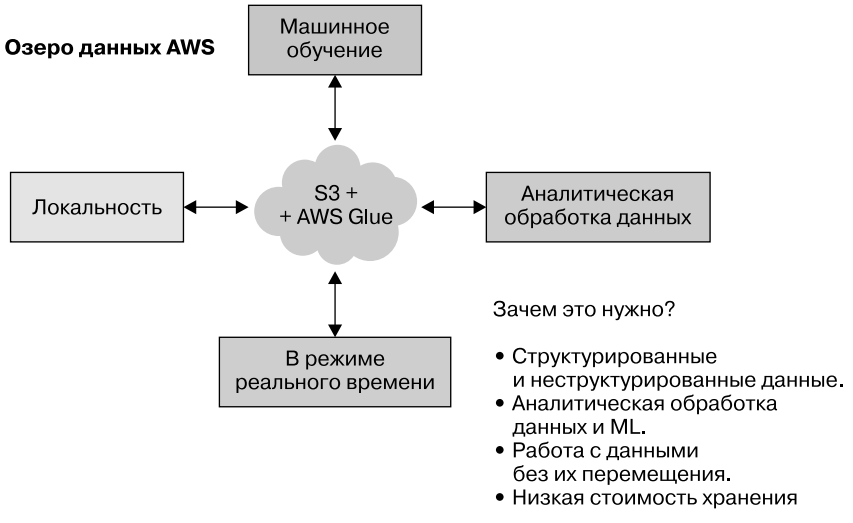


Рис. 14.9. Озеро данных AWS

На первый взгляд озеро данных способно показаться решением, искусственно подогнанным под задачу, а может, и слишком простым для того, чтобы принести реальную пользу. Однако взглянем на некоторые из решаемых им задач.

- Данные можно обрабатывать, не перемещая их.
- Хранение данных обходится очень дешево.
- Создание стратегий жизненного цикла архивирования данных не представляет трудностей.
- Создавать стратегии жизненного цикла для обеспечения безопасности и аудита данных также нетрудно.
- Работающие в промышленной эксплуатации системы не сцеплены с обработкой данных.
- Объемы хранилищ и дисковых операций ввода/вывода могут быть практически безграничными.

Альтернатива подобной архитектуре — импровизированная мешанина, эквивалентная четырехчасовой прогулке к источнику и обратно за обычной водой.

В архитектуре озера данных важнейшую роль играет также безопасность, подобно безопасности в сфере водоснабжения. Благодаря централизации архитектуры хранения и поставки данных становится проще отслеживать и предотвращать утечки данных. Вот несколько идей, которые могут помочь вам в будущем предотвратить утечки данных.

- Зашифрованы ваши данные при хранении? Если да, то у кого есть ключи? Заносятся ли события их расшифровки в журнал, в том числе в журнал аудита?
- Отражается ли перемещение данных в журналах, в том числе в журнале аудита? Например, вряд ли зачем-то может понадобиться вынести всю базу покупателей за пределы вашей сети. Если подобное не отражается в журналах, то почему?
- Производится ли периодический аудит безопасности? Если нет, то почему?
- Храните ли вы идентифицирующие личные данные? Почему?
- Вы производите мониторинг важнейших событий промышленной эксплуатации. А как насчет мониторинга событий безопасности? Почему нет?

Зачем вообще разрешать перемещение данных за пределы внутренней сети? Лучше бы сделать критически важные данные чем-то вроде пресловутой квадратной затычки, которую невозможно вытащить за пределы основной сети без специального «кода доступа». Невозможность перемещения данных за пределы локальной среды представляется разумным способом предотвращения утечек. Что, если внешняя сеть сама может перемещать только «круглые» пакеты данных? Это была бы замечательная возможность для облаков, которые предоставляют подобные защищенные озера данных.

Уровень 3. Непрерывная поставка очищенных данных

Надеемся, мы убедили вас в необходимости непрерывной поставки данных и ее важности для успешной реализации компанией планов по машинному обучению. Одно из важнейших усовершенствований непрерывной поставки данных — непрерывная поставка очищенных данных. Зачем возиться с поставкой данных, которые находятся в полном беспорядке? В связи с этим вспоминается недавняя проблема с загрязнением воды в городе Флинт, штат Мичиган. В 2014 году Флинт стал брать воду не из озера Гурон и реки Детройт, а из реки Флинт. Чиновники не позаботились о добавлении в воду ингибиторов коррозии, в результате чего свинец из старых труб начал попадать в водопроводную воду. Возможно также, что именно смена источника воды привела к вспышке легионеллеза, в результате которой умерли 12 человек и заболели еще 87.

Одна из самых первых историй успешного применения науки о данных связана с загрязнением воды в 1849–1854 годах. Джон Сноу с помощью визуализации данных сумел выявить кластеры случаев холеры (рис. 14.10) и обнаружить первопричину эпидемии. Сточные воды сливали прямо в водопровод, снабжавший население питьевой водой!

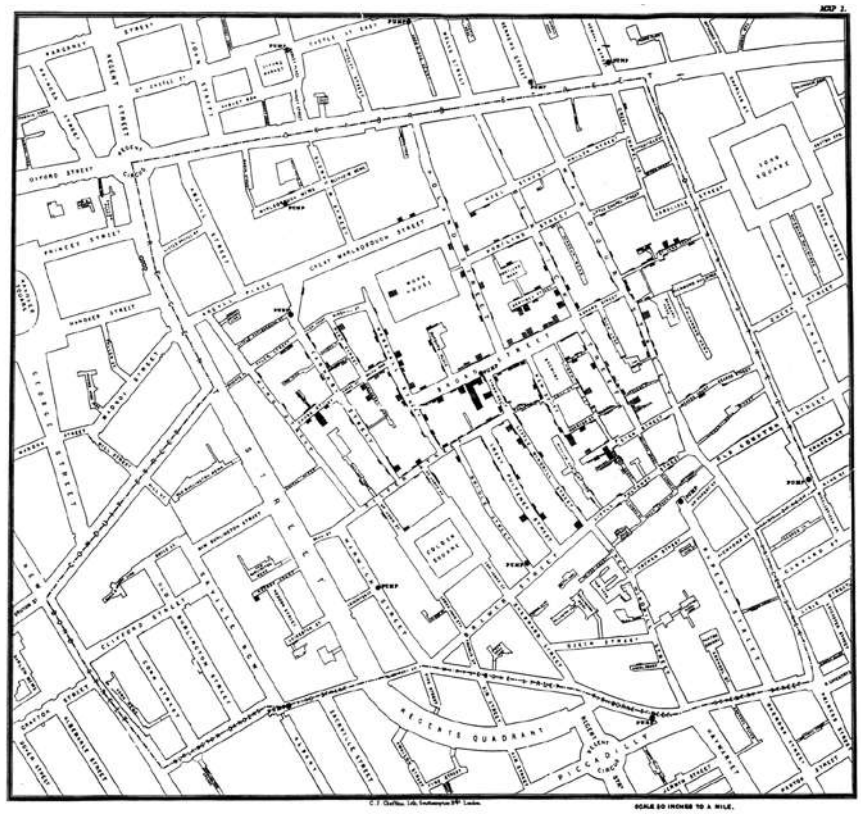


Рис. 14.10. Кластеры случаев заболевания холерой

Задайте себе следующие вопросы.

- Почему не производится автоматическая очистка данных?
- Как визуализировать части конвейера данных, в которые могут попадать «сточные воды»?
- Сколько времени ваша компания тратит на очистку данных, которую можно полностью автоматизировать?

Уровень 4. Непрерывная поставка разведочного анализа данных

Если вы знакомы с наукой о данных только по проектам Kaggle, вам может показаться, что весь ее смысл состоит в генерации как можно более точных предсказаний. Однако наука о данных и машинное обучение вовсе не ограничиваются предсказаниями. Наука о данных — междисциплинарная и весьма многосторонняя область знаний. С одной стороны, к задаче можно подходить с точки зрения причинно-следственных связей. Каковы глубинные движущие силы модели? Можете ли вы пояснить, каким образом модель генерирует предсказания? Ответить на этот вопрос помогут несколько библиотек Python: ELI5, SHAP и LIME. Все они помогают разобраться, как на самом деле функционируют модели машинного обучения.

К задаче машинного обучения можно подходить и с точки зрения предсказания, когда важнее не то, каким образом мы пришли к ответу, а то, насколько безошибочно предсказание. В мире нативных облачных вычислений и больших данных у такого подхода есть свои плюсы. Определенные задачи машинного обучения, например распознавание изображений с помощью глубокого обучения, хорошо решаются при наличии больших объемов данных. Чем больше данных и вычислительных мощностей, тем безошибочнее будет предсказание.

Доводите ли вы созданные модели до стадии промышленной эксплуатации? Почему нет? Зачем вообще создавать модели машинного обучения, если никто их не будет использовать?

Какова неизвестная величина? Что можно узнать из данных? Зачастую науку о данных больше интересует процесс, чем результат. Если заботиться только о предсказании, можно упустить совершенно иные аспекты данных.

Уровень 5. Непрерывная поставка обычного ML и AutoML

Люди сопротивляются автоматизации испокон веков. Луддиты — секретная организация английских рабочих-ткачей, протестовавших против автоматизации путем разрушения ткацких станков с 1811 по 1816 год. В конце концов протестующие были расстреляны, восстание подавлено с помощью военных и законодательных мер, и прогресс продолжился.

На протяжении всей истории человечества непрерывно разрабатывались средства автоматизации выполняемых вручную задач. В ходе технологического прогресса низкоквалифицированных рабочих постепенно увольняли, а высококвалифицированные получали прибавку к жалованию. Показательный

пример — системные администраторы и специалисты по DevOps. Да, потеряли работу часть системных администраторов, например занимавшиеся заменой жестких дисков в центрах обработки данных, но возникли новые, более высокооплачиваемые должности наподобие архитекторов облачных сервисов.

Нередко можно увидеть вакансии специалистов по машинному обучению и науке о данных с годовой зарплатой от 300 тыс. до 1 млн долларов. Эти должности нередко включают многие, по существу, компоненты бизнес-регламента: тонкую настройку гиперпараметров, удаление пустых значений и распределение заданий по кластерам. Придуманное Ноем правило автоматизатора гласит: «Если заходит речь об автоматизации чего-то, рано или поздно это что-то будет автоматизировано». Про AutoML говорят уже давно, так что автоматизация значительной части машинного обучения неизбежна.

Это значит, что, как и в других примерах автоматизации, изменится сама сущность должностей. Для некоторых уровень квалификации даже повысится (представьте себе человека, способного обучать тысячи моделей машинного обучения в день), а некоторые будут автоматизированы, поскольку компьютер может выполнять их намного лучше (должности, связанные с тонкой настройкой значений в JSON-структурах данных, то есть подстройкой гиперпараметров).

Уровень 6. Цикл обратной связи эксплуатации ML

Для чего разрабатываются мобильные приложения? Вероятно, чтобы пользователи применяли их на своих мобильных устройствах. А как насчет машинного обучения? Весь смысл машинного обучения, особенно по сравнению с наукой о данных или статистикой, состоит в создании модели и предсказании чего-либо. Если модель не работает в промышленной эксплуатации, то зачем она нужна?

Кроме того, ввод модели в промышленную эксплуатацию — это возможность узнать больше. Насколько точные предсказания дает модель в среде, где она получает совершенно новые для себя данные? Влияет ли модель на пользователей ожидаемым образом, то есть приводит ли к росту продаж и длительности пребывания на сайте? Эту важную информацию можно получить только при развертывании модели в среде реальной эксплуатации.

Еще один важный аспект — масштабируемость и повторяемость. Действительно зрелая в технологическом отношении организация может развертывать программное обеспечение, включая модели машинного обучения, по требованию. Здесь также необходимо применять для моделей ML рекомендуемые практики DevOps: непрерывное развертывание, микросервисы, мониторинг и телеметрию.

Один из простых способов достичь подобной технологической зрелости в вашей организации — воспользоваться той же логикой, благодаря которой вы выбрали облачные вычисления, а не физический центр обработки данных. Арендуйте чужие знания и навыки и воспользуйтесь эффектом масштаба.

Приложение sklearn Flask с использованием Docker и Kubernetes

Рассмотрим пример настоящего развертывания модели машинного обучения на основе sklearn с помощью Docker и Kubernetes.

Далее приведен Dockerfile, предназначенный для подготовки приложения Flask. Это приложение послужит для размещения приложения sklearn. Возможно, вы захотите установить Hadolint для линтинга Dockerfile: https://github.com/hadolint/hadolint.

```
FROM python:3.7.3-stretch

# Рабочий каталог
WORKDIR /app

# Копируем исходный код в рабочий каталог
COPY . app.py /app/

# Установим пакеты из requirements.txt
# hadolint ignore=DL3013
RUN pip install --upgrade pip &&\
    pip install --trusted-host pypi.python.org -r requirements.txt

# Открываем порт 80
EXPOSE 80

# Выполняем app.py при запуске контейнера
CMD ["python", "app.py"]
```

`Makefile`, играющий роль отправной точки среды выполнения приложения:

```
setup:
  python3 -m venv ~/.python-devops

install:
  pip install --upgrade pip &&\
    pip install -r requirements.txt

test:
  #python -m pytest -vv --cov=myrepolib tests/*.py
  #python -m pytest --nbval notebook.ipynb
```

```
lint:
  hadolint Dockerfile
  pylint --disable=R,C,W1203 app.py

all: install lint test
```

Файл `requirements.txt`:

```
Flask==1.0.2
pandas==0.24.2
scikit-learn==0.20.3
```

Файл `app.py`:

```
from flask import Flask, request, jsonify
from flask.logging import create_logger
import logging

import pandas as pd
from sklearn.externals import joblib
from sklearn.preprocessing import StandardScaler

app = Flask(__name__)
LOG = create_logger(app)
LOG.setLevel(logging.INFO)

def scale(payload):
    """Масштабирование нагрузки"""

    LOG.info(f"Scaling Payload: {payload}")
    scaler = StandardScaler().fit(payload)
    scaled_adhoc_predict = scaler.transform(payload)
    return scaled_adhoc_predict

@app.route("/")
def home():
    html = "<h3>Sklearn Prediction Home</h3>"
    return html.format(format)

# СДЕЛАТЬ: вывести в журнал значение предсказания
@app.route("/predict", methods=['POST'])
def predict():
    """Предсказание с помощью sklearn

    Входные данные имеют следующий вид:
            {
    "CHAS":{
      "0":0
    },
    "RM":{
      "0":6.575
```

```
    },
    "TAX":{
      "0":296.0
    },
    "PTRATIO":{
       "0":15.3
    },
    "B":{
       "0":396.9
    },
    "LSTAT":{
       "0":4.98
    }

    Результаты имеют следующий вид:
    { "prediction": [ 20.35373177134412 ] }
    """

    json_payload = request.json
    LOG.info(f"JSON payload: {json_payload}")
    inference_payload = pd.DataFrame(json_payload)
    LOG.info(f"inference payload DataFrame: {inference_payload}")
    scaled_payload = scale(inference_payload)
    prediction = list(clf.predict(scaled_payload))
    return jsonify({'prediction': prediction})

if __name__ == "__main__":
    clf = joblib.load("boston_housing_prediction.joblib")
    app.run(host='0.0.0.0', port=80, debug=True)
```

Файл `run_docker.sh`:

```
#!/usr/bin/env bash

# Сборка образа [Docker]
docker build --tag=flasksklearn .

# Вывод списка образов Docker
docker image ls

# Запуск приложения Flask
docker run -p 8000:80 flasksklearn
```

Файл `run_kubernetes.sh`:

```
#!/usr/bin/env bash

dockerpath="noahgift/flasksklearn"

# Запускаем в контейнере Docker Hub с помощью Kubernetes
kubectl run flaskskearlndemo\
```

```
    --generator=run-pod/v1\
    --image=$dockerpath\
    --port=80 --labels app=flaskskearlndemo

# Выводим список модулей Kubernetes
kubectl get pods

# Перенаправление порта контейнера на порт хоста
kubectl port-forward flaskskearlndemo 8000:80

#!/usr/bin/env bash
# Присваиваем образу Docker тег и загружаем его в Docker Hub

# Предполагаем, что все собрано
#docker build --tag=flasksklearn .
dockerpath="noahgift/flasksklearn"

# Аутентификация и создание тега
echo "Docker ID and Image: $dockerpath"
docker login &&\
    docker image tag flasksklearn $dockerpath

# Помещаем образ в реестр
docker image push $dockerpath
```

Наверное, вам интересно, как модель создается, а затем выгружается/загружается. Вот тут (https://oreil.ly/_pHz-) вы можете найти весь блокнот.

Во-первых, импортируем библиотеки для машинного обучения:

```
import numpy
from numpy import arange
from matplotlib import pyplot
import seaborn as sns
import pandas as pd
from pandas import read_csv
from pandas import set_option
from sklearn.preprocessing import StandardScaler
from sklearn.model_selection import train_test_split
from sklearn.model_selection import KFold
from sklearn.model_selection import cross_val_score
from sklearn.model_selection import GridSearchCV
from sklearn.linear_model import LinearRegression
from sklearn.linear_model import Lasso
from sklearn.linear_model import ElasticNet
from sklearn.tree import DecisionTreeRegressor
from sklearn.neighbors import KNeighborsRegressor
from sklearn.svm import SVR
from sklearn.pipeline import Pipeline
```

```
from sklearn.ensemble import RandomForestRegressor
from sklearn.ensemble import GradientBoostingRegressor
from sklearn.ensemble import ExtraTreesRegressor
from sklearn.ensemble import AdaBoostRegressor
from sklearn.metrics import mean_squared_error
```

In[0]:

```
boston_housing = "https://raw.githubusercontent.com/
noahgift/boston_housing_pickle/master/housing.csv"
names = ['CRIM', 'ZN', 'INDUS', 'CHAS',
'NOX', 'RM', 'AGE', 'DIS', 'RAD', 'TAX',
 'PTRATIO', 'B', 'LSTAT', 'MEDV']
df = read_csv(boston_housing, delim_whitespace=True, names=names)
```

In[0]:

```
df.head()
```

Out[0]:

```
   CRIM     ZN    INDUS  CHAS  NOX    RM     AGE
0  0.00632  18.0  2.31   0     0.538  6.575  65.2
1  0.02731  0.0   7.07   0     0.469  6.421  78.9
2  0.02729  0.0   7.07   0     0.469  7.185  61.1
3  0.03237  0.0   2.18   0     0.458  6.998  45.8
4  0.06905  0.0   2.18   0     0.458  7.147  54.2

   DIS     RAD  TAX    PTRATIO  B       LSTAT  MEDV
0  4.0900  1    296.0  15.3     396.90  4.98   24.0
1  4.9671  2    242.0  17.8     396.90  9.14   21.6
2  4.9671  2    242.0  17.8     392.83  4.03   34.7
3  6.0622  3    222.0  18.7     394.63  2.94   33.4
4  6.0622  3    222.0  18.7     396.90  5.33   36.2
```

Разведочный анализ данных

Признаки модели:

- *CHAS* — фиктивное значение для реки Чарльз (1, если участок граничит с рекой, 0 в противном случае);
- *RM* — среднее количество комнат в доме;
- *TAX* — полный налог на недвижимость из расчета на 10 000 долларов;
- *PTRATIO* — число учащихся на одного преподавателя;
- *Bk* — доля афроамериканцев по городам;

- *LSTAT* — процент работающих мужчин без среднего образования;
- *MEDV* — медианная стоимость не арендуемых домов в тысячах долларов.

```
In[0]:


prices = df['MEDV']
df = df.drop(['CRIM','ZN','INDUS','NOX','AGE','DIS','RAD'], axis = 1)
features = df.drop('MEDV', axis = 1)
df.head()
```

Out[0]:

```
   CHAS  RM     TAX    PTRATIO  B       LSTAT  MEDV
0  0     6.575  296.0  15.3     396.90  4.98   24.0
1  0     6.421  242.0  17.8     396.90  9.14   21.6
2  0     7.185  242.0  17.8     392.83  4.03   34.7
3  0     6.998  222.0  18.7     394.63  2.94   33.4
4  0     7.147  222.0  18.7     396.90  5.33   36.2
```

Моделирование

В этой части блокнота производится собственно моделирование. Для удобства мы всегда делим блокнот на четыре основных раздела:

- ввод данных;
- разведочный анализ данных;
- моделирование;
- заключение.

В посвященном моделированию разделе данные извлекаются из объекта DataFrame и передаются в модуль `train_test_split sklearn`, который и берет на себя весь труд по разбиению данных на обучающие и проверочные.

