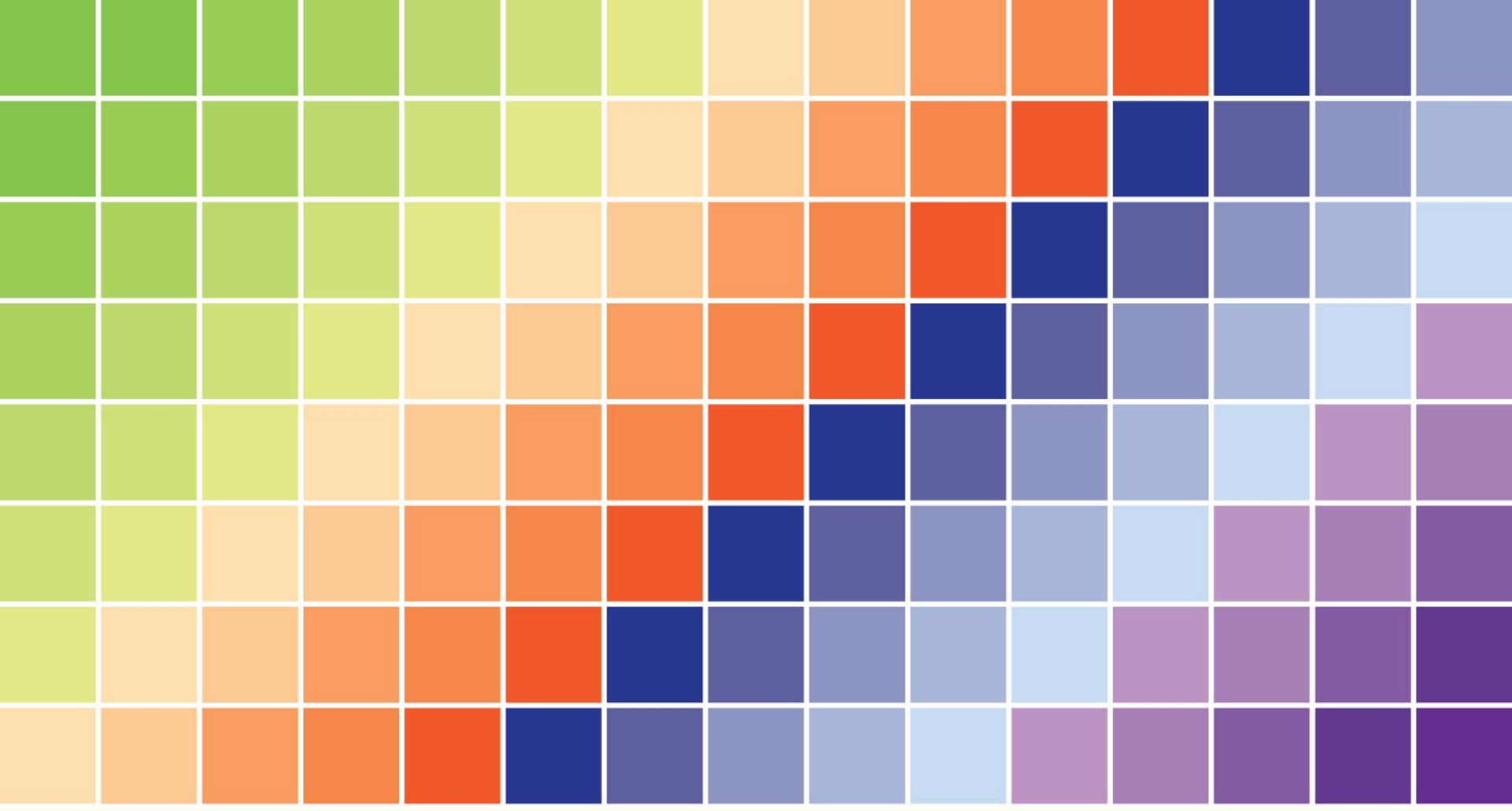


School of Computer Science

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ СЛОЖНОСТЬ АЛГОРИТМОВ

ПРОГРАММИРОВАНИЕ НА PYTHON

Лекции для IT-школы

ВОПРОС
НАСЛЕДОВАНИЕ В ООП

– Наследование – это:

