Министерство образования и науки Российской Федерации

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ИКНТ Высшая школа киберфизических систем и управления

Работа допущена к защите

Руководитель ОП

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ А.В. Милицын

«\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2023 г.

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**

**РАБОТА БАКАЛАВРА**

**ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

по направлению подготовки 27.03.04 - Управление в технических системах

профиль 27.03.04\_05 - Интеллектуальные системы обработки информации и

управления

Выполнил

студент гр.3532704/90501 А.М. Мустафин

Руководитель

доцент В.М. Филиповский

Консультант

по нормоконтролю Л.А. Киселёва

Санкт-Петербург

2023

**РЕФЕРАТ**

На 40 с., 10 рисунков, 2 приложения.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ИДЕНТИФИКАЦИЯ СИСТЕМ, ДИНАМИЧЕСКАЯ СИСТЕМА, ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ,

Тема выпускной квалификационной работы: «Веб-приложение для идентификации динамических систем».

Данная работа посвящена проектированию веб-приложения для предоставления доступного инструмента, который позволяет решать задачи идентификации систем. Задачи, которые решались в ходе исследования:

1. Исследование науки идентификации систем;
2. Изучение методов идентификации систем;
3. Исследование сферы веб-разработки;
4. Исследование технологий для построения веб-приложения;
5. Реализация веб-приложения для идентификации динамических систем.

Приложение спроектировано на основе фреймворка Flask с использованием современного модуля Control. Были описаны и имплементированы популярные методы идентификации систем, такие как: идентификация методом наименьших квадратов, вещественно-интерполяционный метод, метод градиентного спуска.

**ABSCTRACT**

49 pages, 22 figures, 4 appendices.

KEYWORDS: IDENTIFICATION OF SYSTEMS, DYNAMIC SYSTEM, WEB-APPLICATION, FLASK.

The topic of the final qualification work is "Web application for identification of dynamic systems".

This work is devoted to designing a web application to provide an accessible tool that allows you to solve the problem of identification of systems. The tasks that were solved during the research were:

1. To investigate the science of systems identification;
2. Research on system identification methods;
3. Research on the field of web development;
4. Research on technologies to build a web application;
5. Implementation of a web application for the identification of dynamic systems.

The work was carried out of an automated heat supply unit. Research has been done in the field of time series forecasting and various machine learning methods have been applied. All model methods are implemented in Python 3. The model with the best quality of predictions, LSTM, is selected. This model is built into the predictive control module.

Оглавление

[1. Об идентификации динамических систем 7](#_Toc136514242)

[1.1 Общие сведения 7](#_Toc136514243)

[1.2 Построение моделей 7](#_Toc136514244)

[1.3 Основные типы моделей и их использование 8](#_Toc136514245)

[1.4 Основные компоненты процедуры идентификации систем 9](#_Toc136514246)

[2. Веб-приложение 10](#_Toc136514247)

[2.1 Общие сведения 10](#_Toc136514248)

[2.2 Описание архитектуры веб-приложения 10](#_Toc136514249)

[2.3 Краткий обзор HTTP протокола 11](#_Toc136514250)

[2.3.1 HTTP 11](#_Toc136514251)

[2.3.2 HTTPS 12](#_Toc136514252)

[2.4 Веб-сервер 13](#_Toc136514253)

[2.5 Виды веб-приложений 15](#_Toc136514254)

[2.5.1 Многостраничные приложения 15](#_Toc136514255)

[2.5.2 Одностраничные приложения 17](#_Toc136514256)

[2.6 Архитектура и паттерны проектирования веб-приложений 17](#_Toc136514257)

[2.6.1 Паттерн проектирования MVC 17](#_Toc136514258)

[2.6.2 Архитектурный стиль RESTful API 18](#_Toc136514259)

[2.7 Технологический стэк 19](#_Toc136514260)

[2.7.1 WSGI 19](#_Toc136514261)

[2.7.2 Flask 19](#_Toc136514262)

[2.8 Реализация 21](#_Toc136514263)

[2.8.1 Основные преимущества 21](#_Toc136514264)

Введение

Веб-приложение для идентификации динамических систем является клиент-серверным инструментальным программным обеспечением с использованием базы данных. Приложение обеспечивает пользователя интерактивным, доступным и дружественным интерфейсом для выполнения различных задач в области идентификации. Приложение позволяет оценивать параметры системы модели на основе входных и выходных данных и анализировать поведение системы.

*Цели данной работы:* облегчение задач идентификации систем, предоставление независимого и доступного программного решения в виде веб-приложения.