Разбиение данных

```
In[0]:

# Отделяем проверочный набор данных
array = df.values
X = array[:,0:6]
Y = array[:,6]
validation_size = 0.20
seed = 7
X_train, X_validation, Y_train, Y_validation = train_test_split(X, Y,
  test_size=validation_size, random_state=seed)
```

In[0]:

```
for sample in list(X_validation)[0:2]:
    print(f"X_validation {sample}")
```

Out[0]:

```
X_validation [  1.      6.395 666.     20.2   391.34   13.27 ]
X_validation [  0.      5.895 224.     20.2   394.81   10.56 ]
```

Тонкая настройка масштабированного GBM[1]

В этой модели используется несколько продвинутых методик, которые можно встретить во многих успешных проектах Kaggle. В их числе решетчатый поиск (grid search) оптимальных гиперпараметров. Обратите внимание также на масштабирование данных. Для безошибочных предсказаний большинству алгоритмов машинного обучения требуется какое-либо масштабирование.

```
In[0]:
# Опции проверки и метрика оценки на основе метода
# среднеквадратичной ошибки
num_folds = 10
seed = 7
RMS = 'neg_mean_squared_error'
scaler = StandardScaler().fit(X_train)
rescaledX = scaler.transform(X_train)
param_grid = dict(n_estimators=numpy.array([50,100,150,200,250,300,350,400]))
model = GradientBoostingRegressor(random_state=seed)
kfold = KFold(n_splits=num_folds, random_state=seed)
grid = GridSearchCV(estimator=model, param_grid=param_grid, scoring=RMS,
cv=kfold)
grid_result = grid.fit(rescaledX, Y_train)

print("Best: %f using %s" % (grid_result.best_score_, grid_result.best_params_))
means = grid_result.cv_results_['mean_test_score']
stds = grid_result.cv_results_['std_test_score']
params = grid_result.cv_results_['params']
for mean, stdev, param in zip(means, stds, params):
    print("%f (%f) with: %r" % (mean, stdev, param))
```

Out[0]:

```
Best: -11.830068 using {'n_estimators': 200}
-12.479635 (6.348297) with: {'n_estimators': 50}
-12.102737 (6.441597) with: {'n_estimators': 100}
-11.843649 (6.631569) with: {'n_estimators': 150}
```

[1] Gradient boosting machines — метод градиентного бустинга. — *Примеч. пер.*

```
-11.830068 (6.559724) with: {'n_estimators': 200}
-11.879805 (6.512414) with: {'n_estimators': 250}
-11.895362 (6.487726) with: {'n_estimators': 300}
-12.008611 (6.468623) with: {'n_estimators': 350}
-12.053759 (6.453899) with: {'n_estimators': 400}

/usr/local/lib/python3.6/dist-packages/sklearn/model_selection/_search.py:841:
DeprecationWarning:
DeprecationWarning)
```

Подгонка модели

Подгонку модели мы будем производить с помощью GradientBoostingRegressor. Последний шаг после обучения модели — только подгонка и проверка погрешности на выделенных данных. Данные масштабируются, передаются в модель, и оценивается показатель безошибочности по метрике «среднеквадратическая ошибка».

```
In[0]:

# Подготовка модели
scaler = StandardScaler().fit(X_train)
rescaledX = scaler.transform(X_train)
model = GradientBoostingRegressor(random_state=seed, n_estimators=400)
model.fit(rescaledX, Y_train)
# Преобразование проверочного набора данных
rescaledValidationX = scaler.transform(X_validation)
predictions = model.predict(rescaledValidationX)
print("Mean Squared Error: \n")
print(mean_squared_error(Y_validation, predictions))

Out[0]:

Mean Squared Error:

26.326748591395717
```

Оценка работы модели

Один из самых каверзных аспектов машинного обучения — оценка модели. Пример демонстрирует добавление в один и тот же объект DataFrame предсказаний и исходной цены на недвижимость. Далее на основе этого DataFrame можно вычислить разность между ними.

```
In[0]:

predictions=predictions.astype(int)
evaluate = pd.DataFrame({
```

```
        "Org House Price": Y_validation,
        "Pred House Price": predictions
    })
evaluate["difference"] = evaluate["Org House Price"]-evaluate["Pred House
Price"]
evaluate.head()
```

Разности приведены далее.

```
Out[0]:

   Org house price  Pred house price  Difference
0  21.7             21                0.7
1  18.5             19                -0.5
2  22.2             20                2.2
3  20.4             19                1.4
4  8.8              9                 -0.2
```

Для просмотра распределения данных в Pandas очень удобен метод `describe`:

```
In[0]:

evaluate.describe()
```

Out[0]:

```
       Org house price  Pred house price  Difference
count  102.000000       102.000000        102.000000
mean   22.573529        22.117647         0.455882
std    9.033622         8.758921          5.154438
min    6.300000         8.000000          -34.100000
25%    17.350000        17.000000         -0.800000
50%    21.800000        20.500000         0.600000
75%    24.800000        25.000000         2.200000
max    50.000000        56.000000         22.000000
```

adhoc_predict

Проверим эту модель для предсказания и посмотрим на ее работу после загрузки. При разработке веб-API для модели машинного обучения желательно протестировать части кода, которые API будет выполнять в самом блокноте. Отлаживать и создавать функции в блокноте намного проще, чем мучиться с созданием нужных функций в веб-приложении.

```
In[0]:

actual_sample = df.head(1)
actual_sample
```

Out[0]:

```
   CHAS  RM     TAX    PTRATIO  B      LSTAT  MEDV
0  0     6.575  296.0  15.3     396.9  4.98   24.0
```

In[0]:

```
adhoc_predict = actual_sample[["CHAS", "RM", "TAX", "PTRATIO", "B", "LSTAT"]]
adhoc_predict.head()
```

Out[0]:

```
   CHAS  RM     TAX    PTRATIO  B      LSTAT
0  0     6.575  296.0  15.3     396.9  4.98
```

Технологический процесс JSON

Этот раздел блокнота удобен для отладки приложений Flask. Как упоминалось ранее, намного проще разработать код API в проекте машинного обучения, убедиться в его правильной работе, а затем перенести в сценарий. Альтернатива не так привлекательна: пытаться достичь нужного синтаксиса кода в программном проекте, где нет таких интерактивных инструментов, как в Jupyter.

```
In[0]:

json_payload = adhoc_predict.to_json()
json_payload
```

Out[0]:

```
{"CHAS":{"0":0},"RM":
{"0":6.575},"TAX":
{"0":296.0},"PTRATIO":
{"0":15.3},"B":{"0":396.9},"LSTAT":
{"0":4.98}}
```

Масштабирование входных данных

Для предсказания необходимо обратное масштабирование данных. Следует произвести эту операцию в блокноте, а не пытаться заставить ее работать в веб-приложении, отладка которого — намного более трудная задача. Ниже приведен код для реализации этой части конвейера машинного обучения. В дальнейшем его можно использовать для создания функции в приложении Flask.

```
In[0]:

scaler = StandardScaler().fit(adhoc_predict)
scaled_adhoc_predict = scaler.transform(adhoc_predict)
```

```
scaled_adhoc_predict
```

Out[0]:

```
array([[0., 0., 0., 0., 0., 0.]])
```

In[0]:

```
list(model.predict(scaled_adhoc_predict))
```

Out[0]:

```
[20.35373177134412]
```

Выгрузка

Теперь экспортируем нашу модель.

```
In[0]:

from sklearn.externals import joblib[1]
```

In[0]:

```
joblib.dump(model, 'boston_housing_prediction.joblib')
```

Out[0]:

```
['boston_housing_prediction.joblib']
```

In[0]:

```
!ls -l
```

Out[0]:

```
total 672
-rw-r--r-- 1 root root 681425 May  5 00:35 boston_housing_prediction.joblib
drwxr-xr-x 1 root root   4096 Apr 29 16:32 sample_data
```

Загрузка и предсказание

```
In[0]:

clf = joblib.load('boston_housing_prediction.joblib')
```

[1] В некоторых версиях это не работает. Проще импортировать joblib непосредственно: import joblib. См. https://joblib.readthedocs.io/en/latest/. — *Примеч. пер.*

adhoc_predict на основе выгрузки

```
In[0]:

actual_sample2 = df.head(5)
actual_sample2
```

Out[0]:

```
   CHAS  RM     TAX    PTRATIO  B       LSTAT  MEDV
0  0     6.575  296.0  15.3     396.90  4.98   24.0
1  0     6.421  242.0  17.8     396.90  9.14   21.6
2  0     7.185  242.0  17.8     392.83  4.03   34.7
3  0     6.998  222.0  18.7     394.63  2.94   33.4
4  0     7.147  222.0  18.7     396.90  5.33   36.2
```

In[0]:

```
adhoc_predict2 = actual_sample[["CHAS", "RM", "TAX", "PTRATIO", "B", "LSTAT"]]
adhoc_predict2.head()
```

Out[0]:

```
   CHAS  RM     TAX    PTRATIO  B      LSTAT
0  0     6.575  296.0  15.3     396.9  4.98
```

Масштабирование входных данных

```
In[0]:

scaler = StandardScaler().fit(adhoc_predict2)
scaled_adhoc_predict2 = scaler.transform(adhoc_predict2)
scaled_adhoc_predict2
```

Out[0]:

```
array([[0., 0., 0., 0., 0., 0.]])
```

In[0]:

```
# Используем загруженную модель
list(clf.predict(scaled_adhoc_predict2))
```

Out[0]:

```
[20.35373177134412]
```

Наконец, загружаем выгруженную модель обратно и проверяем на настоящем наборе данных.

Вопросы и упражнения

- Назовите важнейшие различия между scikit-learn и PyTorch.
- Что такое AutoML и почему его имеет смысл использовать?
- Измените нашу модель scikit-learn для предсказания веса по росту.
- Выполните наш пример PyTorch в блокнотах Google Colab, переключаясь между средами выполнения GPU и CPU. Поясните различия в быстродействии, если таковые наблюдаются.
- Что такое разведочный анализ данных и почему он так важен в проектах науки о данных?

Задача на ситуационный анализ

Зайдите на веб-сайт Kaggle, выберите какой-либо популярный блокнот на Python и преобразуйте его в контейнеризованное приложение Flask, выдающее предсказания, воспользовавшись приведенным в этой главе примером в качестве ориентира. А затем разверните его в облачной среде с помощью хостируемого сервиса Kubernetes, например Amazon EKS.

Вопросы на проверку усвоения материала

- Расскажите о различных типах фреймворков и экосистем машинного обучения.
- Запустите и отладьте уже существующий проект машинного обучения в scikit-learn и PyTorch.
- Контейнеризуйте модель scikit-learn Flask.
- Разберитесь с промышленной моделью зрелости машинного обучения.

ГЛАВА 15

Инженерия данных

Возможно, наука о данных — самая привлекательная профессия XXI столетия, но конкретные специальности быстро меняются по мере ее развития. Исследователь данных — слишком общее название для множества различных задач. По состоянию на 2020 год две примерно равноценные специальности — это специалист по данным и специалист по машинному обучению.

Но еще больше поражает то, как много специалистов по данным необходимо для поддержки обычного исследователя данных — от трех до пяти инженеров по работе с данными на одного исследователя данных.

Почему так? Взглянем на это с другой точки зрения: представьте себе, что вы придумываете заголовки для газетных статей и хотели бы придумать что-то запоминающееся. Например, «Генеральный директор — самая привлекательная должность для богатых». Генеральных директоров немного, как немного звезд НБА или профессиональных актеров. Сколько людей должно работать, чтобы обеспечить успех одного генерального директора? Последнее утверждение столь же бессодержательно и бессмысленно, как и утверждение «вода мокрая».

Мы не хотим этим сказать, что нельзя заработать себе на жизнь наукой о данных, а просто критикуем логику самого утверждения. Спрос на навыки работы с данными огромен, от DevOps до машинного обучения и телекоммуникаций. Термин «исследователь данных» очень расплывчат. В каком-то смысле он очень напоминает этим слово DevOps. Что такое DevOps — специальность или стиль работы?

Если взглянуть на описания вакансий и зарплат, становится очевиден спрос на специалистов по данным и системам машинного обучения. А все потому, что в их должностные обязанности входят четко определенные задачи. В число задач инженера по работе с данными может входить, например, создание конвейера в облаке для сбора как пакетных, так и потоковых данных с последующим соз-

данием API для доступа к ним, а также планирование выполнения этих заданий. Эта задача однозначна: конвейер либо работает, либо нет.

Аналогично проектировщик систем машинного обучения занимается созданием моделей машинного обучения и развертыванием их так, чтобы упростить сопровождение. Это также вполне однозначная задача. Впрочем, конкретный специалист может заниматься инженерией данных или машинным обучением и все равно вести себя в соответствии с практиками науки о данных и DevOps. Сегодня самое время заняться работой с данными, поскольку существует немало прекрасных возможностей создать сложные устойчивые к ошибкам конвейеры для снабжения данными других сложных и обладающих широкими возможностями прогнозных систем. Есть высказывание: «Нельзя быть слишком богатым или слишком стройным». Точно так же и с данными: навыков DevOps или работы с данными никогда не бывает слишком много. Обсудим подробнее приправленные DevOps идеи инженерии данных.

Малые данные

Наборы инструментов — замечательная концепция. Если вызвать на дом сантехника, обычно он приезжает с инструментами, позволяющими ему справиться с проблемой гораздо эффективнее, чем могли бы вы. Нанятый вами для каких-либо работ плотник также приходит со своим набором специальных инструментов, благодаря которому может выполнить работу намного быстрее, чем вы. Инструменты жизненно важны для профессионалов, и специалисты по DevOps не исключение.

В этом разделе мы рассмотрим утилиты для инженерии данных. Они включают инструменты для небольших задач по работе с данными, например для чтения и записи файлов, использования библиотеки `pickle`, формата `JSON`, а также записи и чтения файлов `YAML`. Свободная работа с этими форматами — необходимый навык для специалиста по автоматизации, который хочет уметь превратить любую задачу в сценарий. Далее в этой главе мы обсудим утилиты для работы с большими данными, которые принципиально отличаются от утилит для работы с малыми данными.

Что же такое большие данные, а что — малые? Самый простой способ различить их — так называемый ноутбучный тест. Можно ли с ними работать на ноутбуке? Если нет — это большие данные. Хороший пример — Pandas. Эта библиотека требует в 5–10 раз больше оперативной памяти, чем размер набора данных. Скорее всего, для обработки в Pandas файла размером 2 Гбайт вашего ноутбука будет недостаточно.

Обработка файлов малых данных

Если и есть определяющая черта Python — это неустанное стремление к максимальной эффективности языка. Обычный программист Python старается написать ровно столько кода, сколько нужно для решения задачи, не доводя его при этом до излишней сжатости и неудобочитаемости. Кроме того, обычный программист Python не желает писать стереотипный код. Такая среда приводит к непрерывной эволюции полезных паттернов.

Один из примеров часто используемых паттернов — использование оператора `with` для чтения и записи файлов. Оператор `with` берет на себя утомительные стереотипные действия по закрытию файла после завершения работы с ним. Оператор `with` используется и в других частях языка Python для облегчения различных утомительных задач.

Запись в файл

Этот пример иллюстрирует автоматическое закрытие файла при использовании оператора `with` по завершении выполнения блока кода. Такой синтаксис помогает предотвращать программные ошибки, которые неизбежны, если программист случайно забывает закрыть дескриптор файла:

```
with open("containers.txt", "w") as file_to_write:
  file_to_write.write("Pod/n")
  file_to_write.write("Service/n")
  file_to_write.write("Volume/n")
  file_to_write.write("Namespace/n")
```

Содержимое файла при этом выглядит следующим образом:

```
cat containers.txt

Pod
Service
Volume
Namespace
```

Чтение файла

Контекст `with` рекомендуется использовать также для чтения файлов. Обратите внимание на то, что метод `readlines()` возвращает выполняемый отложенным образом итератор на основе разрывов строк:

```
with open("containers.txt") as file_to_read:
  lines = file_to_read.readlines()
  print(lines)
```

Вывод:

```
['Pod\n', 'Service\n', 'Volume\n', 'Namespace\n']
```

На практике это дает возможность обрабатывать большие файлы журналов с помощью выражений-генераторов, не боясь израсходовать всю оперативную память машины.

Конвейер с генератором для чтения и обработки строк

Далее приведен код функции-генератора, которая открывает файл и возвращает генератор:

```
def process_file_lazily():
  """Отложенная обработка файла с помощью генератора"""

  with open("containers.txt") as file_to_read:
    for line in file_to_read.readlines():
      yield line
```

Далее мы создаем на основе этого генератора конвейер для построчного выполнения операций. В примере строка переводится в нижний регистр, но здесь можно соединить в цепочку множество других операций, и эффективность будет очень высокой, поскольку достаточно объема памяти, необходимой для обработки отдельной строки:

```
# Создание объекта-генератора
pipeline = process_file_lazily()
# Преобразование в нижний регистр
lowercase = (line.lower() for line in pipeline)
# Выводим первую обработанную строку
print(next(lowercase))
```

Результат работы конвейера:

```
pod
```

На практике это значит, что размер файлов может быть, по существу, неограниченным, если работа кода завершается при удовлетворении определенного условия. Например, представьте, что нужно найти идентификатор покупателя в терабайтном массиве данных. Конвейер с генератором может работать следующим образом: найти этот идентификатор покупателя и выйти из цикла обработки при первом же найденном вхождении. В мире больших данных это отнюдь не теоретическая проблема.

YAML

YAML постепенно становится стандартом для связанных с DevOps файлов конфигурации. YAML — удобный для восприятия человеком формат сериализации данных, представляющий собой расширение JSON. Название его расшифровывается как *YAML Ain't Markup Language* («YAML — это не язык разметки»). YAML можно нередко встретить в таких системах сборки, как AWS CodePipeline (https://oreil.ly/WZnIl), CircleCI (https://oreil.ly/0r8cK), и таких вариантах PaaS, как Google App Engine (https://oreil.ly/ny_TD).

YAML используется так широко вовсе не случайно, а вследствие потребности в языке конфигурации с возможностью быстрых итераций при взаимодействии с высокоавтоматизированными системами. Как программисту, так и обычному пользователю интуитивно ясно, как редактировать эти файлы. Вот пример:

```
import yaml

kubernetes_components = {
    "Pod": "Basic building block of Kubernetes.",
    "Service": "An abstraction for dealing with Pods.",
    "Volume": "A directory accessible to containers in a Pod.",
    "Namespaces": "A way to divide cluster resources between users."
}

with open("kubernetes_info.yaml", "w") as yaml_to_write:
  yaml.safe_dump(kubernetes_components, yaml_to_write, default_flow_style=False)
```

Записанный на диск результат выглядит следующим образом:

```
cat kubernetes_info.yaml

Namespaces: A way to divide cluster resources between users.
Pod: Basic building block of Kubernetes.
Service: An abstraction for dealing with Pods.
Volume: A directory accessible to containers in a Pod.
```

Отсюда ясно, насколько просто сериализовать структуру данных Python в удобный для редактирования и итеративной обработки формат. Чтение этого файла также требует всего двух строк кода:

```
import yaml

with open("kubernetes_info.yaml", "rb") as yaml_to_read:
  result = yaml.safe_load(yaml_to_read)
```

А далее можно вывести результаты во вполне аккуратном виде:

```
import pprint
pp = pprint.PrettyPrinter(indent=4)
```

```
pp.pprint(result)
{   'Namespaces': 'A way to divide cluster resources between users.',
    'Pod': 'Basic building block of Kubernetes.',
    'Service': 'An abstraction for dealing with Pods.',
    'Volume': 'A directory accessible to containers in a Pod.'}
```

Большие данные

Размеры данных растут быстрее, чем вычислительные мощности компьютеров. Еще более интересной делает ситуацию то, что закон Мура, согласно которому скорость и возможности компьютеров должны удваиваться каждые два года, фактически больше не работает начиная с примерно 2015 года согласно доктору Дэвиду Паттерсону из Калифорнийского университета в Беркли. Тактовая частота CPU растет сейчас лишь на 3 % в год.

Необходимы новые методы работы с большими данными, в том числе такие ASIC, как GPU, тензорные процессоры (TPU), а также ИИ и платформы данных поставщиков облачных сервисов. На уровне микросхем это значит, что лучше всего ориентироваться на использование в сложных IT-процессах GPU вместо CPU. Зачастую такой GPU сочетается с системой, обеспечивающей распределенный механизм хранения, что делает возможными как распределенные вычисления, так и распределенные операции дискового ввода/вывода. Прекрасные примеры — Apache Spark, Amazon SageMaker и платформа ИИ Google. Все они могут применять ASIC (GPU, TPU и др.), а также распределенное хранилище вместе с системой управления. Еще один, более низкоуровневый пример — AMI спотовых инстансов Amazon с точками монтирования файловой системы Amazon Elastic File System (EFS).

Для специалиста по DevOps отсюда вытекают несколько вещей. Во-первых, поставка программного обеспечения в эти системы должна производиться с дополнительной осторожностью. Например, стоит ответить на следующие вопросы: правильные ли драйверы GPU на целевой платформе? Производится ли контейнерное развертывание? Будет ли данная система использовать распределенную GPU-обработку? Данные преимущественно пакетные или потоковые? Заблаговременное обдумывание этих вопросов имеет большое значение для разработки правильной архитектуры.

Одна из проблем с модными словечками вроде ИИ, «большие данные», «облачные вычисления» и «исследователи данных» — для разных людей их смысл может различаться. Рассмотрим, например, термин «исследователь данных» (data scientist). В одной компании это специалист, занимающийся созданием информационных панелей бизнес-аналитики для отдела продаж, а в другой — разработчик программного обеспечения для самоуправляемых автомобилей.

У термина «большие данные» точно такие же проблемы с контекстом: в зависимости от того, с кем вы говорите, он может значить разное. Задумайтесь над одним из определений. Необходимы ли для обработки данных на ноутбуке те же пакеты программ, что и в среде промышленной эксплуатации?

Прекрасный пример утилиты для малых данных — пакет Pandas. По информации создателя этого пакета, он может использовать в 5–10 раз больше оперативной памяти, чем размер обрабатываемого файла. На практике при 16 Гбайт оперативной памяти в ноутбуке и CSV-файле размером 2 Гбайт задача уже относится к большим данным, поскольку оперативной памяти ноутбука может не хватить для работы с этим файлом. Так что необходимо пересмотреть способ решения задачи. Например, можно открыть лишь фрагмент данных или изначально урезать массив данных.

Рассмотрим конкретный пример этой проблемы и ее обхода. Представьте себе, что вы исследователь данных, который снова и снова получает ошибки нехватки памяти, поскольку берет слишком большие для Pandas файлы. Один из примеров таких файлов — набор данных Open Food Facts (https://oreil.ly/w-tmA) из Kaggle. В разархивированном виде размер этого набора данных составляет более 1 Гбайт. Эта задача как раз входит в число проблемных для Pandas. Один из вариантов ее решения — воспользоваться командой `shuf` Unix для получения перетасованной выборки из набора данных:

```
time shuf -n 100000 en.openfoodfacts.org.products.tsv\
    > 10k.sample.en.openfoodfacts.org.products.tsv
    1.89s user 0.80s system 97% cpu 2.748 total
```

Менее чем за 2 секунды нам удалось уменьшить файл до вполне приемлемого размера. Лучше использовать этот подход, так как в нем происходит случайный выбор примеров данных, а не брать просто начало или конец набора данных. Эта проблема играет важную роль в технологическом процессе науки о данных. Кроме того, можно сначала посмотреть на строки файла, чтобы понять, с чем приходится иметь дело:

```
wc -l en.openfoodfacts.org.products.tsv
  356002 en.openfoodfacts.org.products.tsv
```

Исходный файл включает примерно 350 000 строк, так что 100 000 перетасованных строк составляет примерно треть всего массива данных. В этом можно убедиться, взглянув на преобразованный файл. Его размер составляет 272 Мбайт — около трети от размера исходного файла в 1 Гбайт:

```
du -sh 10k.sample.en.openfoodfacts.org.products.tsv
272M    10k.sample.en.openfoodfacts.org.products.tsv
```

Файл такого размера лучше подходит для обработки Pandas на ноутбуке, а сам процесс можно в дальнейшем преобразовать в автоматический технологический процесс создания рандомизированных файлов выборок для источников, представляющих собой большие данные. Подобный процесс — лишь один из множества технологических процессов, необходимых для работы с большими данными.