1. Импорт стандартных библиотек в системе разработки ПО
2. Передача кода от старшего разработчика его ученику
3. Свойство системы разработки, позволяющее определить новый класс на основе уже существующего

ВОПРОС
ДЛЯ ЧЕГО НУЖНО НАСЛЕДОВАНИЕ

– Наследование классов нужно:

1. Для создания экземпляров класса
2. Для расширения функциональности класса
3. Для изменения поведения класса
4. Для ограничения доступа к атрибутам класса предка

ВОПРОС
ТИП ОБЪЕКТА

– Как узнать тип объекта obj
(obj – переменная любого типа):

1. isinstance(obj, object)
2. type(obj)
3. issubclass(obj, object)

ВОПРОС
КЛАССЫ РОДИТЕЛИ И КЛАССЫ ПРЕДКИ

– Есть базовый класс Pet и класс наследник Dog. Что вернет True:

1. issubclass(Pet, Dog)
2. issubclass(Dog, object)
3. issubclass(Pet, object)
4. issubclass(Dog, Pet)

ВОПРОС
ПРОВЕРКА НА ПРИНАДЛЕЖНОСТЬ К ТИПУ

– Есть базовый класс Pet и класс наследник Dog. Что вернет True:

1. isinstance(Pet(), object)
2. isinstance(Dog(), Dog)
3. isinstance(Pet(), Dog)
4. isinstance(Dog, Dog)
5. isinstance(Dog(), Pet)

ВОПРОС
ПОЛИМОРФИЗМ

– Полиморфизм – это:

1. Изменение кода программной системы в ходе ее работы
2. Многообразие типов программ, которое можно создать
3. Разное поведение одноименных методов для разных классов

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ СЛОЖНОСТЬ

- Вычислительная сложность алгоритма это ***зависимость объема работы, выполняемой алгоритмом, от размера входных данных***

- Рассматривается в теории алгоритмов и изучения сложности вычислений, которая:
  - Исследует **скорость работы алгоритма**
  - Анализирует объемы потребляемых им ресурсов (памяти)

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ СЛОЖНОСТЬ
ВАРИАНТЫ ОЦЕНКИ СЛОЖНОСТИ