*Актуальность бакалаврской работы* заключается в том, что веб-приложение для идентификации систем разрабатывается с концепцией импортозамещения, предоставляя самодостаточное и надежное решение для задач идентификации систем. Существующие решения на рынке, а именно: LabVIEW, MATLAB Simulink, dSPACE SystemDesk, MapleSim находятся под юрисдикцией недружественных стран. В связи с этим возникает острая необходимость в разработке собственных решений, особенно в сфере наукоёмких технологий. Такой подход способствует технологической независимости, обеспечивает доступность инструментов идентификации систем, адаптированных к конкретным потребностям местного сообщества студентов, преподавателей и специалистов в области идентификации систем.

В первом разделе приведены общие сведения о науке идентификации систем. В этом разделе определяются основные термины, такие как: система, динамическая система, идентификация. Рассматриваются типы моделей, описывающие системы. Также уделяется внимание о способах построения модели и методам идентификации.

Во втором разделе описывается процесс разработки веб-приложения. Производится экскурс в терминологическую базу веб-разработки. Кратко обозреваются основные технологии: HTTP, веб-сервер, паттерны проектирования, интерфейс WSGI, фреймворк Flask и непосредственно реализацию приложения.

Стоит отметить достоинства веб-приложения. Доступность – к приложению доступ возможен с любого устройства, подключенного к глобальной сети Интернет, этот аспект устраняет необходимость в установке ПО, а также избавляет пользователя от особых требований к его оборудованию. Возможность создания профиля – это позволяет сохранять идентифицированные модели систем в профиле пользователя.

Данное приложение разработано с открытым исходным кодом, это значит, что исходный код находится в свободном для проверки и модификаций доступе. Таком образом, соблюдение принципов открытого исходного кода в разработке веб-приложения способствует развитию культуры обмена знаниями и даёт пользователям продукта возможность использовать опыт сообщества инженеров-программистов в области идентификации систем.

# Об идентификации динамических систем

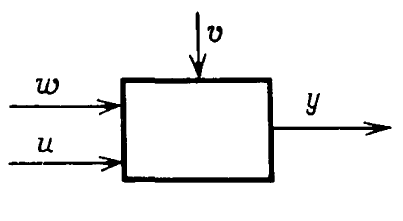
## Общие сведения

Наука идентификации исследует методы, которые позволяют формировать модели динамических систем на основе результатов наблюдений.

Система – это объект, в котором происходит взаимодействие между разнотипными переменными и формируются наблюдаемые сигналы (Льюинг)

Наблюдения представляют из себя входные и выходные данные. Входные данные – это любые управляющие воздействия, в том числе, шумы, представленные в формате временных рядов. Выходные данные – те данные, которые можно зафиксировать, например, приборами.

Динамические системы – такие системы, в которых текущее значение выходного сигнала зависит не только от текущих, но и более ранних значений внешних воздействий.



*y* – выходной сигнал; – неизмеримая помеха; – измеримая помеха;

*u –* входной сигнал управления

Рисунок 1 – Система в общем виде

* 1. **Построение моделей**

Построение моделей основывается на данных наблюдений. Так, например, субъективная модель динамики управления движением велосипеда основана на личном опыте велосипедиста. Графические модели наполняются результатами некоторых измерений.

Для построения математических моделей используют один из двух способов. Первый способ состоит в том, чтобы провести декомпозицию системы на такие подсистемы, свойства которых очевидны из ранее накопленного опыта, например, из известных законов физики или других надежных и доказанных соотношений. Далее необходимо формально на математическом языке объединить эти подсистемы. Полученное описание становится моделью всей системы.

Суть второго способа построения как математических, так и графических моделей заключается в использовании экспериментальных данных. В этом случае ведется фиксация входных и выходных сигналов системы, и модель формируется в результате обработки соответствующих данных. Этот способ называется – **идентификация**.