Еще одно определение больших данных было дано Маккинси (McKinsey): «Наборы данных, размер которых слишком велик для ввода, хранения, обработки и анализа стандартными утилитами баз данных». Это определение также вполне логично, с небольшим уточнением: не только утилитами баз данных, а вообще любыми утилитами, работающими с данными. Если прекрасно работающая на ноутбуке утилита, например Pandas, Python, MySQL, утилита глубокого обучения/машинного обучения, Bash и т. д., не может нормально работать из-за большого размера или чрезмерной скорости изменения данных, значит, речь идет о задаче больших данных. Для решения задач больших данных необходимы специальные инструменты, и в следующем разделе мы их и рассмотрим.

Утилиты, компоненты и платформы для работы с большими данными

Обсуждение больших данных можно также разбить на обсуждение отдельных утилит и платформ. На рис. 15.1 приведен типичный жизненный цикл архитектуры больших данных.

Обсудим некоторые важнейшие компоненты этой архитектуры.

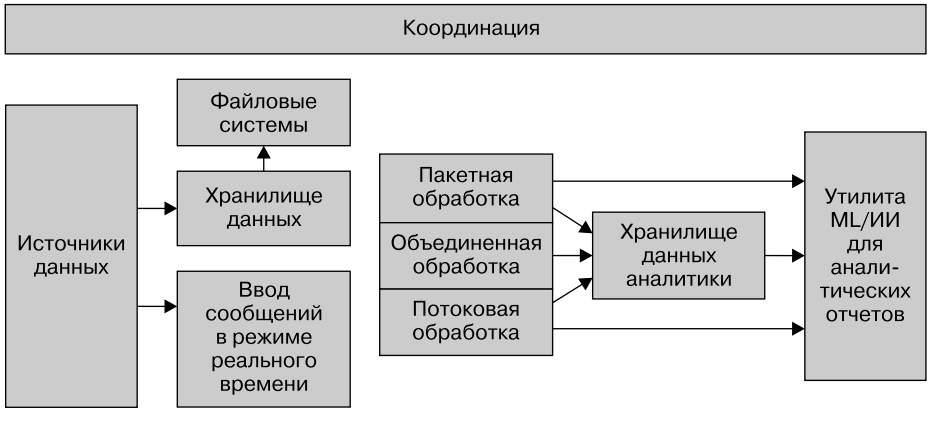


Рис. 15.1. Архитектура больших данных

Источники данных

В число типичных источников больших данных входят социальные сети и цифровые транзакции. По мере перевода большинства разговоров и деловых операций в онлайн-форму количество данных резко возросло. Кроме того, число источников данных растет экспоненциально с развитием мобильных технологий, например, использованием планшетов, телефонов и ноутбуков для записи аудио и видео.

Среди прочих источников данных — Интернет вещей (IoT), включающий разнообразные датчики, миниатюрные микросхемы и устройства. В результате возникает неудержимый рост объемов данных, которые где-то нужно хранить. Диапазон утилит, связанных с источниками данных, очень широк: от клиент-серверных систем IoT, например AWS IoT Greengrass, до систем хранения объектов, например Amazon S3 и Google Cloud Storage.

Файловые системы

Файловые системы играют в обработке данных важнейшую роль, однако их реализации непрерывно эволюционируют. Одна из проблем, возникающих при работе с большими данными, — потребность в больших объемах дискового ввода/вывода для распределенных операций.

Одна из современных утилит, решающих эту проблему, — распределенная файловая система Hadoop (Hadoop Distributed File System, HDFS). В основе ее работы — группирование нескольких серверов, позволяющее агрегировать ресурсы CPU, операции дискового ввода/вывода и хранилище данных. На практике это делает HDFS одной из базовых технологий работы с большими данными. Она позволяет перемещать большие массивы данных или файловые системы для распределенных вычислительных заданий. Кроме того, она лежит в основе платформы Spark, подходящей как для потокового, так и для пакетного машинного обучения.

В числе прочих типов файловых систем — файловые системы хранения объектов, такие как файловая система Amazon S3 и хранилище Google Cloud Platform. В них можно хранить распределенным образом огромные файлы, причем гарантирована их высокая доступность, точнее, надежность в 99,999999999 %. Для взаимодействия с этими файловыми системами существуют API Python и утилиты командной строки, что сильно упрощает автоматизацию. Мы рассматривали эти облачные API подробнее в главе 10.

Наконец, можно отметить и такой тип файловой системы, как обычная сетевая файловая система (NFS) в виде управляемого облачного сервиса. Прекрасный

пример такой файловой системы — Amazon Elastic File System (Amazon EFS). Она представляет собой исключительно гибкий инструмент для специалиста по DevOps, особенно в сочетании с технологиями контейнеров. На рис. 15.2 приведен пример монтирования EFS в контейнере.

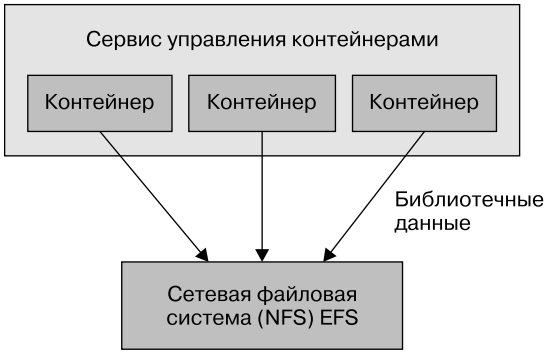


Рис. 15.2. Монтирование EFS в контейнере

Один из открывающих большие возможности процессов автоматизации — создание программным образом контейнеров Docker с помощью системы сборки наподобие AWS CodePipeline или Google Cloud Build. Далее эти контейнеры регистрируются в облачном реестре контейнеров, например Amazon ECR. Затем система управления контейнерами, например Kubernetes, запускает контейнеры, монтирующие NFS. В результате возможности быстро запускаемых неизменяемых образов контейнеров сочетаются с доступом к централизованным библиотекам исходного кода и данным. Подобный технологический процесс идеально подходит для организаций, стремящихся оптимизировать операции машинного обучения.

Хранение данных

В конечном счете данные необходимо где-то хранить, что приводит к интересным возможностям и непростым задачам. В последнее время сложилась тенденция использовать для этой цели озера данных. Чем интересны озера данных? Тем, что они позволяют обрабатывать данные прямо на месте их хранения. В результате для многих озер данных требуются фактически бесконечные (то есть располагающиеся в облаке) хранилища данных и вычислительные ресурсы. Поэтому для них нередко выбирают Amazon S3.

Подобные озера данных применимы и в конвейерах машинного обучения, зависящих как от хранимых в озере данных, так и от обученных моделей. Обученные

модели можно после этого подвергнуть A/B-тестированию и убедиться, что последняя модель благотворно сказывается на системе предсказания (вывода) (рис. 15.3).

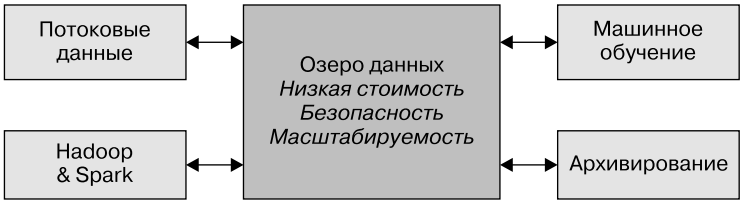


Рис. 15.3. Озеро данных

Все остальные виды хранения данных хорошо знакомы разработчикам традиционного программного обеспечения. В их числе реляционные базы данных, базы данных типа «ключ/значение», поисковые системы наподобие Elasticsearch, а также графовые базы данных. В архитектуре больших данных все эти типы систем хранения данных могут играть более конкретные роли. В небольшой системе за все может отвечать реляционная база данных, но в архитектуре больших данных неправильный подбор системы хранения недопустим.

Прекрасный пример неправильного выбора системы хранения — использование реляционной базы данных в качестве поисковой системы на основе полнотекстового поиска вместо специализированных решений наподобие Elasticsearch. Elasticsearch специально предназначен для создания масштабируемых поисковых решений, в то время как реляционная база данных — для обеспечения ссылочной целостности и транзакций. Технический директор Amazon Вернер Фогель (Werner Vogel) замечательно сформулировал это: «Одна база данных — ни для кого». Проблему иллюстрирует рис. 15.4, на котором показано, что у каждого типа баз данных свое предназначение.

Рис. 15.4. Базы данных Amazon

Выбор подходящих решений для хранения данных, в том числе выбор сочетания баз данных, — важнейший навык для любого архитектора данных, желающего, чтобы система работала максимально эффективно. При проектировании полностью автоматизированной и эффективной системы необходимо учесть и сопровождение. При нерациональном использовании конкретной выбранной технологии, например реляционной базы данных для высокодоступной очереди сообщений, затраты на сопровождение начнут зашкаливать, что потребует дополнительной автоматизации. Так что следует учесть и объемы работ по автоматизации, необходимые для сопровождения решения.

Ввод данных в режиме реального времени

Потоковые данные реального времени — особенно сложный для работы тип данных. Поток сам по себе усложняет обработку данных, вдобавок его, возможно, придется перенаправить в другую часть системы — для потоковой обработки данных. Один из примеров облачных решений для потокового ввода данных — Amazon Kinesis Data Firehose (рис. 15.5).

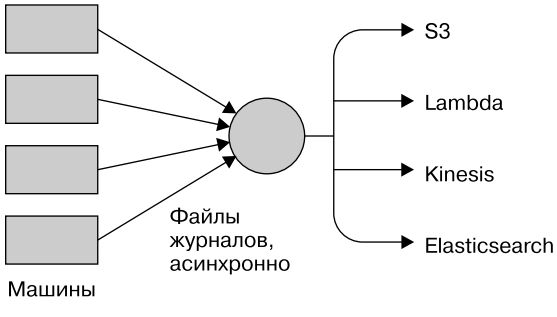


Рис. 15.5. Файлы журналов Kinesis

А вот пример соответствующего кода. Обратите внимание на использование модуля `asyncio` языка Python для массово параллельных однопоточных сетевых операций. Узлы могут выдавать подобные данные или журналы ошибок при отправке на ферму заданий:

```
import asyncio

def send_async_firehose_events(count=100):
    """Асинхронная отправка событий в Firehose"""
    start = time.time()
    client = firehose_client()
    extra_msg = {"aws_service": "firehose"}
    loop = asyncio.get_event_loop()
```

```
tasks = []
LOG.info(f"sending aysnc events TOTAL {count}",extra=extra_msg)
num = 0
for _ in range(count):
    tasks.append(asyncio.ensure_future(put_record(gen_uuid_events(),
                                                  client)))
    LOG.info(f"sending aysnc events: COUNT {num}/{count}")
    num +=1
loop.run_until_complete(asyncio.wait(tasks))
loop.close()
end = time.time()
LOG.info("Total time: {}".format(end - start))
```

Kinesis Data Firehose получает захваченные данные и непрерывно перенаправляет их в произвольное количество точек назначения: Amazon S3, Amazon Redshift, сервис Amazon Elasticsearch или какие-либо сторонние сервисы наподобие Splunk. В качестве альтернативы Kinesis с открытым исходным кодом можно рассматривать Apache Kafka. Apache Kafka работает на основе схожих принципов архитектуры обмена сообщениями по типу «издатель/подписчик».

Ситуационный анализ: создание доморощенного конвейера данных

Давным-давно, в начале 2000-х, когда Ной работал техническим директором и главным менеджером стартапа, он столкнулся с задачей создания первого в компании конвейера машинного обучения и обработки данных. Примерный эскиз получившегося приведен на следующей схеме конвейера данных Jenkins (рис. 15.6).

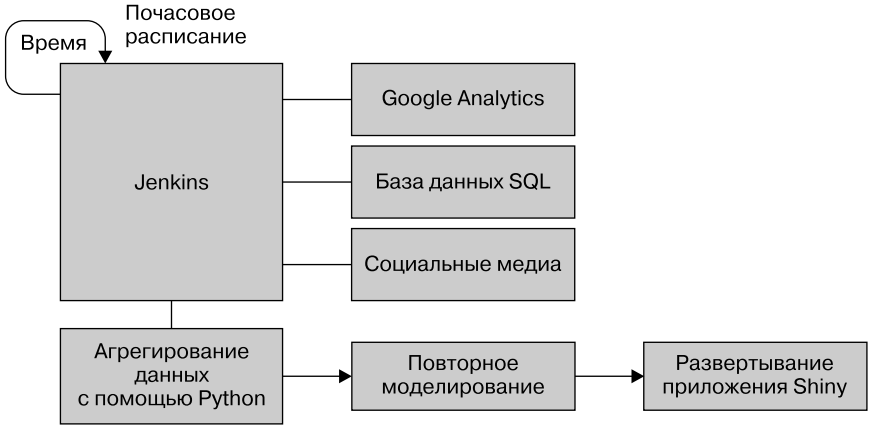


Рис. 15.6. Конвейер данных Jenkins

Источником входных данных для конвейера данных может быть все, что нужно для бизнес-аналитики или предсказаний с помощью машинного обучения. В числе таких источников могут быть реляционные базы данных, Google Analytics, метрики социальных медиа, и это далеко не все. Задания по сбору данных запускаются раз в час, а внутренний доступ к сгенерированным CSV-файлам обеспечивается с помощью веб-сервиса Apache. Это простое и привлекательное решение.

Сами задания представляют собой задания Jenkins, которые просто запускают сценарии Python. При необходимости внесения каких-либо изменений можно легко отредактировать сценарий Python для конкретного задания. Дополнительное достоинство системы — простота отладки. Если задание завершилось неудачей, оно отображается как сбойное и можно легко взглянуть на выводимые им результаты и увидеть, что произошло.

Последний этап конвейера — предсказания на основе машинного обучения и информационная панель аналитики, отображаемая с помощью написанного на языке R приложения Shiny. Основное влияние на подобную архитектуру оказывают соображения простоты подхода, кроме того, она полноценно использует имеющиеся навыки DevOps.

Бессерверная инженерия данных

Еще одна перспективная технология — бессерверная инженерия данных. На рис. 15.7 приведена укрупненная схема бессерверного конвейера данных.

Рис. 15.7. Бессерверный конвейер данных

Далее давайте посмотрим, что дает запланированное выполнение функций Lambda.

AWS Lambda и события CloudWatch

При желании можно создать таймер CloudWatch для вызова функций Lambda с помощью консоли AWS Lambda и настроить его срабатывание, как показано на рис. 15.8.

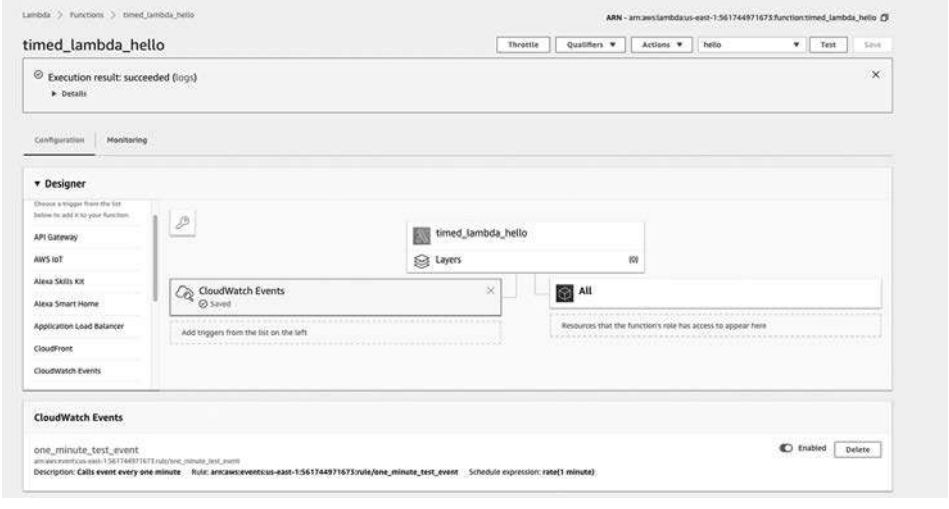


Рис. 15.8. Таймер CloudWatch для функций Lambda

Журналирование Amazon CloudWatch для AWS Lambda

Журналирование CloudWatch — важный шаг при разработке функций Lambda. На рис. 15.9 приведен пример журнала событий CloudWatch.

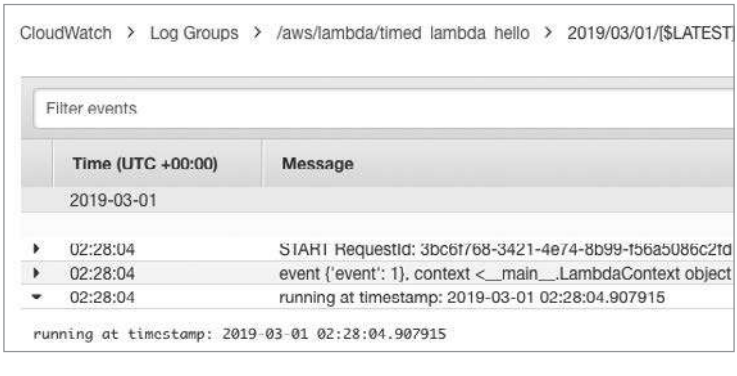


Рис. 15.9. Журнал событий CloudWatch

Наполнение данными Amazon Simple Queue Service с помощью AWS Lambda

Далее необходимо в AWS Cloud9 локально сделать следующее.

1. Создать новую функцию Lambda с помощью Serverless Wizard.
2. Перейти в каталог функции Lambda и установить пакеты на один уровень выше:

```
pip3 install boto3 --target ../
pip3 install python-json-logger --target ../
```

Теперь можем проверить локально, а затем и развернуть в облаке следующий код:

```
'''
Из Dynamo в SQS
'''

import boto3
import json
import sys
import os

DYNAMODB = boto3.resource('dynamodb')
TABLE = "fang"
QUEUE = "producer"
SQS = boto3.client("sqs")

# Настраиваем журналирование
import logging
from pythonjsonlogger import jsonlogger

LOG = logging.getLogger()
LOG.setLevel(logging.INFO)
logHandler = logging.StreamHandler()
formatter = jsonlogger.JsonFormatter()
logHandler.setFormatter(formatter)
LOG.addHandler(logHandler)

def scan_table(table):
    '''Просматриваем таблицу и возвращаем результат'''
    LOG.info(f"Scanning Table {table}")
    producer_table = DYNAMODB.Table(table)
    response = producer_table.scan()
    items = response['Items']
    LOG.info(f"Found {len(items)} Items")
    return items
```

```
def send_sqs_msg(msg, queue_name, delay=0):
    '''Отправляем сообщение SQS

    Ожидает на входе SQS queue_name и msg в виде ассоциативного массива.
    Возвращает ассоциативный массив response.
    '''

    queue_url = SQS.get_queue_url(QueueName=queue_name)["QueueUrl"]
    queue_send_log_msg = "Send message to queue url: %s, with body: %s" %\
        (queue_url, msg)
    LOG.info(queue_send_log_msg)
    json_msg = json.dumps(msg)
    response = SQS.send_message(
        QueueUrl=queue_url,
        MessageBody=json_msg,
        DelaySeconds=delay)
    queue_send_log_msg_resp = "Message Response: %s for queue url: %s" %\
        (response, queue_url)
    LOG.info(queue_send_log_msg_resp)
    return response

def send_emissions(table, queue_name):
    '''Отправка'''
    items = scan_table(table=table)
    for item in items:
        LOG.info(f"Sending item {item} to queue: {queue_name}")
        response = send_sqs_msg(item, queue_name=queue_name)
        LOG.debug(response)

def lambda_handler(event, context):
    '''
    Точка входа функции Lambda
    '''
    extra_logging = {"table": TABLE, "queue": QUEUE}
    LOG.info(f"event {event}, context {context}", extra=extra_logging)
    send_emissions(table=TABLE, queue_name=QUEUE)
```

Приведенный код делает следующее.

1. Извлекает названия компаний из Amazon DynamoDB.
2. Помещает эти названия в Amazon SQS.

Для проверки работы можно выполнить локальный тест в Cloud9 (рис. 15.10).

Далее можно проверить сообщения в SQS, как показано на рис. 15.11.

Не забудьте задать правильную роль IAM! Необходимо присвоить функции Lambda роль IAM с правами на запись сообщений в SQS, как показано на рис. 15.12.