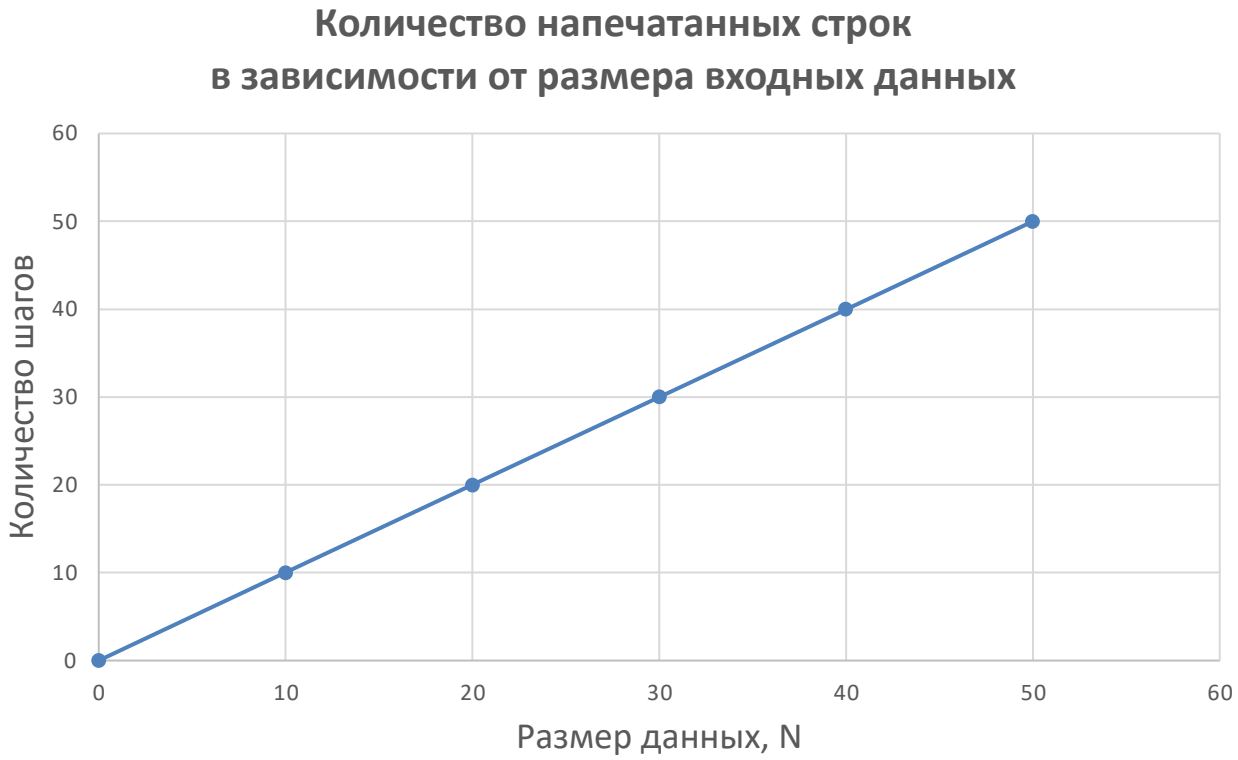
- Сложность алгоритмов в теории обозначается буквой O – например, O(n)
- Сложность называется **временно′й**, если оценивается время работы алгоритма
- Можно также измерять **пространственную** (**объемную**) сложность, которая показывает сколько памяти занимает алгоритм
- Мы будем проводить эксперименты с временно′й сложностью

ДЛЯ ЧЕГО ЭТО НУЖНО:

- Выбор лучших алгоритмов при разработке
- Обзоры/инспекции кода (Code Review), проверяющие:
  - следование правилам оформления кода
  - соответствие кода решаемой задаче
  - безопасность кода
  - оптимальное использование ресурсов
  - выбор оптимального алгоритма
- Оптимизация/рефакторинг кода
- Тестирование:
  - автономное (модульное)
  - функциональное, интеграционное, регресс
  - нагрузочное (стресс) тестирование

ПРИМЕРЫ АЛГОРИТМОВ
ЛИНЕЙНАЯ СЛОЖНОСТЬ

- complexity_analysis.py / print_all()
- График показывает количество шагов алгоритма в зависимости от N:



Сложность алгоритма пропорциональна N

В этом случае говорят, что алгоритм имеет линейную сложность

ПРИМЕРЫ АЛГОРИТМОВ
ЛИНЕЙНАЯ СЛОЖНОСТЬ

- complexity_analysis.py / print_odd()
- График показывает количество шагов алгоритма в зависимости от N:

Количество шагов алгоритма равно N/2

Сложность алгоритма также пропорциональна N

Этот алгоритм также имеет линейную сложность

ПРИМЕРЫ АЛГОРИТМОВ
КВАДРАТИЧНАЯ СЛОЖНОСТЬ

- complexity_analysis.py / print_pairs()
- График показывает количество шагов алгоритма в зависимости от N:

Количество шагов алгоритма равно $N * N = N^2$

Сложность алгоритма также пропорциональна N^2

Этот алгоритм имеет квадратичную сложность

СРАВНЕНИЕ АЛГОРИТМОВ ЛИНЕЙНОЙ И КВАДРАТИЧНОЙ СЛОЖНОСТИ

- Графики алгоритмов линейной и квадратичной сложностей в зависимости от объемов данных (N):

Если одну и ту же задачу можно решить линейным и квадратичным алгоритмом, то какой из них следует выбрать?