* 1. **Основные типы моделей и их использование**

В задачах описания динамических систем необходимо соотнести между собой переменные, которые характеризуют систему. Назовём совокупность предполагаемых связей между наблюдаемыми сигналами **моделью**. Обзорно рассмотрим типы моделей:

1. Умозрительные (субъективные). Наиболее часто применяются в бытовой жизни, в этом типе моделей нет математики. Например, для увеличения скорости езды при управлении велосипедом достаточно знать, что при увеличении частоты и силы вращения педалей, увеличится скорость движения;
2. Графические модели. Такие модели описывают свойства некоторых систем в виде графиков, диаграмм и таблиц. Например, графики статических характеристик могут описать некоторые нелинейные звенья: реле, клапаны. Линейные системы могут быть представлены импульсными реакциями, реакциями на ступенчатое воздействие или частотными характеристиками;
3. Аналитические (или математические) модели. В этих моделях соотношения, описывающие связи между системными переменными, задаются в виде разностных и дифференциальных уравнений. В зависимости от типа используемых разностных или дифференциальных уравнений такие модели, в свою очередь, могут быть непрерывными или дискретными по времени, сосредоточенные или распределенные, детерминированные или стохастические, линейные или нелинейные и т. д.;
4. Программные модели. Программа для ЭВМ также может быть моделью, т. к. она описывает поведение сложных систем на языке программирования. Это описание может быть представлено в виде совокупности взаимодействующих между собой подпрограмм.
   1. **Основные компоненты процедуры идентификации систем**

Введем основные компоненты, которые возникают при проектировании модели системы по данным наблюдения:

1. Данные наблюдений. Входные и выходные данные регистрируются в процессе проведения целенаправленных идентификационных экспериментов, когда пользователь может задать перечень и моменты изменения сигналов.

2. Множество моделей. Множество моделей-кандидатов формируется в результате применения методов моделирования. В этом множестве выполняется поиск наиболее подходящей модели. На этом этапе знание формальных свойств моделей необходимо соединить с априорным знанием, инженерным искусством и интуицией. Набор моделей, у которых параметры рассматриваются прежде всего, как варьируемые средства подстройки моделей к имеющимся данным и не отражают физики процесса, называется *черным ящиком*. Множества моделей с настраиваемыми параметрами, допускающими физическую интерпретацию, называют *серыми ящиками*.

3. Правило оценки степени соответствия испытываемой модели данным наблюдений. Оценка качества модели связана, как правило, с изучением поведения моделей в процессе их использования для воссоздания данных наблюдений. На этом этапе производится выбор из множества моделей-кандидатов наилучшей модели.

# Веб-приложение

## Общие сведения

Веб-приложение – это разновидность программного обеспечения, доступ к которому обеспечивается средствами веб-браузера. Веб-браузер – это программа, которая отправляет запросы, получает и обрабатывает ответы от имени пользователя на его устройстве. Обязательным условием функционирования веб-приложения является наличие стабильного соединения с глобальной сетью Интернет. Одно из главных отличительных особенностей такого вида приложений является кроссплатформенность и независимость от аппаратной конфигурации устройства, у которого есть доступ в сеть.

В этом разделе изложены основные идеи и концепции построения веб-приложения, начиная от описания клиент-серверной архитектуры и краткого обзора протокола HTTP, заканчивая описанием реализации обработчиков запросов фреймворка Flask. При помощи этого фреймворка реализуется веб-приложение для идентификации динамических систем.

## Описание архитектуры веб-приложения

Архитектура программного обеспечения (ПО) – это организация и структура системы, определяющая ее компоненты, их взаимодействие и принципы организации данных. Она определяет основные аспекты системы, такие как разделение ответственности, модульность, коммуникацию и распределение функций.

Глобально любое веб-приложение основано на клиент-серверной архитектуре. В такой архитектуре есть устройство, которое обслуживает запросы, и есть устройство, которые эти запросы направляет. Сервер – это устройство, на котором установлены программы, которые обслуживают запросы клиентов. Клиент – это программа пользователя, которая удовлетворяет его потребностям.

На этапе инициации клиент устанавливает соединение с сервером с помощью протокола транспортного уровня TCP. Клиент может использовать одно и то же соединение для работы с сервером или инициировать новое соединение каждый раз. Это зависит от задачи, конфигурации сети и конкретных настроек оборудования. После установки соединения клиент посылает HTTP-сообщение с телом и параметрами запроса. Сервер принимает это сообщение и на основании логики работы формирует и отправляет HTTP-сообщение ответа. Таким образом, организовывается сеанс сессии. Остановимся подробнее на протоколе HTTP.

## Краткий обзор HTTP протокола

### HTTP

В основе клиент-серверного взаимодействия лежит протокол прикладного уровня модели OSI: протокол HTTP (HyperText Transfer Protocol). HTTP был разработан как протокол обмена данными между веб-сервером и веб-браузером. Который используется для передачи между клиентом и сервером (хранителем) файлов HTML, CSS, JS, изображений, аудио, видео, введённых пользователем данных и прочего. Клиент (веб-браузер) отправляет серверу (веб-серверу) запросы и получает от него ответы. Сервер в рамках взаимодействия всегда «ожидает» инициации от клиента.