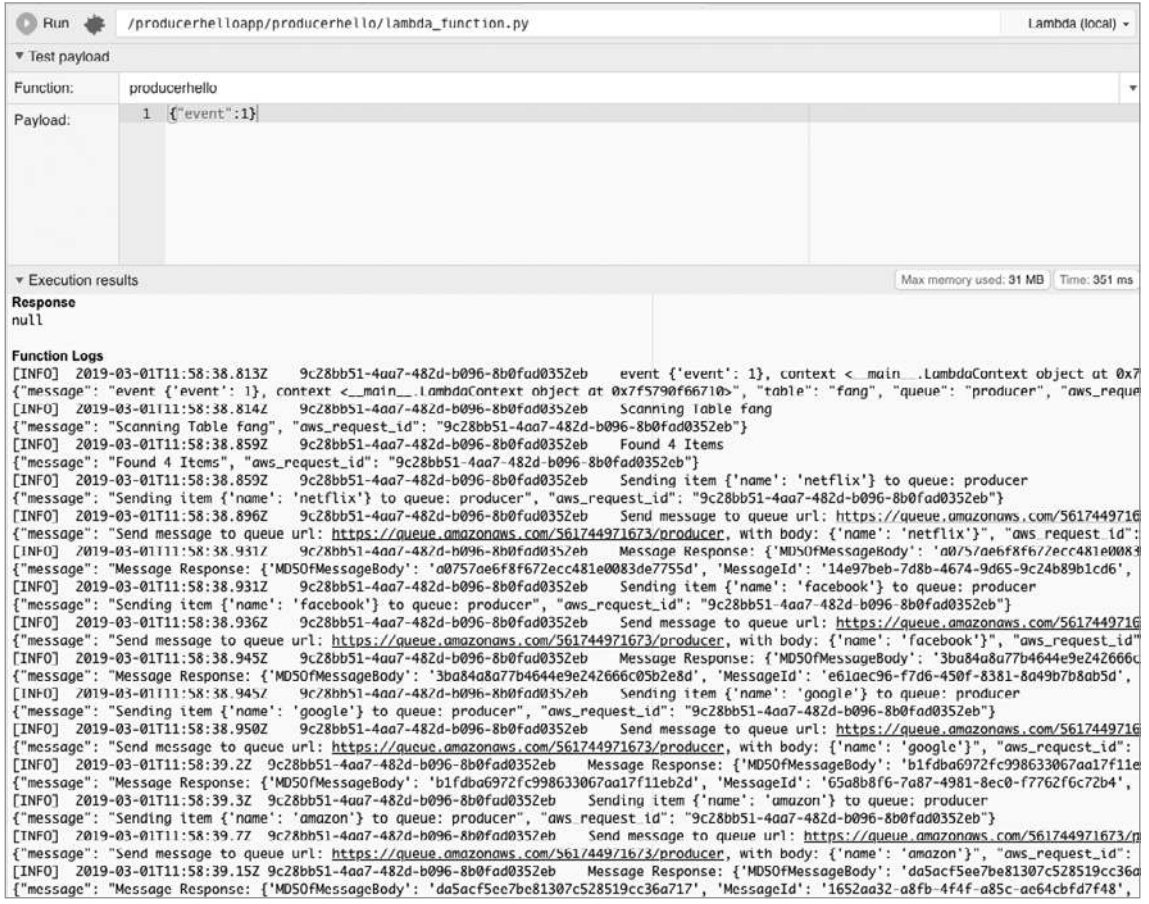


Рис. 15.10. Локальный тест в Cloud9

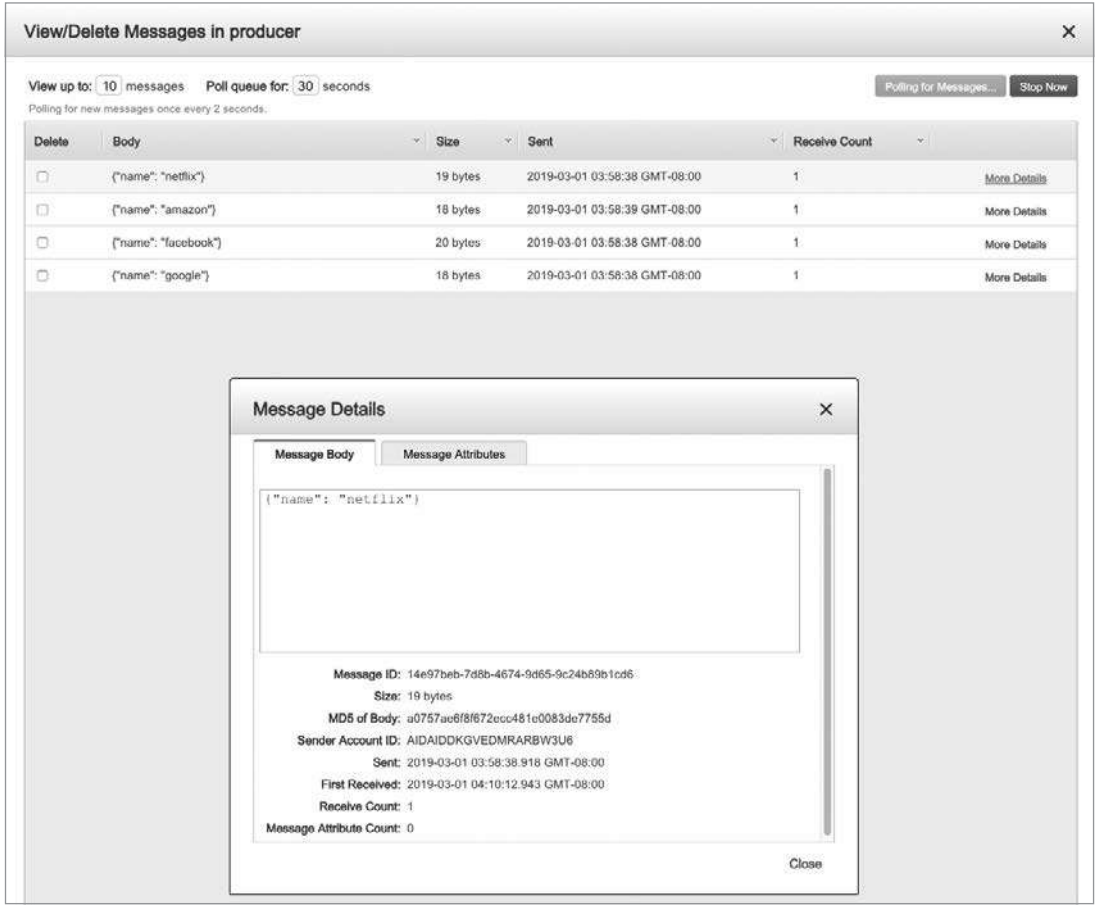


Рис. 15.11. Проверка сообщений в SQS

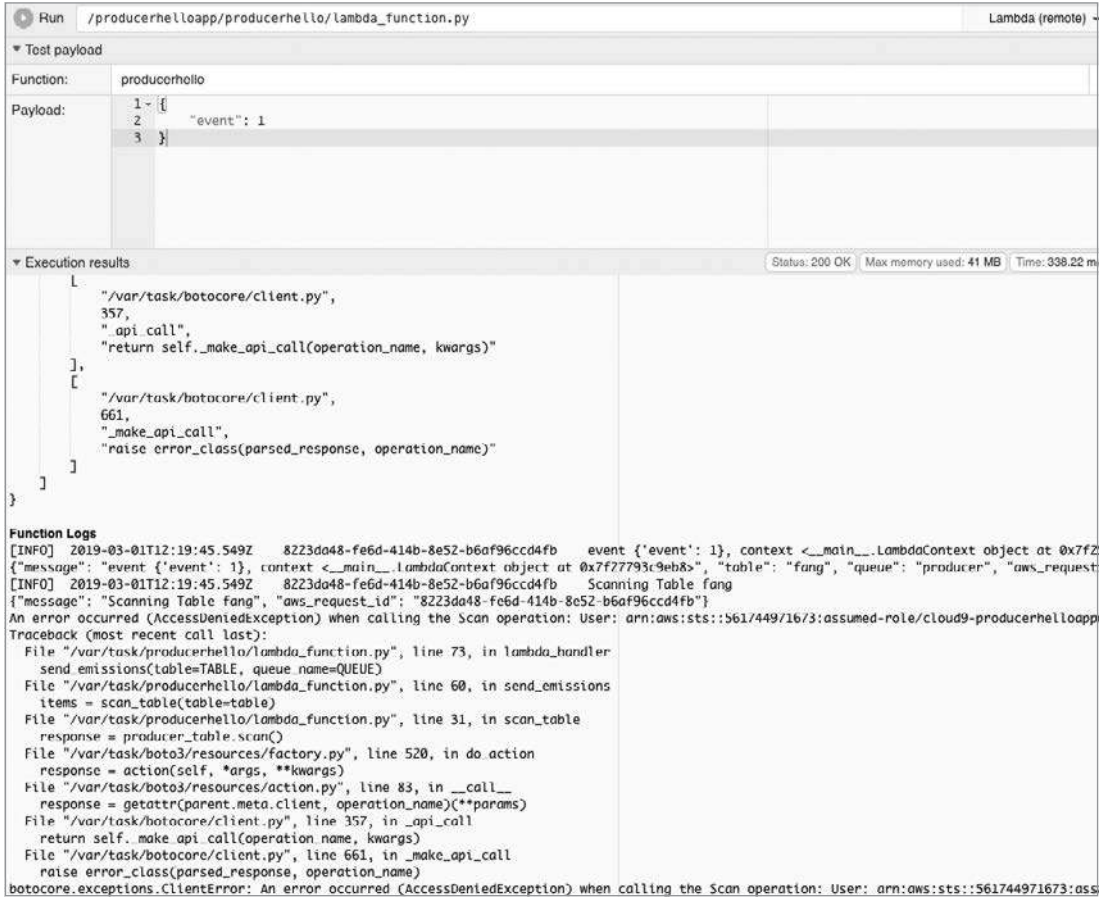


Рис. 15.12. Ошибка: недостаточные права доступа

Подключение срабатывающего по событию триггера CloudWatch

Последний шаг для активации триггера CloudWatch состоит в задании срабатывания генератора сообщений по времени и проверке того, что сообщения поступают в SQS, как показано на рис. 15.13.

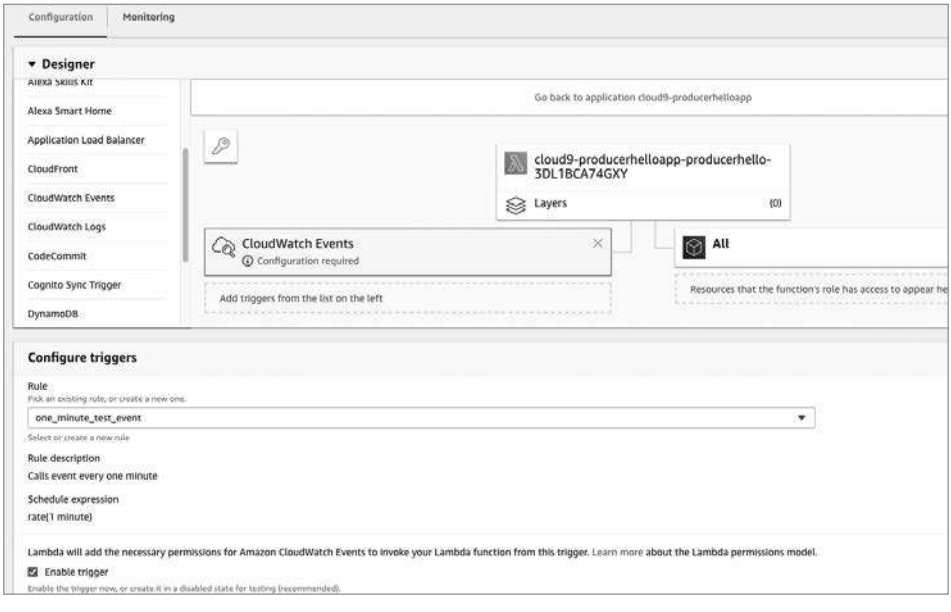


Рис. 15.13. Настройка таймера

Теперь в очереди SQS появятся сообщения (рис. 15.14).

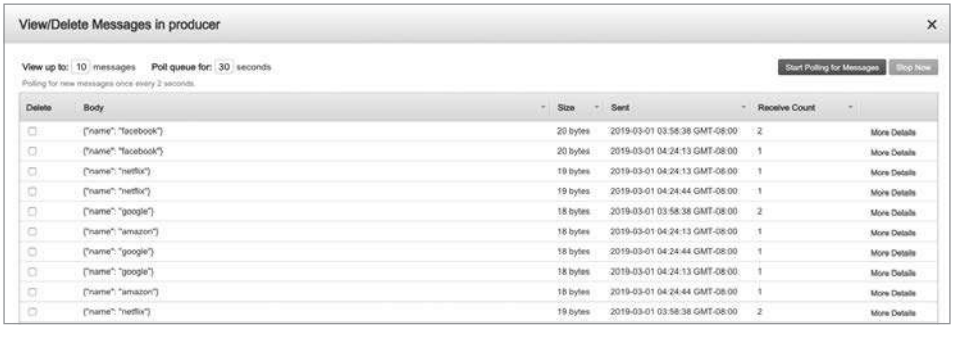


Рис. 15.14. Очередь SQS

Создание событийно-управляемых функций Lambda

По окончании работы над функцией-генератором Lambda мы можем создать событийно-управляемую функцию Lambda (потребитель), которая срабатывает асинхронно для каждого сообщения в SQS. Теперь функция Lambda сможет реагировать на каждое сообщение SQS (рис. 15.15).

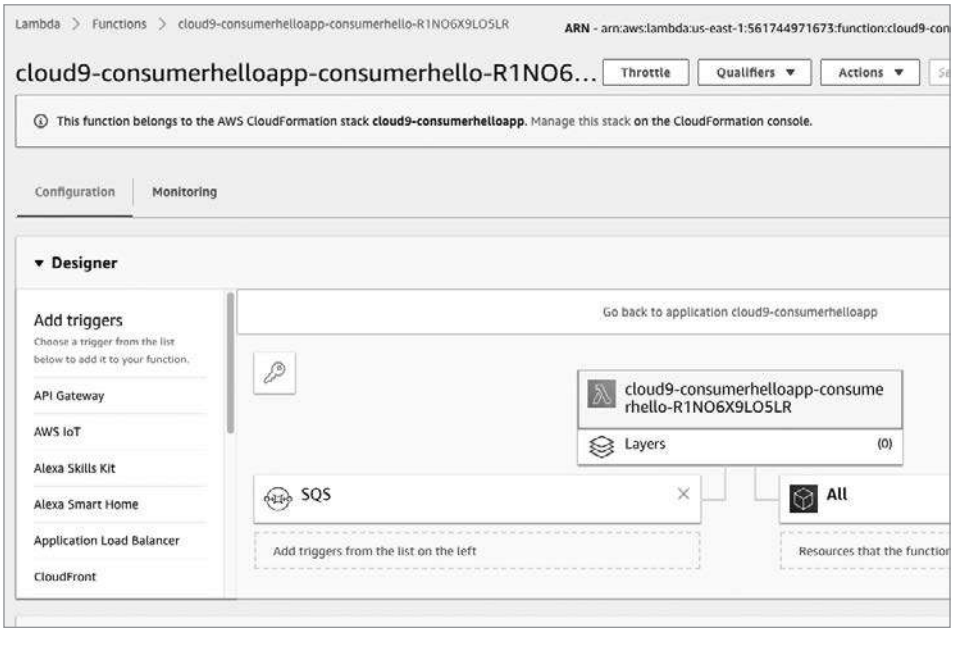


Рис. 15.15. Срабатывание при событии SQS

Чтение событий Amazon SQS из AWS Lambda

Единственная задача, которую нам осталось решить, — организовать потребление сообщений из SQS, их обработку с помощью нашего API и запись результатов в S3:

```
import json

import boto3
import botocore
import pandas as pd
import wikipedia
import boto3
from io import StringIO
```

```
# Настраиваем журналирование
import logging
from pythonjsonlogger import jsonlogger
LOG = logging.getLogger()
LOG.setLevel(logging.DEBUG)
logHandler = logging.StreamHandler()
formatter = jsonlogger.JsonFormatter()
logHandler.setFormatter(formatter)
LOG.addHandler(logHandler)

# Корзина S3
REGION = "us-east-1"

### Утилиты для работы с SQS ###
def sqs_queue_resource(queue_name):
    """Возвращает ресурс соединения для очереди SQS

    Пример использования:
    In [2]: queue = sqs_queue_resource("dev-job-24910")
    In [4]: queue.attributes
    Out[4]:
    {'ApproximateNumberOfMessages': '0',
     'ApproximateNumberOfMessagesDelayed': '0',
     'ApproximateNumberOfMessagesNotVisible': '0',
     'CreatedTimestamp': '1476240132',
     'DelaySeconds': '0',
     'LastModifiedTimestamp': '1476240132',
     'MaximumMessageSize': '262144',
     'MessageRetentionPeriod': '345600',
     'QueueArn': 'arn:aws:sqs:us-west-2:414930948375:dev-job-24910',
     'ReceiveMessageWaitTimeSeconds': '0',
     'VisibilityTimeout': '120'}

    """

    sqs_resource = boto3.resource('sqs', region_name=REGION)
    log_sqs_resource_msg =\
      "Creating SQS resource conn with qname: [%s] in region: [%s]" %\
    (queue_name, REGION)
    LOG.info(log_sqs_resource_msg)
    queue = sqs_resource.get_queue_by_name(QueueName=queue_name)
    return queue

def sqs_connection():
    """Создает SQS-соединение по умолчанию в регионе,
       соответствующем глобальной переменной REGION"""
    sqs_client = boto3.client("sqs", region_name=REGION)
    log_sqs_client_msg = "Creating SQS connection in Region: [%s]" % REGION
    LOG.info(log_sqs_client_msg)
    return sqs_client
```

```
def sqs_approximate_count(queue_name):
    """Возвращает приблизительное количество оставшихся в очереди сообщений"""
    queue = sqs_queue_resource(queue_name)
    attr = queue.attributes
    num_message = int(attr['ApproximateNumberOfMessages'])
    num_message_not_visible = int(attr['ApproximateNumberOfMessagesNotVisible'])
    queue_value = sum([num_message, num_message_not_visible])
    sum_msg = """'ApproximateNumberOfMessages' and\
    'ApproximateNumberOfMessagesNotVisible' =\
      *** [%s] *** for QUEUE NAME: [%s]""" %\
        (queue_value, queue_name)
    LOG.info(sum_msg)
    return queue_value

def delete_sqs_msg(queue_name, receipt_handle):

    sqs_client = sqs_connection()
    try:
        queue_url = sqs_client.get_queue_url(QueueName=queue_name)["QueueUrl"]
        delete_log_msg = "Deleting msg with ReceiptHandle %s" % receipt_handle
        LOG.info(delete_log_msg)
        response = sqs_client.delete_message(QueueUrl=queue_url,
          ReceiptHandle=receipt_handle)
    except botocore.exceptions.ClientError as error:
        exception_msg =\
          "FAILURE TO DELETE SQS MSG: Queue Name [%s] with error: [%s]" %\
            (queue_name, error)
        LOG.exception(exception_msg)
        return None

    delete_log_msg_resp = "Response from delete from queue: %s" % response
    LOG.info(delete_log_msg_resp)
    return response

def names_to_wikipedia(names):

    wikipedia_snippit = []
    for name in names:
        wikipedia_snippit.append(wikipedia.summary(name, sentences=1))
    df = pd.DataFrame(
        {
            'names':names,
            'wikipedia_snippit': wikipedia_snippit
        }
    )
    return df

def create_sentiment(row):
    """С помощью AWS Comprehend выявляет тональности DataFrame"""
    LOG.info(f"Processing {row}")
```

```
    comprehend = boto3.client(service_name='comprehend')
    payload = comprehend.detect_sentiment(Text=row, LanguageCode='en')
    LOG.debug(f"Found Sentiment: {payload}")
    sentiment = payload['Sentiment']
    return sentiment

def apply_sentiment(df, column="wikipedia_snippit"):
    """Анализирует тональности с помощью функции apply библиотеки Pandas"""
    df['Sentiment'] = df[column].apply(create_sentiment)
    return df

### S3 ###

def write_s3(df, bucket):
    """Запись в корзину S3"""

    csv_buffer = StringIO()
    df.to_csv(csv_buffer)
    s3_resource = boto3.resource('s3')
    res = s3_resource.Object(bucket, 'fang_sentiment.csv').\
        put(Body=csv_buffer.getvalue())
    LOG.info(f"result of write to bucket: {bucket} with:\n {res}")

def lambda_handler(event, context):
    """Точка входа функции Lambda"""

    LOG.info(f"SURVEYJOB LAMBDA, event {event}, context {context}")
    receipt_handle  = event['Records'][0]['receiptHandle'] #sqs message
    #'eventSourceARN': 'arn:aws:sqs:us-east-1:561744971673:producer'
    event_source_arn = event['Records'][0]['eventSourceARN']

    names = [] #Захвачено из очереди

    # Обработка очереди
    for record in event['Records']:
        body = json.loads(record['body'])
        company_name = body['name']

        # Захвачено для обработки
        names.append(company_name)

        extra_logging = {"body": body, "company_name":company_name}
        LOG.info(f"SQS CONSUMER LAMBDA, splitting arn: {event_source_arn}",
          extra=extra_logging)
        qname = event_source_arn.split(":")[-1]
        extra_logging["queue"] = qname
        LOG.info(f"Attempting Delete SQS {receipt_handle} {qname}",
          extra=extra_logging)
        res = delete_sqs_msg(queue_name=qname, receipt_handle=receipt_handle)
```

```
        LOG.info(f"Deleted SQS receipt_handle {receipt_handle} with res {res}",
          extra=extra_logging)

    # Создаем объект DataFrame Pandas с фрагментами из "Википедии"
    LOG.info(f"Creating dataframe with values: {names}")
    df = names_to_wikipedia(names)

    # Анализируем тональности
    df = apply_sentiment(df)
    LOG.info(f"Sentiment from FANG companies: {df.to_dict()}")

    # Запись результата в S3
    write_s3(df=df, bucket="fangsentiment")
```

Один из простейших способов скачать эти файлы — воспользоваться CLI AWS:

```
noah:/tmp $ aws s3 cp --recursive s3://fangsentiment/ .
download: s3://fangsentiment/netflix_sentiment.csv to ./netflix_sentiment.csv
download: s3://fangsentiment/google_sentiment.csv to ./google_sentiment.csv
download: s3://fangsentiment/facebook_sentiment.csv to ./facebook_sentiment.csv
```

Итак, чего же мы достигли? На рис. 15.16 приведен наш бессерверный конвейер ИИ для работы с данными.

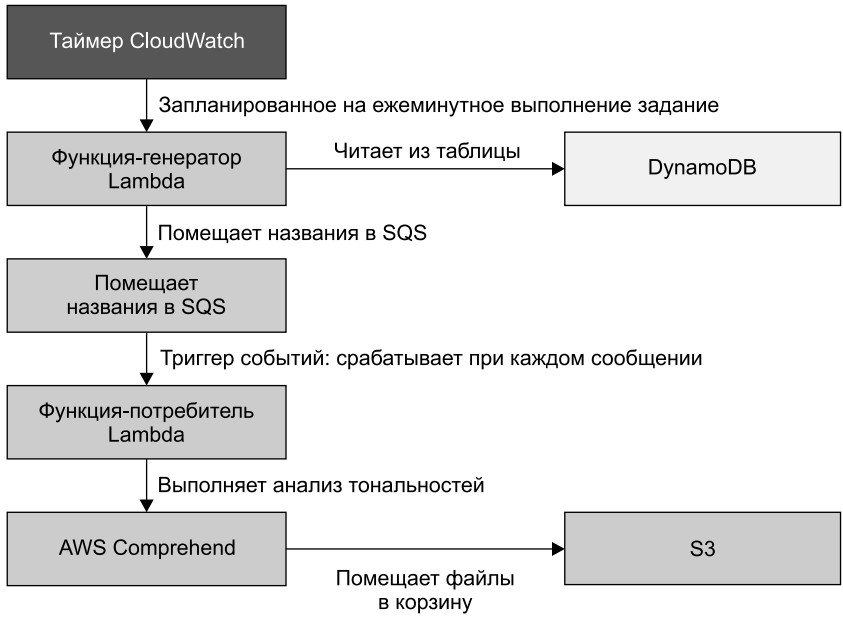


Рис. 15.16. Бессерверный конвейер ИИ для работы с данными

Резюме

Инженерия данных — перспективная специальность, для которой вовсе не будут лишними хорошие навыки DevOps. Рекомендуемые практики DevOps — микросервисы, непрерывная поставка, инфраструктура как код, а также мониторинг и журналирование — играют важнейшую роль в этой сфере. Благодаря ориентированным на облачные сервисы технологиям трудные задачи становятся решаемыми, а простые — вообще элементарными.

Немного о том, куда можно двигаться дальше в смысле овладения навыками инженерии данных. Изучите бессерверные технологии. Неважно, о каком поставщике облачных сервисов идет речь, просто изучите! За ними будущее, и инженерия данных — прекрасный пример этой тенденции.