ПРИМЕРЫ АЛГОРИТМОВ
ЛОГАРИФМИЧЕСКАЯ СЛОЖНОСТЬ

- complexity_analysis.py / print_dbl_steps()
- График показывает количество шагов алгоритма в зависимости от N:

Количество шагов пропорционально $\log_2(N)$

Сложность алгоритма также пропорциональна $\log_2(N)$

Этот алгоритм имеет логарифмическую сложность

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ РАБОТЫ ПРОГРАММЫ

- Функция time() в модуле time
- Определите время начала работы алгоритма
- Дайте отработать алгоритму
- Определите разницу между текущим временем и временем начала работы

- С помощью скрипта ops.py найдите сколько операций в секунду выполняет ваш Python
- Какова вычислительная сложность алгоритма, приведенного в этом скрипте?

ПРАВИЛА ОЦЕНКИ СЛОЖНОСТИ

КАК ОПРЕДЕЛИТЬ ОБЩУЮ СЛОЖНОСТЬ?

- Оценивается сложность при стремлении размера входных данных к бесконечности
- Оценивается худший вариант работы алгоритма
- Используется только та часть алгоритма, которая дает наибольший прирост времени исполнения от объема данных:

Допустим, некоторому алгоритму нужно выполнить $4n^3 + 7n$ условных операций, чтобы обработать n элементов входных данных. При увеличении n на итоговое время работы будет значительно больше влиять возведение n в куб, чем умножение его на 4 или же прибавление $7n$. Тогда говорят, что временная сложность этого алгоритма равна $O(n^3)$, т. е. зависит от размера входных данных кубически.

https://tproger.ru/articles/computational-complexity-explained

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СЛОЖНОСТИ №1

Рассмотрите следующий код:

```
def repeat_chars(st):
    """ (str) -> str"""
    double = ''
    for ch in st:
        double = double + ch * 2
    return double
```

Как растет число шагов алгоритма при росте len(st):

1. Число шагов постоянно и не зависит от длины строки
2. Растет логарифмически в зависимости от len(st)
3. Растет линейно в зависимости от длины строки st
4. Растет квадратично в зависимости от len(st)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СЛОЖНОСТИ №2

Рассмотрите следующий код:

```
def first_thirty(s):
    """ (str) -> str"""
    thirty = ''
    for i in range(30):
        thirty = thirty + s[i]
    return thirty
```

Как растет число шагов алгоритма при росте len(st):

1. Число шагов постоянно и не зависит от len(st)
2. Растет логарифмически в зависимости от len(st)
3. Растет линейно в зависимости от длины строки st
4. Растет квадратично в зависимости от len(st)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СЛОЖНОСТИ №3

Рассмотрите следующий код:

```
def some_total(a_list):
    """ (list of numbers) -> number"""
    total = 0
    for item in a_list:
        for i in range(10):
            total = total + item * i
    return total
```

Как растет число шагов алгоритма в зависимости от длины списка:

1. Число шагов постоянно
2. Растет логарифмически в зависимости от len(a_list)
3. Растет линейно в зависимости от длины списка
4. Растет квадратично в зависимости от len(a_list)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СЛОЖНОСТИ №4

Рассмотрите следующий код:

```
>>> x = 5
>>>
>>> st = "some string"
>>>
>>> first_char = st[0]
>>>
>>>
if x > 10:
    print("A lot of!")
else:
    print("So few...")


So few...
```

Определите сложность для каждого оператора в этом коде.

Какова эта сложность?