Одна из ключевых особенностей HTTP заключается в его безсостоятельности (statelessness), что означает, что сервер не сохраняет информацию о предыдущих запросах от клиента. Каждый запрос рассматривается отдельно, без памяти о предыдущем состоянии. Вместо этого, клиент может передавать информацию в запросах, используя заголовки и тело запроса.

Протокол HTTP определен методами запроса, которые указывают тип операции, выполняемой на ресурсе. Некоторые из наиболее распространенных методов включают GET (запрос на получение ресурса), POST (отправка данных на сервер для обработки), PUT (замена или обновление ресурса) и DELETE (удаление ресурса). Вместе с методом запроса указывается URL (Uniform Resource Locator – унифицированный указатель ресурса) или URI (Uniform Resource Identifier)

HTTP также определяет коды состояния, которые указывают результат выполнения запроса. Например, код состояния 200 означает успешный запрос, а код 404 - что запрошенный ресурс не найден. Коды состояния помогают клиенту и серверу взаимодействовать и корректно обрабатывать результаты запросов.

Кроме методов и кодов состояния, HTTP также определяет заголовки, которые предоставляют метаданные о запросе или ответе. Заголовки могут содержать информацию о типе содержимого, длине запроса или ответа, аутентификации и другие дополнительные параметры, необходимые для обработки запроса.

HTTP протокол стал основой для развития веб-технологий и позволил создать мощные веб-приложения и сервисы. Например, с использованием HTTP можно передавать данные в различных форматах, таких как HTML, JSON или XML. Это позволяет клиентским приложениям обмениваться данными с сервером и отображать их в пользовательском интерфейсе.

В целом, HTTP является фундаментальным протоколом, обеспечивающим передачу данных в Интернете. Он обеспечивает структурированное клиент-серверное взаимодействие и предоставляет механизмы для передачи запросов, получения ответов и обработки различных кодов состояния. Благодаря своей простоте и универсальности, HTTP стал неотъемлемой частью современного веб-разработки и обеспечивает передачу данных между клиентами и серверами с высокой эффективностью и надежностью. [[официальная спецификация](https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc9112)]

### HTTPS

HTTPS (Hypertext Transfer Protocol Secure) - это защищенная версия протокола HTTP, обеспечивающая безопасную передачу данных между клиентами и серверами в сети Интернет. Он предоставляет шифрование и аутентификацию, чтобы обеспечить конфиденциальность и целостность данных, передаваемых между клиентом и сервером.

Основной механизм безопасности HTTPS - это использование SSL (Secure Sockets Layer) или его последующего преемника, TLS (Transport Layer Security). SSL/TLS используют асимметричное и симметричное шифрование для защиты данных. При установлении соединения между клиентом и сервером происходит, так называемое, "рукопожатие", где клиент и сервер обмениваются сертификатами и устанавливают общий секретный ключ для шифрования и расшифровки данных.

Протокол HTTPS также использует порт 443, в отличие от порта 80, который используется протоколом HTTP. При использовании HTTPS веб-сайты имеют URL, начинающийся с "https://" вместо "http://".

Одним из ключевых преимуществ HTTPS является обеспечение конфиденциальности пользовательских данных. Все данные, передаваемые между клиентом и сервером, включая логины, пароли, кредитные карты и другую чувствительную информацию, шифруются, что делает их невозможными для прочтения злоумышленниками. Это особенно важно при передаче данных через общедоступные или ненадежные сети, такие как общественные Wi-Fi сети.

HTTPS также обеспечивает аутентификацию (подтверждение подлинности) сервера. Клиент может быть уверен, что он связывается с правильным сервером, так как сервер предоставляет свой цифровой сертификат, выданный надежным удостоверяющим центром. Это защищает от атак "Man-in-the-Middle", при которых злоумышленник пытается подменить сервер и перехватить данные между клиентом и сервером.

Использование HTTPS становится все более широко распространенным, особенно для веб-приложений, где требуется защита личных данных пользователей. Браузеры и поисковые системы активно поощряют использование HTTPS, и многие сайты уже перешли на этот протокол. Это способствует повышению безопасности и доверия пользователей, обеспечивая защиту их конфиденциальной информации при взаимодействии с веб-сайтами.