Упражнения

- Поясните, что такое большие данные и каковы их главные отличительные черты.
- Попробуйте решить свои обычные задачи с помощью утилит для работы с малыми данными Python.
- Поясните, что такое озера данных и для чего они применяются.
- Перечислите сценарии использования, подходящие для различных типов специализированных баз данных.
- Создайте бессерверный конвейер для работы с данными на языке Python.

Задача на ситуационный анализ

Создайте на основе приведенной в этой главе архитектуры комплексный конвейер обработки данных для скрапинга веб-сайта с помощью Scrapy, Beautiful Soup или аналогичной библиотеки, отправляющий затем файлы изображений в Amazon Rekognition для анализа. Сохраните результаты вызова API Amazon Rekognition в Amazon DynamoDB. Запланируйте запуск соответствующего задания по таймеру один раз в день.

ГЛАВА 16

Истории из практики DevOps и интервью

Автор: Ной

В конце последнего года моей учебы в одном из колледжей Калифорнийского политехнического в Сан-Луис-Обиспо мне нужно было пройти курс органической химии для получения диплома. К сожалению, летом никакой финансовой помощи от университета я не получал, так что мне пришлось арендовать дом и искать работу на полную ставку. Мне удалось найти подработку в библиотеке с минимальной зарплатой, но этого было недостаточно. Я внимательно просматривал все объявления о вакансиях, но единственное, что нашел, — вакансию вышибалы в большом ночном клубе в ковбойском стиле.

Менеджер, который проводил собеседование, был ростом около 185 сантиметров, и большую часть его 130 килограммов составляли мускулы. Еще у него был огромный синяк под глазом. Он рассказал, что в прошлые выходные большая группа посетителей побила всех вышибал, включая его самого. И сказал, что сейчас у них есть два кандидата, я и толкатель ядра из легкоатлетической команды. Чтобы выбрать из нас двоих, он спросил меня, удрал ли бы я в ходе подобной драки. Я ответил, что никогда не убежал бы от драки, и был принят на работу.

Позднее я понял, насколько наивным был в оценке своих храбрости и возможностей. В клуб постоянно приходили и встревали в драки здоровенные тяжелоатлеты и игроки в американский футбол, а они выглядели устрашающе. На одном концерте нам пришлось вызвать подкрепление: мы предположили, что могут возникнуть проблемы. Моим напарником в этот раз был вышибала со

стрижкой «ирокез» и вытатуированными на черепе китайскими иероглифами. Через несколько лет я видел по ТВ, как он выиграл чемпионат UFC в тяжелом весе, и вспомнил его имя: Чак Лидделл. Вышибала — опасная профессия. Это я понял, когда попытался разнять драку, в которой 110-килограммовый футболист молотил кулаками свою жертву по лицу. Я попытался его оттащить, но он легко отшвырнул меня на пару метров назад, как будто подушку. В этот момент я осознал, что не неуязвим, а мои навыки боевых искусств в подобном случае не играют никакой роли. И запомнил этот урок навсегда.

Подобную излишнюю самоуверенность хорошо описывает эффект Даннинга — Крюгера — когнитивное искажение, заключающееся в переоценке людьми своих когнитивных способностей. На практике его можно наблюдать в ежегодном опросе StackOverflow. В 2019 году 70 % разработчиков считало себя специалистами «выше среднего уровня» и лишь 10 % — «ниже среднего». Какой из этого можно сделать вывод? Полагайтесь не на людей, а на автоматизацию! «Верь мне», «я начальник», «я этим занимаюсь уже *X* лет» и прочие уверения — чепуха по сравнению с железной четкостью правильно реализованной автоматизации. В основе всей идеологии DevOps лежит вера в то, что автоматизация важнее иерархии.

В этой главе мы свяжем воедино все, что рассказывалось в данной книге об автоматизации, обсудив на примере реальных людей и случаев из практики следующие рекомендуемые приемы DevOps:

- непрерывную интеграцию;
- непрерывную поставку;
- микросервисы;
- инфраструктуру как код;
- мониторинг и журналирование;
- связь и сотрудничество.

Киностудия не может снять фильм

После года жизни в Новой Зеландии, проведенного в работе над фильмом «Аватар», я был в самом приятном расположении духа. Там я жил на Северном острове в городке Мирамар, расположенном на прекраснейшем полуострове. Каждый день я выходил из дверей прямо на пляж для 14-километровой пробежки. В конце концов мой контракт закончился, и мне пришлось искать новую ра-

боту. Я устроился в крупную кинокомпанию в области залива, насчитывавшую сотни сотрудников и располагавшуюся в комплексе зданий, занимавшем около 10 000 квадратных метров. В эту компанию были вложены сотни миллионов долларов, и она казалась прекрасным местом работы. За выходные я перелетел туда и прибыл на место в воскресенье (накануне выхода на работу).

Первый день на работе поверг меня в настоящий шок. Благостного расположения духа как не бывало. Вся студия не работала, и сотни сотрудников не могли выполнять свои обязанности, поскольку центральный программный комплекс — система управления ресурсами не работала. От отчаяния меня пригласили на секретное совещание в конференц-зал и показали все масштабы проблемы. Я сразу понял, что моим безмятежным дням на пляже пришел конец. Я попал на театр боевых действий. Черт!

Узнав больше об этом кризисе, я понял, что он назревал уже давно. Постоянные перебои в обслуживании на целый день и серьезные технические проблемы были обычным делом. Вот список основных проблем.

- Система разрабатывалась изолированно, без анализа кода.
- Не использовалась система контроля версий.
- Не использовалась система сборки.
- Не проводилось тестирование.
- Длина кода некоторых функций превышала 1000 строк.
- Иногда было непросто найти ключевых людей, отвечавших за проект.
- Перебои в обслуживании обходились недешево, поскольку высокооплачиваемые сотрудники не могли работать.
- Киноиндустрия поощряет небрежное отношение к разработке программного обеспечения, ведь «мы не компания — разработчик ПО».
- У удаленных офисов постоянно возникали проблемы с подключением.
- Настоящего мониторинга не осуществлялось.
- Многие отделы создавали импровизированные решения и патчи для проблем.

Единственный выход из этого стандартного клубка проблем — начать решать их правильно, по одной за раз. Созданная для решения команда именно так и поступила. Одним из первых шагов по решению этой непростой задачи была настройка непрерывной интеграции и автоматического нагрузочного тестирования в предэксплуатационной среде. Поразительно, насколько понятнее все становится после такого простого действия.

Одна из последних и наиболее интересных проблем, решенных нами, возникла в системе мониторинга. После стабилизации производительности системы и применения рекомендуемых практик инженерии разработки ПО мы обнаружили неожиданную программную ошибку. В качестве базового контроля состояния системы мы настроили ежедневную фиксацию ресурсов. Через несколько дней ежедневно стали возникать серьезные проблемы с быстродействием. Когда мы увидели всплески использования CPU базой данных, то обнаружили, что они соответствуют по времени базовому контролю состояния системы. После расследования стало ясно, что код фиксации ресурсов (доморощенный ORM (средство объектно-реляционного отображения)) генерировал все больше SQL-запросов. Большинство технологических процессов включало применение лишь одной или двух версий ресурса, так что мониторинг состояния системы обнаружил критический изъян. Это еще один довод в пользу автоматизированной проверки состояния системы.

При нагрузочном тестировании мы обнаружили уйму проблем. Одну из них нашли сразу же: даже небольшое количество одновременного трафика — и база данных MySQL мгновенно «умирала». Мы обнаружили, что у использовавшейся нами версии MySQL были серьезные проблемы с производительностью. Переход на последнюю версию резко повысил быстродействие. Ликвидировав проблему с производительностью и создав средство автоматического тестирования на предмет того, решена ли проблема, мы начали быстро исправлять проблемы одну за другой.

Далее мы внесли исходный код в систему контроля версий, создали основанную на ветвях кода стратегию развертывания, после чего начали запускать линтинг и тестирование, а также анализ кода при каждом внесении кода в систему контроля версий. В результате стало намного легче обнаруживать проблемы с производительностью, и решения стали самоочевидны. В условиях кризиса автоматизация и стандарты совершенства — два абсолютно необходимых средства.

Одна, последняя, задача, с которой мы столкнулись, — серьезные проблемы с надежностью на удаленной площадке нашей киностудии. Персонал на ней считал, что причина была в проблемах с быстродействием, связанных с нашим API. Ситуация была настолько экстренной, что руководство компании отправило меня и еще одного инженера на место самолетом для решения проблемы. Когда мы добрались на место, то позвонили в центральный офис и попросили посмотреть только на запросы из соответствующего диапазона IP-адресов. И когда запустили их приложение, то не увидели никакого сетевого трафика.

Мы проверили сетевую инфраструктуру в удаленном офисе и убедились, что трафик между клиентской машиной и центральным офисом проходит. По наитию мы решили взглянуть на локальную и сетевую производительность машины

под управлением Windows с помощью специализированного диагностического ПО. И заметили открытие тысяч соединений через сокеты за 2–3 секунды. После изучения ситуации мы обнаружили, что операционная система Windows временно останавливала работу всего сетевого стека. При открытии слишком большого количества сетевых соединений за короткий промежуток времени операционная система защищалась. Клиентское приложение пыталось открыть тысячи сетевых соединений в цикле `for` и в конце концов блокировало работу всего сетевого стека. Мы внесли изменения в код, ограничив количество сетевых соединений одним, и внезапно все заработало.

Позже мы запустили утилиту pylint для исходного кода клиентского приложения и обнаружили, что примерно треть системы была неработоспособна. Главная проблема была не с производительностью, а с отсутствием должного проектирования программного обеспечения и рекомендуемых практик DevOps. Всего несколько простых изменений технологического процесса — непрерывная интеграция, мониторинг и автоматическое нагрузочное тестирование — позволили избавиться от проблемы менее чем за неделю.

Разработчик игр не может обеспечить поставку игрового ПО

Когда я только пришел на работу в известную компанию, занимавшуюся разработкой игр, она как раз находилась в процессе реорганизации. Некогда их программный продукт был исключительно инновационным, но к моменту моего прихода компания решила вкладывать деньги в новые продукты. Все существующие подходы компании были в значительной степени ориентированы на центры обработки данных с жестким контролем изменений на каждом шагу. Многие из разработанных ими утилит возникли из желания продлить срок жизни очень успешной, но пережившей себя игры. Появление новых людей, новых отделов и новых продуктов неизбежно вело к постоянным конфликтам и кризису.

Я быстро осознал всю глубину кризиса, хотя и работал над старым продуктом. Проходя мимо отдела, занимавшегося разработкой новых продуктов, я услышал интересный разговор. Испанский разработчик главного из новых продуктов сказал во время Agile-совещания: «Оно нет работать». Само по себе это достаточно шокирующее утверждение, но реакция на него была еще более шокирующей: «Луис, здесь не место для *технических обсуждений*».

В этот момент я понял, что здесь что-то не так. Позже многие из разработчиков проекта уволились, и мне достался проект на год просроченный

и в процессе третьего переписывания на третьем языке. Главное, что стало ясно: упомянутый разработчик, игравший роль канарейки в шахте, был совершенно прав. Ничего не работало! В первый же день работы над этим проектом я перенес исходный код на свой ноутбук и попытался запустить веб-приложение. После нескольких обновлений Chrome мой компьютер полностью завис. Упс, опять я влип.

После недолгого изучения проекта я осознал, что в нем есть несколько критических проблем. Первая — необходимо было что-то делать с основной технической проблемой, а именно карго-культом процесса Agile, прекрасно выполнявшим создание и закрытие задач, но приведшим к созданию чего-то совершенно неработоспособного. Прежде всего я вывел основных инженеров из этого процесса управления проектом, и мы спроектировали патч для основной части системы без «накладных расходов» Agile. Далее, после решения проблемы с основным движком мы организовали процесс автоматического развертывания и настраиваемого нагрузочного тестирования.

Поскольку наш проект был наиболее важным для компании, были изменены приоритеты некоторых сотрудников других команд, работавших над основным продуктом, чтобы создать решение для нагрузочного тестирования и телеметрии. Это также вызвало немалое сопротивление, поскольку означало, что отвечающие за выпуск программных продуктов руководители окажутся без дела. Это стало поворотной точкой проекта, поскольку руководству пришлось решать, считать запуск нашего нового продукта наиболее приоритетным для компании или нет.

Последней крупной проблемой при запуске нашего продукта стало создание системы непрерывной поставки. В среднем даже маленькая модификация, например изменение HTML, занимала около недели. Процесс развертывания, неплохо себя показавший для C++-игры с сотнями тысяч платных пользователей, не работал в случае современного веб-приложения. Для старой же игры обычного центра обработки данных уже было недостаточно. Она сильно отличалась от оптимального для облачной веб-игры варианта.

Облачные вычисления сразу вскрывают недостаток автоматизации. Сама природа облачных вычислений требует более высокого уровня навыков DevOps и автоматизации. Если для масштабирования (в обе стороны) серверов требуется вмешательство человека, адаптивностью и не пахнет. Непрерывная поставка означает, что программное обеспечение работает непрерывно и поставляется в среды, в которых в качестве последнего шага его можно быстро развернуть. Менеджер по выпуску версий, отвечающий за длящийся неделю процесс развертывания, включающий множество выполняемых вручную этапов, — нечто прямо противоположное DevOps.

Сценарии Python, запуск которых требует 60 секунд

Работа в одной из крупнейших кинокомпаний мира с мощнейшими в мире суперкомпьютерами — прекрасный способ посмотреть на происходящее в больших масштабах. Одна из самых острых проблем программного обеспечения с открытым исходным кодом — то, что его сборка возможна на ноутбуке в отрыве от нужд крупной компании. Разработчик при этом пытается решить конкретную задачу. С одной стороны, его решение изящно, с другой же — приводит к возникновению проблемы.

Одна из таких проблем Python и проявилась в этой кинокомпании, поскольку им приходилось обрабатывать петабайты данных на централизованном файловом сервере. Сценарии Python были своего рода валютой этой компании и работали практически повсюду. К сожалению, запуск их занимал около 60 секунд. Для решения этой проблемы мы собрались небольшой командой и воспользовались одной из наших любимых утилит, `strace`:

```
root@f1bfc615a58e:/app# strace -c -e stat64,open python -c 'import click'
% time seconds usecs/call calls errors syscall
------ ----------- ----------- --------- --------- ----------------
0.00 0.000000 0 97 4 open
------ ----------- ----------- --------- --------- ----------------
100.00 0.000000 97 4 total
```

Python 2 выполняет поиск модулей за время порядка O(nlogn) (сверхлинейное время). Время, требующееся для запуска сценария, растет как минимум линейно по мере роста количества каталогов в пути. Подобное снижение быстродействия превратилось в нашей кинокомпании в настоящую проблему, поскольку во многих случаях означало необходимость выполнять более сотни тысяч обращений к файловой системе для запуска сценария. А такой процесс не только медленный, но и отрицательно сказывается на производительности файлового сервера. В конце концов это начало приводить к сбоям в работе файлового сервера стоимостью многие миллионы долларов.

Решение состояло в сочетании анализа ситуации с помощью `strace`, то есть использовании подходящего инструмента, с внесением изменений в работу Python, чтобы он перестал выполнять поиск импортируемых модулей на основе путей. В последующих версиях Python эта проблема была решена благодаря кэшированию операций поиска, но изучение утилит, с помощью которых можно детально проанализировать быстродействие системы, никогда лишним не бывает. И последний штрих — в процессе непрерывной интеграции всегда следует выполнять профилирование, чтобы отловить подобные проблемы с производительностью.

Вспоминаются еще две проблемные ситуации на нашей киностудии, связанные с неудачными решениями в сфере UX в сочетании с плохой архитектурой. Однажды к инженерам пришел художник-мультипликатор и попросил совета относительно проблемы с базой данных Filemaker Pro. База данных Filemaker Pro, в которой отслеживались кадры в отделе анимации, постоянно удалялась. Когда мне показали эту базу данных, я увидел пользовательский интерфейс с двумя рядом расположенными кнопками. Одна — среднего размера зеленая кнопка с надписью Save Entry («Сохранить запись»), а вторая — большая красная кнопка, название которой гласило: Delete Database («Удалить базу данных»).

В другой компании мы обратили внимание на поступление с одного IP-адреса колоссального количества запросов к находящейся в промышленной эксплуатации базе данных MySQL. Когда мы нашли соответствующих разработчиков, то столкнулись с некоторым нежеланием говорить с нами. Мы спросили, не делает ли их отдел что-то необычное, на что получили ответ о наличии у них GUI PyQt, запускающего задачи автоматизации. Когда мы взглянули на этот GUI, то увидели несколько кнопок обычного размера и большую кнопку с надписью GO («Вперед!»). Мы спросили, что делает эта кнопка, и разработчик смущенно сказал: «Все знают, что на эту кнопку нажимать не надо». Я открыл SSH-соединение с базой данных и вывел список основных запросов MySQL-сервера. Затем, несмотря на протесты разработчика, нажал на эту кнопку. И ясное дело, база данных в течение нескольких минут использовала 100 % ресурсов CPU.

Решаем горящие проблемы с помощью кэша и интеллектуальной телеметрии

В компании Social Sports, где я занимал должность технического директора, мы столкнулись с серьезными проблемами с быстродействием реляционной базы данных. Мы вплотную приблизились к пределам вертикального масштабирования. У нас работала самая большая версия SQL Server, которую только предлагает Amazon RDS (сервис управляемых реляционных баз данных Amazon). Ситуацию ухудшала невозможность легко перейти на горизонтальное масштабирование, поскольку на тот момент SQL Server не позволял интегрировать предназначенные только для чтения подчиненные узлы в RDS.

Существует много способов выйти из подобной ситуации. Один из вариантов связан с перезаписью ключевых запросов, но количество трафика было так велико, а инженеров так мало, что нам пришлось импровизировать. Один из наших DevOps-центричных инженеров придумал, как решить проблему.

- Он добавил телеметрию посредством APM, отслеживавшего длительность вызовов SQL и ставившего их в соответствие маршрутам.

- Добавил Nginx в качестве средства кэширования для маршрутов, предназначенных только для чтения.
- Провел нагрузочное тестирование этого решения в отдельной среде предэксплуатационного тестирования.

Этот инженер буквально спас нас, причем реализация решения потребовала от него минимальных модификаций приложения. Это привело к резкому росту быстродействия и позволило в конце концов масштабировать систему до миллионов пользователей в месяц и стать одним из крупнейших спортивных веб-сайтов в мире. Принципы DevOps важны не только теоретически, они могут буквально спасти тонущих в море глобальной технической задолженности.

Доавтоматизироваться до увольнения

Когда мне было чуть больше 20 лет, я попал на работу в одну из крупнейших кинокомпаний мира и с радостью предвкушал возможность использовать сочетание своих навыков в областях видео, кино, программирования и IT. Кроме того, это была работа, защищенная профсоюзом, с чем ранее мне не приходилось сталкиваться в сфере технологий. У такой работы есть свои преимущества в виде замечательных бонусов и высокой зарплаты, но позднее я обнаружил, что есть и некоторые недостатки, касающиеся автоматизации.

Проработав там несколько месяцев, я осознал, что одна из моих задач была довольно глупой. Я ходил по киностудии по субботам (за что получал сверхурочные), вставлял компакт-диск в сверхсовременные системы монтажа и «производил техобслуживание». В целом замысел был неплох: выполнять еженедельные профилактические работы для минимизации простоя этих дорогостоящих машин в течение рабочей недели. Однако реализация была неудачной. Зачем что-то делать вручную, если это можно автоматизировать? В конце концов, это же компьютеры.

После второй субботы, проведенной за «техобслуживанием», я сочинил секретный план по автоматизации своей работы. Но из-за профсоюза мне нужно было соблюдать осторожность и держать замыслы в секрете до тех пор, пока я не буду уверен, что все работает. Если бы я попросил разрешения, то мог бы сразу забыть про это. Сначала я описал последовательность шагов, необходимых для автоматизации этих задач.

1. Подключение машин под управлением OS X к LDAP-серверам компании. Благодаря этому я получил возможность монтировать домашние каталоги NFS.

2. Перестройка программного обеспечение монтажа, чтобы сделать возможным доступ к нему нескольких пользователей. Для этого я применил к нескольким спискам групповые права доступа, и теперь различные пользователи могли работать на одной машине.
3. Создание образа программного обеспечения в состоянии, которое я хочу установить.
4. Написать сценарий для NetBoot, то есть загрузки машины с сетевой операционной системы, а затем пересоздать образы машин.

После этого я мог подойти к любой машине, перезагрузить ее и удерживать клавишу N для пересборки образа программного обеспечения (с сохранением пользовательских данных, поскольку они находились в сети). Полная повторная инсталляция всей машины занимала от 3,5 до 5 минут благодаря быстрой системе и копированию на уровне блоков.

При первом тестовом запуске мне удалось выполнить «техобслуживание» за 30 минут. Единственное узкое место заключалось в том, что приходилось идти к компьютерам и перезагружать их, удерживая клавишу N. Кроме того, я рассказал редакторам-монтажерам, чтобы они сначала пытались восстановить работу машины с помощью перезагрузки с удержанием клавиши N, и тем самым резко сократил число звонков в техподдержку. Упс, моя работа, как и работа всего отдела, неожиданно сильно упростилась. Но такая автоматизация для профсоюза совсем не желательна.

Скоро один из старших профсоюзных деятелей позвал меня на неожиданное совещание с моим начальником. Он был отнюдь не рад тому, что я сделал. В конце совещания он буквально кричал, указывая на меня пальцем: «Ты доиграешься со своими сценариями до увольнения, парень!» Начальник моего начальника также был недоволен. Он месяцами добивался у руководства создания команды техобслуживания, а в итоге я написал сценарий, который устранил необходимость в большей части работы нашего отдела. И он тоже на меня орал.

Известие о новом процессе автоматизации начало распространяться, и он всем понравился, включая кинозвезд и редакторов-монтажеров. Меня из-за этого не уволили. Позднее распространились слухи о том, что я делаю, и я таки доигрался до увольнения. Но меня приняли в Sony Imageworks, причем сущность моей работы заключалась именно в том, за что меня ранее чуть не уволили. И это тоже была очень интересная работа. Во время обеденного перерыва я нередко играл в баскетбол с Адамом Сэндлером и съемочной группой его фильмов. Так что да, можно доиграться со сценариями до увольнения, но в результате попасть на лучшую работу!

Антипаттерны DevOps

Взглянем на четкие примеры того, что делать не следует. Намного проще учиться на ошибках, чем на положительных примерах. В этом разделе мы обсудим несколько жутких историй и антипаттернов, которых следует избегать.