СРАВНЕНИЕ СЛОЖНОСТЕЙ

- Имеются такие сложности алгоритмов:
  - $O(N)$, $O(N^2)$, $O(N^3)$, $O(\log N)$, $O(1)$
- Алгоритм с какой сложностью будет:
  - Самый быстрый?
  - Самый медленный?
- Перечислите все эти сложности по возрастанию времени работы алгоритма, т.е. от самого быстрого алгоритма к самому медленному

ВЫЗОВЫ ФУНКЦИЙ
КАК ОПРЕДЕЛИТЬ ОБЩУЮ СЛОЖНОСТЬ?

- Если одна функция вызывает другую, то их сложности перемножаются
- Если функции вызываются по очереди, то их сложности складываются
- См. func_complexity.py
- Определите сложности алгоритмов для multiply_complexity() и add_complexity()

ЛИНЕЙНЫЙ ПОИСК И ВРЕМЯ РАБОТЫ
ДОКАЖИТЕ СЛОЖНОСТЬ

- См. search_linear.py – реализация линейного поиска
- Измерьте время работы с помощью time
- Как меняется время работы алгоритма в зависимости от объемов данных?
- Докажите линейную сложность алгоритма как теоретически, так и практически

БИНАРНЫЙ ПОИСК
ДОКАЖИТЕ СЛОЖНОСТЬ

- Для использования бинарного поиска массив данных должен быть отсортирован
- См. search_binary.py – реализация бинарного поиска
- С каждой итерацией половина элементов массива отбрасывается
- Докажите теоретически, что сложность этого алгоритма логарифмическая

СРАВНЕНИЕ АЛГОРИТМОВ ПОИСКА
ЛИНЕЙНЫЙ ПОИСК

Размер данных	Количество шагов
1	1
2	2
3	3
4	4
…	…
N	N

СРАВНЕНИЕ АЛГОРИТМОВ ПОИСКА
БИНАРНЫЙ ПОИСК

Размер данных	Количество шагов
2	1
4	2
8	3
16	4
32	5
…	…
N	$Log_2(N)$

СРАВНЕНИЕ АЛГОРИТМОВ ПОИСКА
ПРОФИЛИРОВАНИЕ

- Профилирование – тестовый прогон программы со сбором статистики
- Профилировать – исполнять код для измерения потребления памяти и скорости

- В Python имеется встренный модуль cProfile:
  - import cProfile
  - help(cProfile.run)

- Профилируем алгоритмы линейного и бинарного поиска
- Находим вариант оптимизации для алгоритма линейного поиска

СЛОЖНОСТЬ ОПЕРАЦИЙ СО СПИСКОМ

- Список list реализован в Python как массив переменной длины
- Алгоритмические сложности основных операций со списком:
  - Вставка в произвольную позицию – O(N)
  - **Добавление в конец списка – O(1)**
  - **Получение элемента – O(1)**
  - **Удаление с хвоста, pop() – O(1)**
  - Удаление любого элемента – O(N)
  - Проход по списку – O(N)
  - Получение длины – O(1)
- Результаты измерений см. http://aliev.me/runestone/AlgorithmAnalysis/Lists.html

СЛОЖНОСТЬ ОПЕРАЦИЙ СО МНОЖЕСТВОМ

- Алгоритмические сложности основных операций со множеством:
  - **Проверить наличие элемента/добавить элемент в множество – O(1)**
  - Отличие множества A от B – O(длина A)
  - Пересечение множеств A и B – O(минимальная длина A или B)
  - Объединение множеств A и B – O(N), где N – это длина A + длина B
  - Получение длины – O(1)

- См. https://tproger.ru/translations/data-structure-time-complexity-in-python

СЛОЖНОСТЬ ОПЕРАЦИЙ СО СЛОВАРЕМ

- В словаре ключ используется для получения, установки и удаления элемента
- Алгоритмические сложности основных операций со словарем:
  - **Получение элемента – O(1)**
  - **Установка элемента – O(1)**
  - **Удаление элемента – O(1)**
  - Проход по словарю – O(N)
  - Получение длины – O(1)
- См. https://tproger.ru/translations/data-structure-time-complexity-in-python

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ !

ВОПРОСЫ ?

School of Computer Science