## Веб-сервер

Веб-сервер представляет собой программное обеспечение, предназначенное для обслуживания запросов от клиентских устройств и предоставления веб-ресурсов посредством протокола HTTP (Hypertext Transfer Protocol). Веб-серверы играют важную роль в современной информационной инфраструктуре, обеспечивая доступ к веб-страницам, приложениям и другим ресурсам через глобальную сеть Интернет.

Основная функция веб-сервера заключается в обработке и отклике на HTTP-запросы от клиентов. Когда клиент отправляет запрос на получение определенного ресурса, веб-сервер принимает этот запрос и определяет, какой ресурс был запрошен. Затем сервер обращается к хранилищу данных, где хранятся запрошенные ресурсы, и возвращает клиенту соответствующий HTTP-ответ, содержащий запрошенную информацию или указывающий на ошибку.

Веб-серверы могут также выполнять другие функции, такие как аутентификация и авторизация пользователей, управление сеансами, обработка форм, кеширование ресурсов для повышения производительности, шифрование данных с использованием протокола SSL/TLS для обеспечения безопасной передачи информации.

Одним из распространенных вариантов использования веб-сервера является его комбинация с прокси-сервером. Прокси-сервер действует как посредник между клиентом и сервером, перенаправляя запросы от клиента к соответствующему серверу и возвращая ответы обратно клиенту. Прокси-серверы могут выполнять различные функции, включая кэширование, балансировку нагрузки, фильтрацию содержимого, защиту от DDoS-атак (distributed denial-of-service attack) – распределенная атака с целью довести сервер до состояния отказа в обслуживании.

Основная цель веб-сервера заключается в обеспечении доступа к веб-ресурсам и предоставлении эффективного и безопасного взаимодействия между клиентами и серверами. Он играет важную роль в функционировании веб-сайтов, приложений и других онлайн-сервисов, предоставляя пользователю необходимые данные и обеспечивая плавное взаимодействие в сети Интернет.[[1](https://doka.guide/tools/web-server/), [2](https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Learn/Common_questions/Web_mechanics/What_is_a_web_server), [3](https://lectureswww.readthedocs.io/5.web.server/web.server.html)]

## Виды веб-приложений

Все веб-приложения разрабатываются с помощью одних и тех же технологий: HTML, CSS и JavaScript. Однако есть много вариаций организации работы приложения. Выбор способа зависит от цели приложения. Основных подхода всего два: многостраничные приложения и Single Page Applications (одностраничные приложения), но каждый из них делится на подвиды.

### Многостраничные приложения

Многостраничные приложения состоят в основном из статичных страниц. В таких страницах нет изменяемого контента. Их просто разрабатывать, но если страниц становится много (сотни или тысячи), или данные на странице меняются, то придётся генерировать их в режиме реального времени. Для этого нужно затрачивать программные и аппаратные ресурсы: подключать серверные мощности и писать дополнительный код и на каждый переход от одной страницы к другой нужно генерировать и загружать новую страницу, а это занимает время.

Рассмотрим подвиды многостраничных приложений: приложение с набором готовых страниц (файлы расширения .HTML), и приложение, с множеством страниц, которые генерируются на сервере.

*Совокупность готовых статичных страниц*, которые связаны между собой ссылками друг на друга, также имеют право называться веб-приложением, но точнее их будет назвать сайтом. Как правило, такие сайты содержат в себе данные, которые не меняются или слабо меняются с течением времени: это может быть персональный блог или страница с индивидуальными достижениями. Для организации доступа к таким страницам используются веб-сервера, которые по запросу пользователя вернут ему нужный готовый ресурс.

*В случае приложения с динамической генерацией HTML* файлов есть возможность размещать на страницах нестатичные данные, то есть такие, которые меняются с течением времени в зависимости от действий пользователя или в зависимости от внешних изменений. В данной работе используется именно такой подход с помощью шаблонизатора Jinja2.

Jinja2 – это библиотека, написанная на языке программирования Python, которая используется для генерации динамических веб-страниц и других текстовых файлов, позволяя разработчикам разделять логику приложения и представление данных.

Основная цель Jinja2 состоит в том, чтобы упростить процесс создания и управления шаблонами. Шаблоны в Jinja2 являются текстовыми файлами, в которых могут содержаться HTML-разметка и специальные конструкции, называемые выражениями Jinja2. Выражения Jinja2 позволяют вставлять переменные, логические операции, циклы и другие управляющие конструкции внутрь шаблонов.

Jinja2 поддерживает множество полезных функций, таких как условные операторы (if-else), циклы (for), фильтры данных, наследование шаблонов и многое другое. Эти возможности позволяют разработчикам создавать динамические страницы, адаптирующиеся к различным данным и сценариям использования.