Антипаттерн: отсутствие автоматизированного сервера сборки

Меня никогда не перестает удивлять, как много проблемных проектов и компаний не использовали сервер сборки. Это, вероятно, самый тревожный звоночек для компании, занимающейся разработкой программного обеспечения. Если ваше программное обеспечение не проходит через сервер сборки, наверняка и другие виды автоматизации присутствуют в минимальном количестве. Эта проблема подобна канарейке в шахте. Серверы сборки — краеугольный камень надежной поставки программного обеспечения. Обычно в критических ситуациях я прежде всего настраиваю сервер сборки. Достаточно пропустить код через pylint, и дела сразу пойдут на лад.

В чем-то родственная проблема — «почти работающий» сервер сборки. Поразительно, сколько организаций поступает так же, как и с DevOps, и говорят: «Это не моя задача... на это есть инженер по сборке». Подобное снисходительное отношение, как и «это не моя задача... это задача DevOps» — настоящая проказа для организации. Если вы работаете в компании, занимающейся разработкой программного обеспечения, то любая задача автоматизации — ваша. Нет более важной и благородной задачи, чем автоматизация. Говорить, что автоматизация не ваша задача, смехотворно. Позор всякому, кто так говорит.

Работать вслепую

Производите ли вы журналирование работы своего кода? Если нет, то почему? Могли бы вы водить свой автомобиль без фар? Еще одна легко решаемая проблема — наблюдаемость приложения. При промышленной эксплуатации программного обеспечения журналирования иногда бывает слишком много, но в проблемных проектах его чаще всего вообще нет! Критически важно журналировать распределенные системы. Неважно, насколько опытны разработчики, насколько проста задача, насколько хороша команда специалистов по эксплуатации, журналирование все равно необходимо. Если не обеспечить журналирование приложения, проект — заведомо мертворожденный.

Сложности координации как постоянная проблема

Одна из сложностей работы в команде DevOps — различия в статусе между основателем/техническим директором, основателем/генеральным директором и прочими членами группы. Это приводит к постоянным сложностям координации при реализации более надежной инфраструктуры, улучшенной телеметрии, резервного копирования, тестирования и QA, а в конце концов, и разрешения всех текущих проблем со стабильностью работы приложения.

Еще один типичный организационный фактор, мешающий интеграции и координации, — различия в статусе групп, поскольку более статусные группы, вероятно, не оценят по достоинству вклад менее статусных в решение задачи. Например, Метиу (Metiu) показала, как в процессе создания программного обеспечения высокостатусные программисты отказываются читать заметки и комментарии к документам, написанные менее статусными программистами в ходе работы. А поскольку для отчетности необходимо признание обоюдной ответственности, мешающие подобному признанию различия в статусе ограничивают формирование круга обязанностей[1].

При существовании значительных различий в статусе члены групп могут не доверять друг другу. При взаимозависимых обязанностях лица с более низким статусом в подобных ситуациях задают меньше вопросов и высказывают меньше замечаний и предложений из страха вызвать раздражение и нарваться на неприятности. Это приводит к менее свободному обмену информацией и ухудшению взаимопонимания внутри группы.

В сфере организационного поведения существует понятие «замыкание» (closure). Замыкание — это действия по монополизации материальных ценностей или возможностей на основе статуса. Согласно Метиу, типичная группа высокостатусных разработчиков ПО осуществляет замыкание посредством:

- отсутствия взаимодействия;
- географической удаленности или, наоборот, близости (в случае офиса);
- отказа от использования проделанной работы;
- критики;
- передачи ответственности за код.

По моему опыту наблюдения взаимодействий внутри компаний, высшие руководители нередко осуществляют замыкание в проектах, в которых участвуют

[1] *Metiu A.* Owning the Code: Status Closure in Distributed Groups, Organization Science. — 2006. — Jul-Aug.

вместе с прочими сотрудниками. Например, технический директор, попросивший DevOps-инженера поработать над созданием телеметрии, позднее может отказаться использовать результаты этой работы. Подобное поведение — типичнейшее замыкание, согласно исследованиям, проведенным Метиу в командах разработчиков ПО[1].

Подобное поведение — одна из главных преград на пути решения проблем, имеющихся в большинстве инженерных групп в различных организациях. Когда «владельцем» компонента является высокостатусное лицо, обычно он не работает, пока несколько членов команды с более низким статусом не присоединятся к работам и не возьмут на себя часть ответственности. В числе подобных проектов — UI, журналирование, миграция центров обработки данных, инфраструктура и многое, многое другое. По общему признанию, это непростая проблема и далеко не единственный фактор, но, безусловно, фактор, причем довольно весомый, хотя и неизвестно, насколько весомый.

Если руководство организации считает себя лучше всех остальных, по-настоящему применить принципы DevOps вам не удастся. Вместо них вы будете реализовывать принципы HIPO (Highest paid person's opinion — «решающим является голос наиболее высокооплачиваемого сотрудника»). И если DevOps порой буквально спасают жизни, HIPO могут разрушать все на своем пути.

Отсутствие командной работы

При изучении боевых искусств учеников повсеместно заставляют мыть полы. Причины этого вполне очевидны: в качестве демонстрации уважения к мастеру и для обучения учеников самодисциплине. Однако есть и менее очевидные причины.

Все сводится к задаче из области теории игр. Заражение стафилококком из-за плохо помытого пола может привести к серьезным проблемам со здоровьем. Если вам предложили помыть пол в спортзале, отнеситесь к этому очень серьезно. Окружающие увидят, насколько хорошо вы этот пол помыли, и если вы это сделаете качественно, то и они затем будут делать так же. Если же вы отнесетесь к задаче как к недостойной вас и помоете пол спустя рукава, то возникнут две проблемы. Во-первых, вы плохо помыли пол, из-за чего занимающиеся в спортзале могут заболеть. Во-вторых, вы заразили остальных занимающихся наплевательским отношением и они тоже будут мыть пол спустя рукава. Так что у ваших действий будут непосредственные и более отдаленные последствия.

Таким образом, плохо вымыв пол, вы как будто выигрываете, но на самом деле проигрываете, поскольку поощряете потенциально опасную для жизни

[1] Там же.

антисанитарию. Какова мораль этой истории? Если вы регулярно тренируетесь в спортзале и вас попросили помыть пол, сделайте это на все 100 % и с улыбкой на лице. От этого можете зависеть ваша жизнь.

Рассмотрим аналогичную ситуацию в компании, занимающейся разработкой ПО. Тому же профилю удовлетворяют многие критически важные задачи: добавление в проект журналирования, непрерывное развертывание проекта, нагрузочное тестирование проекта, линтинг кода или его анализ. Если отнестись к ним без должного внимания или не довести эти задачи до конца, компания может подхватить опасную для жизни инфекцию наподобие стафилококка. Важны как подход, так и завершенность. Какой же посыл вы направляете своим сослуживцам?

Комплексное обсуждение вопросов командной работы с научной точки зрения вы можете найти в замечательной книге Ларсона и Лафасто[1]. Они выделяют восемь характеристик, определяющих формирование эффективно работающей команды.

- Четкие расширяющиеся цели.
- Структура команды, ориентированная на результат.
- Квалифицированные члены команды.
- Общие цели.
- Дух сотрудничества.
- Стандарты совершенства.
- Внешняя поддержка и признание.
- Руководство с твердыми принципами.

Взглянем на то, как реализуются (или не реализуются) эти характеристики в организациях.

Четкие расширяющиеся цели

Если у вашей организации нет четких расширяющихся целей, вы влипли — и точка! Как инженеру, мне импонирует цель создания превосходного, надежно работающего программного обеспечения. В проблемных компаниях, впрочем, мне приходилось слышать о множестве различных целей: поймать журавля в небе, «унизить Amazon» переводом компании в центр обработки данных, продать компанию компании X или Y.

---

[1] *Larson C. E., LaFasto F. M. J.* Sage series in interpersonal communication. Vol. 10. Teamwork: What must go right/what can go wrong. — Thousand Oaks, CA, US: Sage Publications, Inc., 1989.

Структура команды, ориентированная на результат

Ориентирована ли работа вашей организации исключительно на результат? Многие инструменты и процессы в компаниях вызывают вопросы, если их нельзя напрямую соотнести с результатами: Skype, электронная почта, чрезвычайно долгие совещания, сверхурочная работа. В конце концов, все это само по себе никакой пользы компании не приносит. Бóльшая ориентированность на результаты вместо обсуждения на совещании или быстрого ответа по Skype либо по электронной почте могла бы стать переломной для компании. А как насчет «бутафорского Agile»? Существует ли в вашей организации карго-культ Agile? Дает ли он какой-то результат, кроме траты времени разработчиков на обсуждение на совещаниях графиков выполнения работ, относительных единиц сложности и множества прочих модных понятий?

Квалифицированные члены команды

Совершенно очевидно, что для успешной работы компании необходимы квалифицированные сотрудники. Причем под квалификацией понимается не окончание элитной школы, а способность и желание работать в составе команды.

Общие цели

Есть ли у вас в команде меркантильные сотрудники, пекущиеся только о своих интересах? Отправляют ли они в последнюю минуту непротестированные изменения в базу данных и уходят домой, потому что уже 16:35? Главное — успеть на автобус, а находящаяся в эксплуатации система может гореть синим пламенем. Подобное поведение подобно проказе, разъедающей команду быстрее, чем что бы то ни было еще. В высокоэффективной команде меркантильные сотрудники недопустимы, они ее погубят.

Дух сотрудничества

Определен ли допустимый уровень конфликта задач? Все всегда соглашаться со всеми не могут, иначе найти ошибки в системе не удастся. В то же время нельзя допускать, чтобы сотрудники кричали друг на друга. Необходима комфортная среда, где люди уважают друг друга, открыты и готовы к критике. При перекосе в любую сторону компания обречена. Достичь такого баланса на словах несложно, на деле же это весьма непросто.

Еще один пример — процесс найма новых сотрудников. Многие компании жалуются, что трудно нанять специалистов, особенно разноплановых, да и вообще

найти хороших кандидатов. Настоящая же причина — в «кривизне» их процесса приема на работу.

1. Прежде всего, они *льстят* кандидатам на вакансию.
2. Далее, они *тратят впустую* время кандидатов на индивидуальные тестовые задания, не имеющие никакого отношения к работе.
3. Затем они *морочат* кандидатам голову серией собеседований, ценность которых для предсказания качества кандидата близка к нулю.
4. Затем они *игнорируют* кандидата, лишая его какой-либо обратной связи.
5. Они *лгут*, утверждая, что безуспешно пытаются нанять хоть кого-то, хотя на самом деле их процесс приема на работу изначально ущербен.
6. И наконец, *вопят* в соцсетях о том, как сложно нанять разнообразных, да и вообще хоть каких-то сотрудников.

На самом деле вы не можете нанять нужных сотрудников из-за *«кривизны»* процесса приема на работу! Относитесь к людям с уважением, и вас тоже будут уважать, что выразится в возможности нанять множество замечательных сотрудников, игнорируемых при нынешней практике найма, нацеленной не на то, на что нужно.

Стандарты совершенства

Этот этап представляет собой сложную задачу для организаций. Большинство специалистов в сфере IT трудятся с полной отдачей, но все равно могли бы повысить свои стандарты совершенства и мастерства. Перефразируя, необходима бóльшая самодисциплина. Необходимы более высокие стандарты написания программного обеспечения, тестирования и развертывания. И более строгие требования к изучению документации по новым технологиям перед их развертыванием.

Один из примеров — жизненный цикл программного обеспечения. На каждом его этапе необходимы более высокие стандарты. Напишите технический обзор и создайте схему, прежде чем приступить к разработке. Никогда не выпускайте в эксплуатацию код, не прошедший должный жизненный цикл DevOps.

На языке инфраструктуры это означает необходимость следовать рекомендуемым практикам на многих этапах, идет ли речь о конфигурации zookeeper, конфигурации хранилища EC2, Mongo или бессерверной обработке данных. Необходимо пересмотреть все компоненты в стеке технологий и убедиться в их соответствии рекомендуемым практикам. Во многих случаях в документации говорится, как следует настраивать какой-либо элемент, но ее никто не читает!

Можно смело считать, что более половины технологических стеков во многих компаниях до сих пор не настроены должным образом, несмотря на значительные технологические изменения к лучшему.

Обратите внимание на то, что я четко разделяю работу долгими часами по вечерам и в выходные и высокую дисциплину труда и следование стандартам совершенства. В сфере разработки программного обеспечения отработано намного больше вечеров и выходных и наблюдается намного меньше дисциплины, чем следует. Недооценивать важность стандартов и контроля и просто требовать от разработчиков работать дольше и упорнее — грубая ошибка.

Наконец, многим компаниям не помешает повысить требования к сбору количественных данных при выборе стратегических целей. Отсутствие количественного анализа «миграции в новый центр обработки данных» или «поимки журавля в небе» говорит о недостатке дисциплины у руководства. Одного своего мнения, зачастую преподносимого кем-то из руководства как факт, недостаточно, если оно не подкреплено данными. Руководству нужны высокие стандарты. Всем в компании заметно, когда решения принимаются на основе данных, а не мнений, иерархии, пробивной силы или желания получить комиссионное вознаграждение.

Внешняя поддержка и признание

В плане привлечения и признания независимых DevOps-специалистов всегда существовало немало проблем. Очевидный пример — дежурства. В технической сфере многое поменялось к лучшему, но даже сегодня никто не ценит по достоинству то, как тяжело работают многие занятые на дежурствах инженеры.

Во многих организациях никакого особого вознаграждения за тяжелую работу, например за добровольное дежурство, не полагается. Даже наоборот, сокращение количества рабочих часов может скорее привести к повышению, поскольку подразумевает, что вы достаточно изобретательны, чтобы увильнуть от черной работы. Один из сотрудников, с которым я работал, сказал дословно, что согласие на дежурство — признак глупости. Работая инженером, он отказывался дежурить и в итоге получил повышение. Непросто просить сотрудников о дополнительной работе, когда приверженность общим целям и принципиальность начальства — на уровне ниже среднего.

Еще один пример отсутствия поддержки извне — когда один отдел перекидывает сложные задачи на другой. Обычно при этом говорят что-то вроде: «Это задача DevOps, а не наша». Мне случалось видеть, как инженерная команда отдела продаж настраивала множество сред: среду центра обработки данных, среду Rackspace, среду AWS. Они постоянно заставляли дежурить людей, которые

вовсе не настраивали эти среды. Когда инженер отдела продаж сталкивался с проблемой, то говорил, что он работает в отделе продаж и это не его работа. У инженерной команды не было доступа к настроенной им среде, они были неподходящими людьми, которых заставили дежурить. Основная мысль тут: не надо быть простофилей и тратить жизнь на дежурства. Умный сделает все, чтобы избавиться от этих обязанностей и переложить их на простаков с более низким статусом.

Еще с одним примером отсутствия поддержки извне я столкнулся, когда работал в компании, где случайно были удалены данные о пользователях. Инженер отдела продаж изначально неправильно настроил машину и не выделил достаточно места для хранения данных с учетом выбранной длительности хранения информации о пользователях. Однако ответственность за непрерывную чистку данных возложили на «простофиль» — DevOps.

Сопровождение этой машины требовало выполнения несколько раз в день, а иногда и ночью потенциально небезопасных команд Unix. Неудивительно, что в конце концов один из членов команды DevOps допустил ошибку в одной из команд и удалил данные пользователей. Инженер отдела продаж разозлился и отказался сообщать об этом пользователю, вместо этого он попытался заставить инженера DevOps позвонить пострадавшему и взять всю вину на себя. Слабая поддержка извне — проблема для многих компаний, равно как и то, что руководство допускает неконструктивное поведение отдельных людей. Такое поведение подает четкий сигнал, что руководство не прикладывает достаточных усилий при решении сложных проблем наподобие инфантильного или беспринципного поведения, а перекладывает их на плечи DevOps.

Руководство с твердыми принципами

В компаниях, где я работал, мне встретилось немало примеров как твердых принципов у руководства, так и отсутствия таковых. Ларсон и Лафасто отмечают, что прогрессивно мыслящий лидер «достигает доверия путем задания ориентиров — конечно, если его собственное поведение воплощает соответствующие идеалы и стратегические цели». Например, во время кризиса технический директор дежурил месяцами из солидарности с прочими сотрудниками — ситуация, служащая примером того, что не следует никого просить делать то, что ты не стал бы делать сам. Ответственность проявляется в личных жертвах и неудобствах.

Еще один пример твердых принципов у руководства встретился мне у руководителя проекта и команды разработки клиентской части. Она потребовала, чтобы команда разработки клиентской части применяла систему отслеживания ошибок, и сама подала пример, активно работая с очередью заявок и прореживая ее. В результате инженеры UX также освоили эти навыки и поняли, насколько они

важны для планирования. Она могла просто сказать: «Используйте систему», но вместо этого подала пример, что привело к вполне осязаемым (количественно) достижениям в виде существенного ускорения обработки заявок об ошибках, внимательно отслеживаемого руководителем проекта.

В то же время руководство стартапов нередко внедряет недобросовестные практики. Некоторые часто пишут сообщения электронной почты о том, что сотрудникам неплохо бы задержаться на работе, а сами уходят домой в 16:00. Команда подхватила это поведение, и определенные отзвуки его сохранились надолго. Перефразируя, можно назвать это неискренним руководством.

Я встречал ситуации, когда команду DevOps буквально изводили, нанося ей немалый ущерб, говоря, что они работают недостаточно усердно или недостаточно компетентны. Особенно вредны подобные упреки, если звучат из уст тех, кто сам часто уходит домой раньше и отказывается выполнять сложные инженерные задачи. Притеснения и сами по себе неприятны, но терпеть их от настоящего бездельника, который по должности может терроризировать людей, просто невыносимо.

Ларсон и Лафасто также отмечают, что вряд ли протянет долго команда со слабыми успехами в следующих трех категориях.

- Четкие расширяющиеся цели.
- Квалифицированные члены команды.
- Стандарты совершенства.

Интервью

Гленн Соломон

Какими жемчужинами мудрости вы могли бы поделиться с сообществом Python и DevOps?

— Все компании рано или поздно начинают заниматься разработкой программного обеспечения. В этом процессе все постепенно сведется к четырем-пяти компаниям. Важнейший аспект этой эволюции — DevOps. Важны также темпы изменений. В результате появятся новые, отличные от существующих профессии.

Личный веб-сайт: https://goinglongblog.com.

Веб-сайт компании: https://www.ggvc.com.

Контактные данные: https://www.linkedin.com/in/glennsolomon.

Эндрю Нгуен

Где вы работаете и чем занимаетесь?

— Я руководитель программы медицинской информатики в Университете Сан-Франциско. Сфера моих научных интересов включает приложение машинного/глубокого обучения к медицинским данным с упором на неструктурированные данные, в том числе обработку текста с помощью NLP, а также данных с датчиков с помощью обработки и анализа сигналов. Оба эти метода извлекают немалую выгоду из новейших разработок в сфере глубокого обучения. Кроме того, я основатель и технический директор компании qlaro, Inc. — стартапа в сфере цифрового здравоохранения, занимающегося поддержкой онкологических больных на всех этапах от постановки диагноза до выздоровления. Мы помогаем пациентам определить очередность последующих действий с учетом приоритетов, а также понять, какие вопросы следует задать их врачам и медицинской бригаде.

Какое облако вы предпочитаете и почему?

— Хотя начал я исследовать облачные сервисы (в основном с точки зрения IaaS) с AWS, сейчас я в основном использую в работе GCP. Я перешел на GCP довольно быстро исключительно из финансовых соображений при развертывании совместимого с HIPAA решения. С тех пор я применял GCP из соображений удобства как наиболее привычную мне платформу. Впрочем, при возможности я решал свои задачи с помощью платформонезависимых утилит, чтобы минимизировать последствия при возможном переходе обратно.

С точки зрения машинного обучения мне все равно, я с радостью использую как AWS, так и GCP в зависимости от конкретного проекта машинного обучения. Тем не менее для следующего проекта (связанного со сбором, хранением и обработкой большого объема данных) я планирую воспользоваться GCP, исходя из простоты разработки и выполнения заданий Apache Beam на различных исполнителях, включая Google Dataflow.

Когда вы начали работать с Python?

— Я начал использовать Python как язык разработки веб-приложений около 15 лет назад, когда был только-только выпущен Django. После этого я применял его как универсальный язык написания сценариев, а также язык для науки о данных.

Что вам особенно нравится в Python?

— В Python мне особенно нравятся доступность на всех платформах, интерпретируемость и объектная ориентированность. Он может работать практически на любой операционной системе и предоставляет все возможности ООП при простоте интерпретируемого языка написания сценариев.

Что вам особенно не нравится в Python?

— Отступы. Я прекрасно понимаю, почему Python использует отступы подобным образом. Однако пытаться определить область видимости функции, которая не помещается целиком на экран, весьма утомительно.

Как будет выглядеть индустрия разработки программного обеспечения через десять лет?

— Полагаю, все больше людей будут разрабатывать программное обеспечение без написания какого-либо кода. Подобно тому как благодаря Word и Google Docs легко форматировать документы без обработки текста вручную, думаю, можно будет писать небольшие функции или использовать GUI для простой бизнес-логики. В определенном смысле по мере распространения таких утилит, как AWS Lambda и Google Cloud Functions, будет встречаться все больше готовых функций, для эффективного применения которых не требуется академическое образование в сфере вычислительной техники.

Какие технологии излишни?

— Я бы сократил число компаний, предоставляющих MLaaS (machine learning as a service, машинное обучение как сервис), то есть компаний, сосредоточенных исключительно на алгоритмах машинного обучения. Аналогично тому как почти нет компаний, предоставляющих сервисы обработки текстов, утилиты и платформы наподобие AutoML и Sagemaker упрощают ML в достаточной степени для того, чтобы большинство компаний могло реализовывать его у себя. И хотя с помощью подобных утилит решить все задачи машинного обучения нельзя, но 80–90 % из них — вполне возможно. Так что, хотя компании, создающие новые подходы ML или предоставляющие ML как сервис, останутся, нас ожидает очень сильное сосредоточение их в руках основных поставщиков облачных сервисов вместо наблюдаемого сейчас бесконечного потока компаний, занимающихся машинным обучением.

Каким, с вашей точки зрения, важнейшим навыком имеет смысл овладеть тем, кто интересуется DevOps на Python?

— Изучайте идеи, а не конкретные утилиты и инструментарий. Новые парадигмы появляются и уходят в небытие; и для каждой из них появляются десятки конкурирующих утилит и библиотек. Если вы изучаете только конкретную утилиту или библиотеку, то быстро отстанете от прогресса, когда появится и начнет брать верх новая парадигма.