Важной особенностью Jinja2 является его отделение логики от представления. Это означает, что разработчики могут создавать шаблоны, содержащие минимальное количество логики и фокусирующиеся на отображении данных. Такой подход повышает читаемость и поддержку кода, упрощает внесение изменений в представления и улучшает повторное использование кода.

Jinja2 также обладает мощными инструментами для обработки ошибок и исключений. Он предоставляет механизмы для обработки ошибок в шаблонах, таких как отсутствие переменных или некорректные выражения, и позволяет разработчикам определить собственные стратегии обработки ошибок.

Использование Jinja2 в проектах Python обеспечивает гибкость и удобство при создании веб-приложений. Он интегрируется с различными фреймворками, такими как Flask и Django, и может быть использован для разработки различных типов проектов - от простых веб-страниц до сложных и масштабируемых приложений.

### Одностраничные приложения

Одностраничные приложения (SPA – Single Page Application) дают возможность разрабатывать клиентские приложения со сложной логикой с помощью JavaScript. В этом подходе отрисовкой содержимого на странице управляет JavaScript. При помощи этого языка программирования можно написать функции, которые будут посылать запросы веб-серверу на получение данных, затем они будут размещены на странице в соответствующих местах. Переходы между экранами будут мгновенными, и пользователь сразу увидит результат своих действий. Однако такой подход создаёт новые проблемы, а именно: большая нагрузка на браузер, вследствие этого падение производительности.

Разработка таких приложений часто сложнее, поэтому в данной выпускной работе вид веб-приложения – многостраничный, но с размещением на них нестатичных элементов, например, интерактивный график переходного процесса. Этот выбор себя оправдывает, так как само приложение не нагружено большим количеством страниц.

## Архитектура и паттерны проектирования веб-приложений

**Архитектура приложения** — это набор решений о том, как модули приложения будут связаны друг с другом и с внешними компонентами. **Паттерны проектирования** – шаблонное решение частной архитектурной проблемы. Важно спроектировать веб-приложения согласно определенном паттерну, исходя из архитектурного решения. Рассмотрим паттерн проектирования MVC, который используется в веб-приложении для идентификации динамических систем. [[1](https://doka.guide/tools/architecture-and-design-patterns/), [2](https://doka.guide/tools/architecture-mvc/)]

### Паттерн проектирования MVC

MVC (Model-View-Controller) — структура приложения, в которой за данные, их обработку и их вывод отвечают три разных сущности:

* Модель (model) отвечает за данные и их структуру, cодержит в себе схему данных приложения;
* Представление (view) отвечает за отображение данных, показывает данные в понятном для пользователя виде;
* Контроллер (controller) или обработчик – отвечает за обработку данных.

Таким образом разделяется ответственность между разными программными модулями. Важно упомянуть о потоке данных между этими сущностями (см. рис. 1):

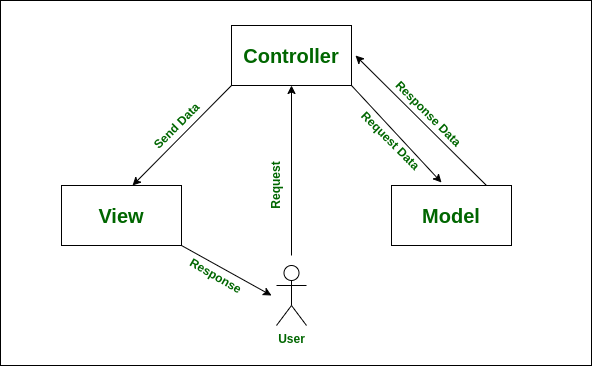
* от пользователя передаются представлению;
* от представления — контроллеру;
* через контроллер обновляется модель;
* модель уведомляет представление о том, что что-то изменилось.

Рисунок 1 – Паттерн проектирования MVC

### Архитектурный стиль RESTful API

RESTful API, или REST API, является архитектурным стилем интерфейса программирования приложений (API), который использует HTTP для своих запросов и может использовать различные форматы данных, такие как XML, но наиболее часто используемый - это JSON.

REST означает "Representational State Transfer". Этот термин был введен и определен Роем Филдингом в его диссертации в 2000 году. [[ссылка](https://www.ics.uci.edu/~fielding/pubs/dissertation/fielding_dissertation.pdf)]

## Технологический стэк

Фреймворк – набор готовых программных пакетов, программных модулей для облегчения труда программистов и экономии времени разработки программного обеспечения. Фреймворк конкретизирует архитектурное решение и позволяет реализовать выбранный паттерн проектирования. Рассмотрим один из фреймворков.