Каков, с вашей точки зрения, важнейший навык, которому имеет смысл научиться?

— Научитесь учиться. Разберитесь, как вы изучаете что-либо сейчас и как ускорить этот процесс. Как и в случае закона Мура, описывающего удвоение

скоростей процессоров с каждым поколением, сегодня наблюдается ускоренное появление утилит DevOps. Некоторые основываются на уже существующих подходах, а другие пытаются вытеснить их. В любом случае нужно уметь учиться, чтобы вы могли быстро и эффективно изучить любую из растущего числа существующих утилит, а затем быстро решить, стоит ли ее приобретать.

Расскажите нашим читателям что-нибудь интересное о себе.

— Мне нравятся длительные прогулки пешком, пеший туризм, и вообще я люблю бывать на свежем воздухе. В свободное время я работаю волонтером в поисково-спасательном отряде местного шерифа. Обычно мы занимаемся поиском потерявшихся в лесу людей, но действуем и во время стихийных бедствий наподобие лесного пожара в Парадайз, штат Калифорния.

Габриэлла Роман

Как вас зовут и чем вы сейчас занимаетесь?

— Привет! Меня зовут Габриэлла Роман, сейчас я студентка-бакалавр, изучающая вычислительную технику в Бостонском университете.

Где вы работаете и чем занимаетесь на работе?

— Я — стажер компании Red Hat, Inc., в которой я работаю в команде Ceph. В основном я работаю с Python-утилитой ceph-medic, служащей для поиска проблем кластеров Ceph либо исправлением ошибок в старых проверках, либо разрешением проблем с помощью новых. Я также тружусь вместе с командой DocUBetter над обновлением документации Ceph.

Какое облако вы предпочитаете и почему?

— Мне приходилось использовать только Google Cloud Storage, но сложно сформулировать, почему я предпочитаю именно его. Просто я его однажды попробовала и, не найдя в нем особых недостатков, оставалась ему верна на протяжении последних десяти лет. Мне нравится его простой интерфейс, а поскольку я не привыкла хранить много цифрового хлама, ограничение в 15 Гбайт меня особо не беспокоит.

Когда вы начали работать с Python?

— Я научилась Python на вводном курсе по вычислительной технике во втором семестре второго курса.

Что вам особенно нравится в Python?

— Удобочитаемость. Синтаксис Python — один из самых простых среди языков программирования, благодаря чему он идеален для начинающих.

Что вам особенно не нравится в Python?

— У меня пока что недостаточно опыта работы с другими языками программирования, чтобы было с чем сравнивать.

Как будет выглядеть индустрия разработки программного обеспечения через десять лет?

— Предсказать будущее практически невозможно, особенно в такой постоянно меняющейся сфере. Все, что я могу сказать: надеюсь, сфера разработки программного обеспечения будет и дальше развиваться в положительную сторону, а это ПО не будет использоваться для недостойных целей.

Каким, с вашей точки зрения, важнейшим навыком имеет смысл овладеть изучающим Python?

— Выработка хорошего стиля программирования, особенно в ходе работы в команде, помогает избежать множества ненужных проблем. Мне, как новичку в Python, особенно приятно читать хорошо структурированный и документированный код.

Каков, с вашей точки зрения, важнейший навык, которому имеет смысл научиться?

— Не совсем навык, а скорее настрой: будьте готовы изучать новое! Мы постоянно что-то учим, даже когда менее всего этого ожидаем, так что мыслите открыто и позволяйте другим людям делиться с вами знаниями!

Расскажите нашим читателям что-нибудь интересное о себе.

— Я очень люблю играть в компьютерные игры! В числе моих любимых The Last of Us, Hollow Knight и League of Legends.

Веб-сайт: https://www.linkedin.com/in/gabriellasroman.

Ригоберто Рош

Где вы работаете и чем занимаетесь?

— Я работаю ведущим инженером группы машинного обучения и интеллектуальных алгоритмов Исследовательского центра NASA им. Джона Гленна. Мои функции состоят в разработке алгоритмов принятия решений, контролирующих все аспекты связи и навигации в космосе.

Какое облако вы предпочитаете и почему?

— Amazon Web Services, поскольку с ним у меня больше всего опыта работы — оно используется в моих рабочих процессах.

Когда вы начали работать с Python?

— В 2014 году.

Что вам особенно нравится в Python?

— Удобочитаемый код и быстрота разработки.

Что вам особенно не нравится в Python?

— Отступы.

Как будет выглядеть индустрия разработки программного обеспечения через десять лет?

— Сложно сказать. Похоже, сейчас наблюдается бум облачных вычислений и децентрализованного программирования, в результате которого разработчики постепенно переходят на контрактную работу во всем. Но это сдельная экономика, а не сфера крупного бизнеса. Основной переменой станет использование автоматических средств написания кода для отделения творчества в сфере разработки от задач изучения синтаксиса. Что в, свою очередь, откроет путь для разработки более творческими разработчиками различных новых систем и прочих инноваций.

Какие технологии излишни?

— Uber и Lyft. И вообще все, где присутствует ручной труд, потенциально допускающий автоматизацию с помощью узкоспециализированного ИИ: вождение автомобилей, складское дело, вспомогательные юридические задачи. Задачи, решаемые с помощью глубокого обучения.

Каким, с вашей точки зрения, важнейшим навыком имеет смысл овладеть тем, кто интересуется DevOps на Python?

— Способность к быстрому обучению, оцениваемая по принципу «Можете ли вы составить конкуренцию другим разработчикам за месяц или менее?». А также способность понимать и развивать основные принципы, подобно ученым-физикам, делая самостоятельно реальную работу и понимая не только теорию.

Каков, с вашей точки зрения, важнейший навык, которому имеет смысл научиться?

— Метод локусов (чертоги разума), метод помидора, а также интервальные повторения для лучшего усвоения материала.

Расскажите нашим читателям что-нибудь интересное о себе.

— Я люблю системы боевой подготовки наподобие джиу-джитсу в стиле Риксона Грейси или моссадовской крав-маги (боевой, не спортивный вариант). Мое страстное желание — создать по-настоящему мыслящую машину.

Личный веб-сайт: просто наберите в поиске Google мое имя.

Личный блог: у меня его нет.

Веб-сайт компании: www.nasa.gov (https://www.nasa.gov).

Контактные данные: rigo.j.roche@gmail.com.

Джонатан Лакур

Где вы работаете и чем занимаетесь?

— Я технический директор Mission — компании, оказывающей консультационные услуги в сфере облачных вычислений, а также поставляющей управляемые сервисы с упором на AWS. В Mission я отвечаю за постановку задач и создание предлагаемых сервисов, а также руковожу командой, занимающейся нашей платформой, основная задача которой состоит в достижении эффективности и качества работы с помощью автоматизации.

Какое облако вы предпочитаете и почему?

— Я всегда был тесно связан с общедоступными облаками и как пользователь, и как создатель общедоступных облачных сервисов. Благодаря такому опыту работы я понял, что общедоступное облако AWS — самое полнофункциональное, всеобъемлющее и повсеместно доступное из всех существующих. А поскольку AWS, несомненно, занимает на рынке ведущее положение, то отличается и наиболее широким спектром утилит с открытым исходным кодом, фреймворков и проектов.

Когда вы начали работать с Python?

— Я начал программировать на Python в конце 1996 года, примерно тогда, когда был выпущен Python 1.4. В то время я учился в старших классах и в свободное время работал программистом в корпорации, занимавшейся предоставлением медицинских услуг. Python сразу же стал мне родным, и с тех пор я использую его везде, где только можно.

Что вам особенно нравится в Python?

— Python — очень «гладкий» язык, незаметно отступающий на задний план и позволяющий разработчику сосредоточиться на решении задач вместо борьбы с ненужными сложностями.

Что вам особенно не нравится в Python?

— Развертывание и распространение приложений Python иногда оказывается более сложной задачей, чем хотелось бы. При использовании таких языков, как

Go, приложения можно встраивать в переносимые исполняемые файлы, распространять которые очень просто, в то время как программы на Python требуют значительно бóльших затрат труда.

Как будет выглядеть индустрия разработки программного обеспечения через десять лет?

— В последние десять лет наблюдался резкий рост общедоступных облачных сервисов с упором на инфраструктуру как код и автоматизацию выделения инфраструктуры. Я убежден, что следующие десять лет пройдут под флагом бессерверных архитектур и управляемых сервисов. При создании приложений ключевым будут не серверы, а сервисы и функции. Постепенно во многих компаниях будет происходить переход от серверов к платформам координации контейнеров наподобие Kubernetes, в то время как в других станут переходить сразу на бессерверные технологии.

Какие технологии излишни?

— Блокчейн. Хотя эта технология сама по себе интересна, просто поразительно, как часто с ее помощью пытаются решать задачи, для которых она не подходит: мир полон спекулянтов и аферистов, продвигающих блокчейн как панацею от всех проблем.

Каким, с вашей точки зрения, важнейшим навыком имеет смысл овладеть тем, кто интересуется DevOps на Python?

— С тех пор как я начал программировать на Python в 1996 году, я обнаружил, что важнейшие движущие силы обучения — любознательность и стремление к автоматизации. Python — потрясающий инструмент для автоматизации, и любознательный ум способен постоянно находить новые способы автоматизации всего окружающего, от коммерческих информационных систем до наших жилищ. Я настоятельно рекомендую всем начинающим работать с Python искать удобные случаи взять дело в свои руки, решая реальные задачи с помощью Python.

Каков, с вашей точки зрения, важнейший навык, которому имеет смысл научиться?

— Умение войти в положение других. Слишком часто технические специалисты берут технологию на вооружение, не задумываясь, как она повлияет на человечество и на ближнего. Умение поставить себя на место другого для меня важнейшее личное качество, которое делает меня лучше как технического специалиста, менеджера, руководителя и человека.

Расскажите нашим читателям что-нибудь интересное о себе.

— Я провел последние три года за восстановлением своего личного веб-сайта, собирая контент для него начиная с 2002 года. Теперь мой веб-сайт стал личным архивом воспоминаний, фотографий, заметок и т. д.

Личный веб-сайт: https://cleverdevil.io.

Личный блог: https://cleverdevil.io.

Веб-сайт компании: https://www.missioncloud.com/.

Контактные данные: https://cleverdevil.io/.

Вилле Туулос

Где вы работаете и чем занимаетесь?

— Я работаю в Netflix руководителем команды, занимающейся инфраструктурой машинного обучения. Наша задача — создание платформы для исследователей данных, с помощью которой они могли бы быстро создавать прототипы процессов машинного обучения и уверенно развертывать их в промышленной эксплуатации.

Какое облако вы предпочитаете и почему?

— Я бесстыдный почитатель AWS. Я использовал AWS со времен бета-версии EC2 в 2006 году. AWS продолжает меня восхищать как технически, так и коммерчески. Их базовые элементы инфраструктуры, например S3, исключительно хорошо масштабируются и работают, к тому же они очень надежны. С коммерческой точки зрения они правильно сделали две вещи: взяли на вооружение технологии с открытым исходным кодом, благодаря чему людям намного легче перейти на AWS, а также с большим вниманием относятся к замечаниям и предложениям пользователей.

Когда вы начали работать с Python?

— Я начал использовать Python где-то в 2001 году. Помню, как был воодушевлен появлением генераторов и выражений-генераторов вскоре после того, как начал работать с Python.

Что вам особенно нравится в Python?

— Меня вообще восхищают языки программирования. Не только технически, но и как культура и средство человеческого общения. Python — исключительно хорошо сбалансированный язык программирования. Во многих отношениях он прост и доступен, но в то же время достаточно выразителен даже для самых сложных приложений. Быстродействие у этого языка не самое высокое, но в большинстве случаев его достаточно, особенно в отношении ввода/вывода. Существует немало других языков программирования, лучше оптимизированных для конкретных сценариев использования, но так хорошо сбалансированных, как Python, очень мало.

Кроме того, реализация CPython представляет собой попросту код на C, и она намного проще, чем JVM, V8 или среда выполнения языка Go, что сильно облегчает отладку и расширение при необходимости.

Что вам особенно не нравится в Python?

— Обратная сторона сбалансированности и универсальности — Python ни для каких сценариев использования не является оптимальным. Когда я работаю над программой, для которой критически важно быстродействие, я скучаю по языку C. Когда создаю приложение, требующее конкурентной обработки, — скучаю по Erlang. А когда экспериментирую с алгоритмами — скучаю по выводу типов OCaml. Как ни парадоксально, применяя все упомянутые языки, я скучаю по универсальности, прагматизму и обширному сообществу разработчиков Python.

Как будет выглядеть индустрия разработки программного обеспечения через десять лет?

— Тенденции станут очевидны, если взглянуть на предыдущие 50 лет развития вычислительной техники. ПО правит бал, и сфера разработки программного обеспечения продолжает продвигаться выше по стеку технологий. В общем, аппаратным обеспечением, операционными системами и низкоуровневым программированием занимается меньше людей, чем когда-либо раньше. Соответственно, программное обеспечение пишет все больше людей без какого-либо опыта или знания нижних уровней стека, что вполне нормально. Мне кажется, эти тенденции внесли немалый вклад в успех языка Python. И я рискну предсказать, что в будущем нас ждет все больше антропоцентрических решений наподобие Python, благодаря чему все больше людей сможет создавать программное обеспечение.

Какие технологии излишни?

— Я считаю излишними технологии, подразумевающие, что технические факторы важнее человеческого фактора. В истории было полно технологий, гениальных с технической точки зрения, но не учитывавших фактические нужды пользователей. Принять такую позицию непросто, ведь для инженера естественно считать, что изящные технические решения заслуживают успеха.

Каким, с вашей точки зрения, важнейшим навыком имеет смысл овладеть тем, кто интересуется DevOps на Python?

— Я бы рекомендовал всем, кого всерьез интересует Python вообще и DevOps в частности, почитать немного о функциональном программировании. Никаких сложных нюансов, просто научиться мыслить в терминах идемпотентности,

композиции функций и преимуществ неизменяемости. Мне кажется, что функциональный образ мыслей очень полезен для DevOps при работе в больших масштабах для осмысления неизменяемой инфраструктуры, пакетной организации программ и т. п.

Каков, с вашей точки зрения, важнейший навык, которому имеет смысл научиться?

— Определять критически важные задачи из числа заслуживающих решения. Сколько раз я встречал программные проекты, в которых поистине бесконечное количество ресурсов уходило на решение задач, в итоговом счете не имевших никакого значения. Как оказалось, Python прекрасно подходит для оттачивания этого навыка, позволяя быстро создавать прототипы полностью функциональных решений, из которых видно, что имеет отношение к делу, а что — нет.

Расскажите нашим читателям что-нибудь интересное о себе.

— Вместе с одним из друзей я взломал распространенную в Нью-Йорке игру: с помощью своих телефонов люди делали фотографии, которые затем выводились в режиме реального времени на гигантский билборд на Таймс-сквер. С точки зрения зануды-компьютерщика самым интересным было то, что вся игра, включая работающее на телефонах клиентское приложение, была написана на Python. А еще интереснее то, что все это происходило в 2006 году, в юрском периоде смартфонов, еще до выхода iPhone.

Личный веб-сайт: https://www.linkedin.com/in/villetuulos.

Веб-сайт компании: https://research.netflix.com/.

Контактные данные: @vtuulos в Twitter.

Джозеф Рис

Где вы работаете и чем занимаетесь?

— Я один из основателей компании Ternary Data. В основном занимаюсь продажами, маркетингом и разработкой программных продуктов.

Какое облако вы предпочитаете и почему?

— Я использую как AWS, так и Google Cloud. Мне представляется, что AWS лучше для приложений, а Google Cloud — для данных и ML/AI.

Когда вы начали работать с Python?

— В 2009 году.

Что вам особенно нравится в Python?

— При работе с ним (обычно) сделать что-либо можно только одним способом — чистая экономия умственных усилий по поиску оптимального решения поставленной задачи. Просто делайте это «питонским» способом и переходите к следующей задаче.

Что вам особенно не нравится в Python?

— В Python мне особенно не нравится GIL[1]. Хотя, к счастью, постепенно дело идет к отказу от этой технологии.

Как будет выглядеть индустрия разработки программного обеспечения через десять лет?

— Вероятно, примерно так же, как и сейчас, хотя рекомендуемые практики и новые утилиты будут появляться/исчезать с большей частотой. Хорошо забытое старое будет становиться новым, а новое — старым. Не меняются только люди.

Какие технологии излишни?

— В краткосрочной перспективе я бы отказался от искусственного интеллекта, но возложил на него большие надежды в долгосрочной. Большая шумиха вокруг искусственного интеллекта угрожает множеством разбитых сердец в ближайшем будущем.

Каким, с вашей точки зрения, важнейшим навыком имеет смысл овладеть тем, кто интересуется DevOps на Python?

— Автоматизируйте все, что только можно. Python — замечательное средство упростить свою жизнь, а равно и технологические процессы своей компании. Конечно же, имеет смысл воспользоваться этими возможностями.

Каков, с вашей точки зрения, важнейший навык, которому имеет смысл научиться?

— Сделайте установку на личностный рост. Гибкость, приспособляемость и способность изучать новое удержат вас на плаву в течение еще очень долгого времени. При таких молниеносных темпах изменений в технологиях, да и в мире в целом, число удобных возможностей изучить что-либо поистине безгранично, в основном потому, что вам придется это сделать :).

Расскажите нашим читателям что-нибудь интересное о себе.

— Я бывший фанат скалолазания, диджей в ночном клубе и искатель приключений. Сегодня я фанат скалолазания, но уже с постоянной работой, по-прежнему

[1] Глобальная блокировка интерпретатора (Global Interpreter Lock). — *Примеч. пер.*

диджей и стараюсь участвовать в как можно большем числе приключений. Так что ничего особенно не изменилось, и непреодолимое желание исследовать и делать опасные вещи никуда не пропало.

Личный веб-сайт и блог: https://josephreis.com.

Веб-сайт компании: https://ternarydata.com.

Контактные данные: josephreis@gmail.com.

Тейо Хольцер

Где вы работаете и чем занимаетесь?

— Я уже 12 лет тружусь старшим разработчиком ПО в компании Weta Digital из Новой Зеландии. Мои обязанности включают разработку ПО (в основном на Python и C++), но иногда я выполняю задачи, связанные с системным проектированием и DevOps.

Какое облако вы предпочитаете и почему?

— AWS, наверное.

Одна из главных возможностей AWS — поддержка непрерывной интеграции и непрерывной поставки. При разработке ПО желательно автоматизировать как можно больше рутинных задач, чтобы сосредоточиться на наиболее интересных частях разработки передового программного обеспечения.

Обычно хочется думать не о сборке кода, выполнении имеющихся автоматизированных тестов, выпуске и развертывании новых версий, перезапуске сервисов и т. д. Поэтому желательно воспользоваться такими утилитами, как Ansible, Puppet, Jenkins, для запуска этих задач автоматически в заранее заданные моменты (например, при слиянии ветки кода для новой функциональности в ветку master).

Еще одно преимущество AWS — широкая поддержка на различных онлайн-форумах наподобие Stack Overflow. Господствующее положение на рынке облачных платформ автоматически означает бóльший контингент пользователей, задающих вопросы и решающих задачи.

Когда вы начали работать с Python?

— Использовать язык Python я начал более 15 лет назад, у меня 12 с лишним лет опыта профессиональной работы с ним.

Что вам особенно нравится в Python?

— Полное отсутствие необходимости переформатировать исходный код. Благодаря тому что пробелы в нем несут синтаксический/грамматический смысл чужой исходный код сразу же становится чрезвычайно удобочитаемым. Мне также нравится способ лицензирования Python, послуживший причиной очень широкого его распространения в качестве языка написания сценариев во множестве сторонних коммерческих приложений.

Что вам особенно не нравится в Python?

— То, насколько трудно надежно и эффективно выполнять сильно распараллеленные задания. Добиться эффективного и надежного многопоточного и многопроцессного выполнения на языке Python в сложной среде по-прежнему очень непросто.

Как будет выглядеть индустрия разработки программного обеспечения через десять лет?

— По моему мнению, все бóльшую роль будет играть возможность интеграции и поставки за сжатые сроки ориентированных на пользователей решений, применяющих уже существующие инфраструктуру и инструментарий. Нет смысла каждый раз изобретать велосипед. Поэтому навыки системной инженерии и DevOps в сфере разработки программного обеспечения будут приобретать все бóльшую значимость.

Какие технологии излишни?

— Все системы с одной критической точкой. Чтобы создавать ошибкоустойчивые системы, необходимо осознать: в конце концов сбой происходит в любой системе, так что необходимо быть готовыми к нему на всех уровнях. Подготовка начинается с отказа от операторов контроля в коде и доходит до предоставления высокодоступных мультимастерных серверов баз данных. Создание отказоустойчивых систем особенно важно, когда на работу 24/7 вашей системы полагается множество пользователей. Даже AWS обеспечивает безотказную работу лишь 99,95 % времени.

Каким, с вашей точки зрения, важнейшим навыком имеет смысл овладеть тем, кто интересуется DevOps на Python?

— Быстрая автоматизация. Каждый раз, когда вы обнаруживаете, что решаете одни и те же задачи снова и снова или опять ждете завершения долгоиграющего задания, спросите себя: «Как можно автоматизировать и ускорить выполнение этих задач?» Для эффективной работы DevOps критически важно быстрое выполнение задач.

Каков, с вашей точки зрения, важнейший навык, которому имеет смысл научиться?

— Как уже говорилось, быстрая автоматизация.

Расскажите нашим читателям что-нибудь интересное о себе.

— Мне нравится делать доклады на конференциях по языку Python. Посмотрите мой недавний доклад о Python, многопоточной обработке и Qt на Kiwi PyCon X.

Вышеупомянутый доклад: https://python.nz/kiwipycon.talk.teijoholzer.

Веб-сайт компании: http://www.wetafx.co.nz.

Мэтт Харрисон

Где вы работаете и чем занимаетесь?

— Я работаю в созданной мной компании MetaSnake, занимающейся корпоративным обучением и консультированием по Python и науке о данных. Половину времени я провожу, обучая инженеров продуктивной работе с Python и исследованию данных. Вторая половина уходит на консультации и помощь компаниям в использовании этих технологий.

Какое облако вы предпочитаете и почему?

— Мне приходилось применять как Google Cloud, так и AWS. Оба они прекрасно поддерживают Python, что мне очень нравится. Я не знаю, какое лучше, но верю, что чем выше конкуренция, тем лучший продукт получает конечный пользователь, так что мне очень нравится наличие нескольких облаков.

Когда вы начали работать с Python?

— Я начал использовать Python в 2000 году, когда работал в маленьком стартапе, занимавшемся поиском. Мне с моим товарищем по работе необходимо было создать небольшую предварительную версию приложения. Я настаивал на применении Perl, а он ратовал за TCL. Python выступил в роли компромиссного варианта, поскольку ни один из нас не хотел работать по предлагаемой другим технологии. Мы оба быстро забыли старые предпочтения и с тех пор перешли на Python.

Что вам особенно нравится в Python?

— Python хорошо соответствует моему образу мыслей. Можно начать с чего-то очень простого, создать MVP, а затем превратить его в полноценный программный

продукт. Мне очень нравятся блокноты наподобие Jupyter и Colab. Благодаря им анализ данных становится по-настоящему интерактивным.

Что вам особенно не нравится в Python?

— Встроенные docstring для классов, например списков и ассоциативных массивов, требуют некоторой доработки. Новичкам разобраться с ними непросто.

Как будет выглядеть индустрия разработки программного обеспечения через десять лет?

— Я не гадалка. Для меня основное различие между сегодняшним днем и ситуацией десятилетней давности — использование облаков. В остальном большинство моих инструментов не поменялось. Полагаю, программирование через десять лет останется примерно таким же, по-прежнему будут встречаться ошибки на единицу[1], написание CSS все так же будет требовать немалых усилий, разве что, возможно, развертывание немного упростится.

Какие технологии излишни?

— Мне кажется, что проприетарные утилиты для анализа данных ждет судьба динозавров. Возможно, их попытаются спасти путем раскрытия исходного кода, но этого недостаточно и для этого уже поздно.

Каким, с вашей точки зрения, важнейшим навыком имеет смысл овладеть тем, кто интересуется DevOps на Python?

— Мне кажется, особенно важны любознательность и готовность учиться новому, особенно если учесть, что многие из этих утилит — весьма «быстродвижущиеся цели». Складывается такое впечатление, что новые коммерческие предложения и новое программное обеспечение возникает непрерывно.

Каков, с вашей точки зрения, важнейший навык, которому имеет смысл научиться?

— Их два. Один: научитесь учиться. Люди обучаются новому по-разному. Найдите собственный путь.

Второй навык — не технический. Научитесь заводить профессиональные связи и знакомства. Не нужно считать это ругательством, в технической сфере этот навык очень полезен. Большинство своих работ я получил именно таким образом. Этот навык окупится стократ.

Расскажите нашим читателям что-нибудь интересное о себе.

— Мне нравится бывать на природе: бегать, совершать далекие путешествия на велосипеде или кататься на лыжах.

---

[1] См. https://ru.wikipedia.org/wiki/Ошибка_на_единицу. — *Примеч. пер.*

Личный веб-сайт/блог: https://hairysun.com.

Веб-сайт компании: https://www.metasnake.com.

Контактные данные: matt@metasnake.com.

Майкл Фоорд

Где вы работаете и чем занимаетесь?

— На последних двух местах работы я занимался инструментами DevOps и невольно увлекся этой тематикой. Невольно, потому что я долго был скептически настроен относительно движения DevOps, приверженцев которого считал менеджерами, стремящимися заставить разработчиков выполнять еще и задачи системных администраторов. Но понял, что действительно важная для меня сторона DevOps заключается в системном мышлении и процессах разработки с его учетом.

Три года я работал над утилитой Juju в компании Canonical — интересный экскурс в программирование на языке Go, затем год в Red Hat, создавая систему автоматизации тестирования для Ansible Tower. С тех пор я работаю на себя, занимаясь смесью обучения, инструктажа команд разработчиков и работы по контракту, включая проект ИИ, над которым работаю сейчас.

А в свободное время (его у меня много) я работаю над самим Python в составе команды разработчиков ядра Python.

Какое облако вы предпочитаете и почему?

— Я немного переформулирую вопрос. Все облака — мои любимые, по крайней мере я не слишком забочусь о том, с каким облаком работаю.

Модель Juju описывает систему независимым от прикладной части способом и предоставляет язык моделирования для описания сервисов и связей между ними, которые затем можно развернуть в любом облаке. Благодаря этому можно начать работать с AWS или Azure, а затем по соображениям экономии или безопасности данных перейти на локальное частное облако, например, Kubernetes или OpenStack, не меняя инструментарий.

Мне хотелось бы контролировать основные зависимости, так что я предпочитаю работать с чем-то наподобие OpenStack, а не с общедоступным облаком. Кроме того, я поклонник решения MaaS («железо как сервис») компании Canonical, предоставляющей чистые серверы без ПО. Насколько я знаю, изначально оно было веткой Cobbler. Его можно использовать непосредственно, а можно и как основу для управления аппаратным обеспечением в ходе работы с частным облаком. Я писал код Juju для подключения к API MaaS 2 и был очень впечатлен им.

Я гораздо больший приверженец LXC/LXD и KVM-виртуализации, чем Docker (в наше время это практически ересь), так что Kubernetes и OpenShift не станут моим первым пунктом назначения.

Для коммерческих проектов я иногда рекомендую использовать облачные решения VMware, просто исходя из количества системных администраторов, знакомых с работой этих систем.

Когда вы начали работать с Python?

— Я начал программировать на Python в качестве хобби примерно в 2002 году. Он так мне понравился, что я занялся программированием на нем в качестве полноценной работы примерно в 2006-м. Мне повезло найти работу в лондонском финансово-технологическом стартапе, где я по-настоящему научился проектировать программное обеспечение.

Что вам особенно нравится в Python?

— Его практичность. Python — чрезвычайно практичный язык, благодаря чему прекрасно подходит для решения реальных задач. Эти его свойства распространяются и на систему объектов, которая стремится достичь единства теории и практики.

Именно поэтому я так люблю преподавать Python. Почти всегда теория его совпадает с практикой, так что можно обучать им одновременно.

Что вам особенно не нравится в Python?

— Python довольно старый и, если считать стандартную библиотеку, объемный язык. Он насчитывает довольно много недостатков, в том числе отсутствие симметрии в протоколе дескрипторов, из-за чего нельзя написать сеттер для дескриптора класса. В основном эти недостатки несущественные.

Большой недостаток, с моей точки зрения, как и многих других, состоит в отсутствии подлинной свободной многопоточности. В мире многоядерных процессоров ее важность все растет, а сообщество Python не признает очевидного в течение многих лет. К счастью, сегодня разработчики ядра Python начали предпринимать практические шаги для исправления этой ситуации. Поддержка субинтерпретатора насчитывает несколько предложений о расширении, над которыми идет активная работа. Кроме того, обсуждается вариант возможного перехода от подсчета ссылок к сборке мусора, что сильно упростит реализацию свободной многопоточности. На самом деле, большую часть соответствующей работы уже проделал Ларри Гастингс (Larry Hastings) в своем эксперименте Gilectomy, но подсчет ссылок все еще тормозит эти разработки.

Как будет выглядеть индустрия разработки программного обеспечения через десять лет?

— Мне кажется, что сейчас начинается «золотая лихорадка» ИИ, которая должна породить тысячи короткоживущих и бесполезных продуктов, но заодно полностью изменить всю сферу. ИИ суждено быть неотъемлемой частью большинства масштабных систем.

Кроме того, DevOps обеспечивают определенный способ представления системной разработки, развертывания и сопровождения.

Какие технологии излишни?

— О-о, непростой вопрос. Я бы сказал: нынешнее поколение инструментария DevOps.

Талант DevOps состоит в систематизации запутанного знания о развертывании и конфигурации, например, в виде сборников сценариев Ansible и Charms для Juju.

Идеальный инструментарий DevOps позволяет описывать и затем координировать систему независимым от прикладной части образом, а также вводить в нее мониторинг и учет состояния системы. Тем самым он сильно упрощает и стандартизирует развертывание, тестирование, изменение настроек, масштабирование и самовосстановление.

Вероятно, нам не помешало бы что-то наподобие App Store для облачных сервисов. Мне кажется, сейчас многие и стремятся к этому в конечном итоге.

Каким, с вашей точки зрения, важнейшим навыком имеет смысл овладеть тем, кто интересуется DevOps на Python?

— Я предпочитаю учиться на практике, так что не люблю, когда мне говорят, что нужно учить. Я не раз брался за различные работы лишь для того, чтобы научиться чему-то новому. Работать с Canonical, например, я начал, чтобы научиться веб-разработке.

Таким образом, практический опыт важнее теоретической учебы. Тем не менее виртуальные машины и контейнеры, вероятно, по-прежнему будут основными единицами проектирования и развертывания систем. Возможность перебрасывать контейнеры туда-сюда чрезвычайно удобна.

Организация передачи информации по сети — непростой, важный и очень ценный навык. Сочетание слоев программно-определяемых сетей с контейнерами позволяет добиться очень многого.

Каков, с вашей точки зрения, важнейший навык, которому имеет смысл научиться?

— Слишком много знаний не бывает, так что самый важный навык — умение учиться и адаптироваться. Если вы способны адаптироваться, то никогда не попадете в безвыходную ситуацию. Безвыходные ситуации — худшее, что можно себе представить.

Расскажите нашим читателям что-нибудь интересное о себе.

— Я бросил Кембриджский университет, бомжевал, несколько лет жил в общине, десять лет продавал кирпичи и сам научился программировать. А теперь я вхожу в команду разработчиков ядра Python и могу путешествовать по миру, рассказывая о Python и обучая работе с ним других.

Личный веб-сайт/блог: http://www.voidspace.org.uk.

Контактные данные: michael@voidspace.org.uk.

Рекомендации

Высказывание «все модели неправильны... но некоторые полезны», безусловно, применимо практически ко всем общим советам в сфере DevOps. Мой анализ ситуации частично совершенно неправилен, но часть его может оказаться полезной. Разумеется, я не могу быть совершенно непредвзятым, что играет определенную роль в моем анализе ситуации. Несмотря на возможные ошибки и предвзятость, в управлении большинством компаний, безусловно, необходимо срочно кое-что исправить. Вот лишь часть наиболее горящих проблем.

1. Различия в статусе ведут к проблемам с ответственностью за конкретный участок работы. Наиболее яркий пример — стабильность программного обеспечения. Техническим руководителям (особенно основателям стартапов), в частности, необходимо осознать, насколько замыкание на основе неофициального статуса влияет на качество программного обеспечения, и исправить ситуацию.
2. Во многих организациях существует установившаяся практика бессмысленного риска («стрельбы серебряными пулями» вместо починки разбитых окон[1]).
3. Неэффективные или бессмысленные стандарты совершенства, а также отсутствие четкого порядка в инженерии разработки ПО во многих организациях.

[1] Автор, по-видимому, намекает на так называемую теорию разбитых окон: https://ru.wikipedia.org/wiki/Теория_разбитых_окон. — *Примеч. пер.*

4. Принятие решений не основывается на данных. Решения принимаются, исходя из мнения самого высокооплачиваемого сотрудника (HIPO), статуса, пробивной силы, интуиции, а может, даже просто путем подкидывания монетки.
5. Руководство компании не понимает по-настоящему, что такое упущенная выгода. Подобное непонимание передается и нижестоящим сотрудникам.
6. Необходимость сосредоточиться на вознаграждении по заслугам вместо политики «волшебных эликсиров и прочей галиматьи», как высказался старший исследователь данных из Kaggle Джереми Говард (Jeremy Howard).

В инженерном отношении за несколько месяцев можно сделать все как полагается: систему отслеживания ошибок, анализ кода, тестирование, планирование, расстановку приоритетов и т. д. Высшее исполнительное руководство компании может согласиться на словах, что это все необходимо, но главное, чтобы их слова не расходились с делом.

Вопросы

- Какие основные компоненты необходимы для эффективной команды?
- Назовите три области, в которых вы можете стать лучше как член команды.
- Назовите три области, в которых вы сильны как член команды.
- Что можно утверждать относительно всех компаний в будущем?
- Почему для DevOps необходимо привлечение и признание независимых специалистов извне?

Интересные задачи

- Проделайте подробный анализ вашей нынешней команды на основе концептуальной схемы командной работы Ларсона и Лафаста.
- Попросите всех участников вашей команды заполнить анонимный опросник обратной связи, указав три положительных и три отрицательных момента (обязательно должны быть указаны и те и другие). Соберите всех в одной комнате, и пусть каждый прочитает вслух опросник своих товарищей по работе *(да, такой способ работает и может оказаться судьбоносным для них)*.

Дипломный проект

Вы достигли конца книги, и вот ваш «дипломный проект», на котором можете продемонстрировать владение изложенными в ней идеями.

Создайте на основе изложенных в этой книге идей приложение scikit-learn, PyTorch и TensorFlow, выдающее прогнозы через Flask. Разверните этот проект в одном из трех главных поставщиков облачных сервисов, реализовав такие задачи, как:

- мониторинг конечных точек и состояния системы;
- непрерывная поставка в несколько различных сред;
- журналирование в облачный сервис, например в Amazon CloudWatch;
- нагрузочное тестирование производительности приложения и создание плана масштабирования.

Об авторах

Ной Гифт (Noah Gift) читает лекции по программам MIDS[1] Дюкского университета и Graduate Data Science[2] Северо-Западного университета и Калифорнийского университета в Беркли, а также в Graduate School of Management[3] Калифорнийского университета в Дейвисе в программе MSBA[4]. У Ноя за плечами почти 20 лет опыта программирования на Python, он является членом Python Software Foundation. Он работал во множестве компаний на должностях технического директора, управляющего, технического директора-консультанта и архитектора облачных сервисов. В настоящее время он консультирует стартапы и другие компании по вопросам машинного обучения и облачной архитектуры, а также занимает должность технического директора-консультанта, являясь одним из основателей Pragmatic AI Labs (https://paiml.com).

Под авторством Ноя вышло около ста научных публикаций, в том числе две книги, по различным темам: от облачного машинного обучения до DevOps. Кроме того, он сертифицированный архитектор решений AWS. У него также есть диплом магистра в области бизнес-аналитики Калифорнийского университета в Дэвисе, а также диплом магистра естественных наук в области компьютерных информационных систем от Калифорнийского университета в Лос-Анджелесе и диплом бакалавра естественных наук в области диетологии от Калифорнийского политехнического университета, Сан-Луис-Обиспо. Узнать больше о Ное вы можете, подписавшись на него в GitHub по адресу https://github.com/noahgift/, посетив сайт его компании Pragmatic AI Labs (https://paiml.com), его личный сайт (http://noahgift.com) или связавшись с ним в LinkedIn (https://www.linkedin.com/in/noahgift/).

Кеннеди Берман (Kennedy Behrman) — консультант с большим опытом, специализирующийся на архитектуре и реализации облачных решений для начинающих стартапов. Он окончил бакалавриат и магистратуру в Университете Пенсильвании и получил диплом магистра в сфере информационных технологий, а также окончил аспирантуру по специальности «компьютерная графика и программирование игр».

---

[1] Магистратура по специальности «наука о данных». — *Примеч. пер.*

[2] Наука о данных для аспирантов. — *Примеч. пер.*

[3] Факультет менеджмента. — *Примеч. пер.*

[4] Магистратура по специальности «бизнес-аналитика». — *Примеч. пер.*

У него есть опыт проектирования информационных систем, исследования данных, разработки решений AWS и управления разработкой. Кроме того, он выступил научным редактором нескольких статей на тему Python и науки о данных. Как исследователь данных он участвовал в разработке проприетарного алгоритма «взлома роста» на основе машинного обучения для стартапа, который должен был обеспечить стремительный рост платформы. После этого он нанял команду исследователей данных для поддержки этой технологии и координировал их работу. Параллельно он вел активную деятельность в сфере языка Python в течение почти 15 лет: делился докладами в группах пользователей, писал статьи, а также выступил научным редактором множества публикаций.

Альфредо Деза (Alfredo Deza) — энтузиаст разработки программного обеспечения, страстный разработчик ПО с открытым исходным кодом, автор плагинов к Vim, фотограф и бывший спортсмен-олимпиец. Он прочитал несколько лекций по всему миру о программном обеспечении с открытым исходным кодом, личностном росте и профессиональном спорте. Он занимался перестройкой инфраструктуры компаний, заменой сложных систем сборки, разрабатывал совместно используемые хранилища и непрерывно искал более эффективные и надежные среды разработки. Твердо веря в тестирование и документацию, он продолжает продвигать практики надежной разработки везде, где работает.

Альфредо, всегда стремящегося к изучению нового, можно найти в группах пользователей, посвященных Python, файловым системам и хранилищам, системному администрированию и профессиональному спорту.

Григ Георгиу (Grig Gheorghiu) может похвастаться более чем 25-летним опытом работы в IT-индустрии на разнообразных должностях: программиста, тестировщика, начальника исследовательской лаборатории, архитектора систем/сетей/безопасности/облачных сервисов, а также лидера команды DevOps. Последние 20 лет Григ разрабатывал архитектуру и создавал инфраструктуру крупных сайтов, ориентированных на прямое взаимодействие с потребителями и электронную коммерцию, таких как Evite и NastyGal, а также руководил работой команд, занимающихся сопровождением и инженерией. У Грига есть диплом бакалавра по вычислительной технике от Бухарестского университета (Румыния) и диплом магистра по вычислительной технике от Университета Южной Калифорнии (Лос-Анджелес).

Григ ведет блог по программированию, облачным вычислениям, системному администрированию, аналитической обработке данных, а также утилитам и методикам автоматизации тестирования на Medium (https://medium.com/@griggheo).

Об иллюстрации на обложке

На обложке изображен ромбический питон (он же ковровая змея, *Morelia spilota*) — неядовитая змея, обитающая в основном в Австралии, Новой Гвинее и на близлежащих Соломоновых островах. Как один из самых распространенных видов питонов на Австралийском континенте, эти змеи встречаются повсюду: от тропических лесов Квинсленда на северо-востоке до средиземноморских лесов юго-запада. Ромбических питонов нередко можно встретить ползущими по грядкам, свернувшимися на чердаках или даже в качестве домашних питомцев.

Большинство ромбических питонов — оливкового цвета с кремовыми пятнами. Однако ромбический питон чейни *(Morelia spilota cheynei)* отличается кожей ярко-желтого и черного цвета, благодаря чему очень популярен среди владельцев змей. Длина взрослого экземпляра — в среднем 2 метра, но некоторые достигают 4 метров.

Ромбические питоны ведут ночной образ жизни, они улавливают тепловое излучение птиц, ящериц и мелких млекопитающих с помощью термочувствительных лабиальных ямок, расположенных вокруг их рта. Днем они сворачиваются на деревьях или греются на солнышке. Особенно любят принимать утренние солнечные ванны самки, чтобы затем передать тепло яйцам, которые они насиживают в гнезде.

Многие из животных, изображенных на обложках O'Reilly, находятся на грани исчезновения. Все они важны для нашего мира.

Иллюстрация на обложке принадлежит кисти Хосе Марзана (Jose Marzan) и основана на черно-белых гравюрах из книги Жоржа Кювье «Царство животных».

Ной Гифт, Кеннеди Берман, Альфредо Деза, Григ Георгиу

Python и DevOps: Ключ к автоматизации Linux

Перевел с английского *И. Пальти*

Заведующая редакцией	*Ю. Сергиенко*
Руководитель проекта	*А. Питиримов*
Ведущий редактор	*Н. Гринчик*
Литературный редактор	*Н. Рощина*
Художественный редактор	*В. Мостипан*
Корректоры	*О. Андриевич, Е. Павлович*
Верстка	*Г. Блинов*

Изготовлено в России. Изготовитель: ООО «Прогресс книга».
Место нахождения и фактический адрес: 194044, Россия, г. Санкт-Петербург,
Б. Сампсониевский пр., д. 29А, пом. 52. Тел.: +78127037373.

Дата изготовления: 10.2021. Наименование: книжная продукция. Срок годности: не ограничен.

Налоговая льгота — общероссийский классификатор продукции ОК 034-2014, 58.11.12 — Книги печатные профессиональные, технические и научные.

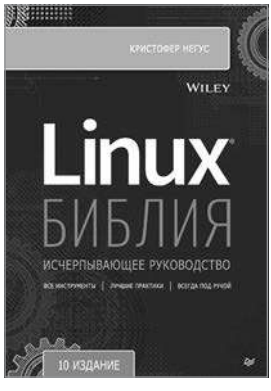
Импортер в Беларусь: ООО «ПИТЕР М», 220020, РБ, г. Минск, ул. Тимирязева, д. 121/3, к. 214, тел./факс: 208 80 01.

Подписано в печать 28.09.21. Формат 70×100/16. Бумага офсетная. Усл. п. л. 43,860. Тираж 700. Заказ 0000.

Кристофер Негус

БИБЛИЯ LINUX

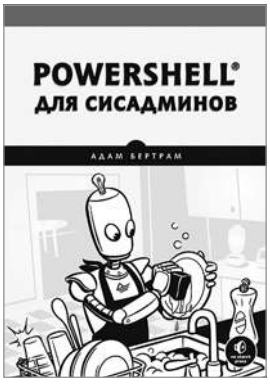
10-е издание



Полностью обновленное 10-е издание «Библии Linux» поможет как начинающим, так и опытным пользователям приобрести знания и навыки, которые выведут на новый уровень владения Linux. Известный эксперт и автор бестселлеров Кристофер Негус делает акцент на инструментах командной строки и новейших версиях Red Hat Enterprise Linux, Fedora и Ubuntu. Шаг за шагом на подробных примерах и упражнениях вы досконально поймете операционную систему Linux и пустите знания в дело. Кроме того, в 10-м издании содержатся материалы для подготовки к экзаменам на различные сертификаты по Linux.

Адам Бертрам

POWERSHELL ДЛЯ СИСАДМИНОВ



PowerShell® — это одновременно язык сценариев и командная оболочка, которая позволяет управлять системой и автоматизировать практически любую задачу. В книге «PowerShell для сисадминов» обладатель Microsoft MVP Адам Бертрам aka «the Automator» покажет, как использовать PowerShell так, чтобы у читателя наконец-то появилось время на игрушки, йогу и котиков.

Вы научитесь:

- Комбинировать команды, управлять потоком выполнения, обрабатывать ошибки, писать сценарии, запускать их удаленно и тестировать их с помощью фреймворка тестирования Pester.
- Анализировать структурированные данные, такие как XML и JSON, работать с популярными сервисами (например Active Directory, Azure и Amazon Web Services), создавать системы мониторинга серверов.
- Создавать и проектировать модули PowerShell.
- Использовать PowerShell для удобной, полностью автоматизированной установки Windows.
- Создавать лес Active Directory, имея лишь узел Hyper-V и несколько ISO-файлов.
- Создавать бесчисленные веб- и SQL-серверы с помощью всего нескольких строк кода!