### WSGI

WSGI, или Web Server Gateway Interface, является стандартом для взаимодействия между веб-серверами и веб-приложениями, написанными на Python. WSGI был разработан в качестве универсального интерфейса, что позволяет различным веб-приложениям, фреймворкам и серверам работать вместе.

Стандарт WSGI был определен в PEP 333 и позже уточнен в PEP 3333 для совместимости с Python 3.

Важные аспекты WSGI:

1. **Простота**: WSGI является простым и понятным протоколом. Веб-приложение на Python – это просто функция или метод, принимающий два параметра (словарь с переменными окружения и функцию "start\_response") и возвращающий итерируемый объект с данными ответа.

2. **Универсальность**: Вместо того чтобы веб-серверы и веб-приложения общались друг с другом напрямую, они общаются через WSGI. Это позволяет разработчикам менять серверы или приложения без необходимости изменять другую часть.

3. **Промежуточное ПО (Middleware)**: WSGI поддерживает промежуточное программное обеспечение (middleware), которое может обрабатывать запросы и ответы, перед тем как они достигнут веб-приложения. Это может быть полезно для задач, таких как аутентификация, кеширование, сессии и т.д.

Важно отметить, что большинство разработчиков Python взаимодействуют с WSGI через высокоуровневые фреймворки, такие как Flask или Django, которые обеспечивают абстракции для WSGI и делают его более простым в использовании.

В дополнение к уже упомянутому, можно добавить, что хотя WSGI представляет собой довольно низкоуровневый стандарт и большинство разработчиков взаимодействуют с ним через более высокоуровневые фреймворки, знание и понимание WSGI полезно для лучшего понимания того, как работает веб-сервер, и как веб-приложения обрабатывают запросы.

Веб-сервер, поддерживающий WSGI, заботится о многих низкоуровневых деталях взаимодействия HTTP, таких как разбор HTTP-запроса и форматирование HTTP-ответа. Он также обрабатывает детали, связанные с многопоточностью или асинхронностью, что позволяет WSGI-приложению сосредоточиться на обработке отдельных запросов.

Веб-приложение или фреймворк, использующий WSGI, затем обрабатывает бизнес-логику приложения, обрабатывая каждый запрос, формируя ответ, и возвращая его веб-серверу для отправки обратно клиенту.

Промежуточное ПО (middleware) в контексте WSGI обеспечивает еще один уровень гибкости, позволяя вставлять дополнительную обработку на уровне запроса или ответа. Например, middleware может обрабатывать сессии, кеширование, сжатие, слежение за ошибками и многое другое.

В общем и целом, WSGI является важным компонентом в экосистеме Python для веб-разработки, обеспечивая стандартный способ взаимодействия веб-серверов и веб-приложений.

### Flask

Flask – это минималистичный фреймворк для создания веб-приложений на языке Python. Он предоставляет широкий спектр возможностей и инструментов для быстрой и качественной разработки отзывчивых приложений.

Вот некоторые ключевые особенности данного фреймворка:

1. Легкость использования: Flask имеет простую и интуитивно понятную структуру, которая делает его легким в освоении и использовании. Он предоставляет только базовый функционал, позволяя разработчикам гибко выбирать сторонние инструменты и библиотеки для своих проектов.
2. Маршрутизация URL: Flask предлагает простой способ определения URL-маршрутов и связывания их с соответствующими функциями-обработчиками. Это позволяет определить, как приложение должно отвечать на запросы по определенным URL-адресам.
3. Встроенный сервер разработки: Flask поставляется с встроенным сервером разработки, который упрощает запуск и тестирование веб-приложений без необходимости настройки отдельного веб-сервера.
4. Расширяемость: Flask имеет модульную архитектуру, позволяющую разработчикам добавлять функциональные возможности с помощью расширений (extensions). Существуют множество расширений для Flask, которые обеспечивают поддержку баз данных, авторизацию, формы, обработку файлов, асинхронные запросы и многое другое.
5. Шаблонизация: Flask предоставляет инструменты для использования шаблонов, которые упрощают создание динамических веб-страниц. Шаблонизация позволяет разделить логику и представление веб-приложения, что делает код более удобочитаемым и обеспечивает повторное использование кода. Такой движок шаблонизации называется Jinja2.
6. Поддержка HTTP-методов: Flask обрабатывает различные HTTP-методы, такие как GET, POST, PUT, DELETE и другие, что позволяет легко определять обработчики для разных типов запросов.
7. Отладочные возможности: Flask предлагает отладочные инструменты, которые помогают разработчикам в процессе отладки приложений. Это включает в себя режим разработки, отображение отладочной информации при ошибке и возможность интерактивной отладки.
8. Flask является очень популярным фреймворком для разработки веб-приложений на Python благодаря своей простоте и гибкости. Он хорошо подходит для небольших и средних проектов, где требуется быстрый старт и минимальная настройка.

## Реализация

### Основные преимущества

Основные функции включают в себя: удобный интерфейс пользователя – веб-приложение обладает интуитивно понятным интерфейсом, который упрощает процесс идентификации системы; легкий импорт данных – пользователи могут легко внести данные входных и выходных сигналов, как правило, в виде временных рядов; оценка модели системы – приложение содержит алгоритмы и методы для оценки параметров модели, например, с помощью метода наименьших квадратов, метод максимального правдоподобия или с помощью метода идентификации подпространства; экспорт модели в виде коэффициентов полинома числителя и знаменателя передаточной функции, вывод передаточной функции пользователю; оценка качества идентификации – приложение позволяет оценивать достоверность моделей, отображая основной критерий качества: функционал. Вдобавок, возможно провести валидацию модели с помощью методов остаточного анализа и оценки соответствия модели; вывод графиков, а именно: кривые входных и выходных сигналов, кривая переходного процесса, графики частотных характеристик.

Основной код приложения приведен в Приложении А.

# Заключение

В этой ВКР были рассмотрены и реализованы ключевые методы идентификации динамических систем в контексте разработки веб-приложения. Это приложение обладает возможностью проведения валидации модели, а также отображения нулей и полюсов системы, что делает его уникальным и ценным ресурсом для инженеров, исследователей и студентов в области управления и автоматики.

В процессе работы над этим проектом было продемонстрировано, что современные веб-технологии могут успешно интегрироваться с более сложными и техническими областями, такими как идентификация динамических систем. Использование веб-приложения для этих целей обеспечивает глобальный доступ и удобство использования, что делает его потенциально очень ценным инструментом для глобального научного и инженерного сообщества.

Однако, несмотря на достижение ключевых целей, следует признать, что у данного проекта есть потенциал для дальнейшего развития и улучшения. Возможные области для дальнейшего исследования и улучшения могут включать более продвинутые методы валидации моделей, более глубокую интеграцию с другими системами и технологиями и дальнейшее расширение функциональности приложения.

В заключение, данная ВКР представляет собой важный шаг в направлении совмещения современных веб-технологий и сложных инженерных задач, таких как идентификация динамических систем. Ожидается, что результаты этого проекта окажут значительное влияние на эту область и станут основой для дальнейших исследований и разработок.

# Список литературы

1. Льюинг Л. Идентификация систем. Теория для пользователя / Под ред. Я. З. Цыпкина. М.: Наука, 1991. 432с. – Текст: непосредственный.

2. Дорф Р., Бишоп Р. Современные системы управления. М: Лаборатория Базовых Знаний, 2002. 832с. – Текст: непосредственный.

3. Дилигенская А. Н. Идентификация объектов управления. Самара: Из-во СГТУ, 2009. 136 с. – Текст: непосредственный.

4. Семенов А. Д., Артамонов Д.В., Брюхачев А.В. Идентификация объектов управления. Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2003. 211 с. – Текст: непосредственный.

5. Пугачев В.С. Оценивание переменных и параметров в дискретных нелинейных системах. // Автоматика и телемеханика. 1979. №4. С. 39-51. – Текст: непосредственный.

5. Fielding, Roy. 2000. "Architectural Styles and the Design of Network-based Software Architectures." PhD diss., University of California, Irvine. – Текст: непосредственный.

6. Что такое API? // AWS Amazon. / - URL: <https://aws.amazon.com/ru/what-is/api/> (дата обращения: 23.04.2023). – Текст: электронный.

7. Архитектура и паттерны проектирования // Дока / - URL: <https://doka.guide/tools/architecture-and-design-patterns/> (дата обращения: 23.05.2023) – Текст: электронный.

8. HTTP/1.1 / Internet Engineering Task Force / – URL: <https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc9112> (дата обращения: 29.05.2023).

9. Python Web Server Gateway Interface / Phillip J. Eby / – URL: https://peps.python.org/pep-0333/

# Приложения

## Приложение А