|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**  **«МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ**  **(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»** | | | | |
| **Журнал практики** | | | | |
| Институт № 8 | «Компьютерные науки и прикладная математика» | | | |
|  |  | | | |
| Кафедра | \_\_\_806\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | | Учебная группа | \_\_\_М8О-407Б-19\_\_\_ |
|  |  | |  |  |
| ФИО обучающегося | | \_Инютин Максим Андреевич\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | | |
|  | |  | | |
| Направление подготовки/  специальность | | \_\_01.03.02 Прикладная математика и информатика \_\_\_\_\_\_ | | |
|  | | *шифр, наименование направления подготовки/специальности* | | |
|  | |  | | |
| Вид практики | | \_\_\_\_\_\_преддипломная\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | | |
|  | | *учебная, производственная, преддипломная или другой вид практики* | | |
| Оценка за практику | | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Плотникова Н.О. | | |

Москва

2023

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 1. **Место и сроки проведения практики:** | | |
| Наименование организации: | \_\_Кафедра 806\_\_\_\_\_\_ | |
| Сроки проведения практики |  | |
| дата начала практики: | \_\_09.02.2023\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | |
| дата окончания практики: | \_\_10.05.2023\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | |
| 1. **Инструктаж по технике безопасности:** | | |
| \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | /\_\_Плотникова Н. О.\_\_/ | \_\_\_09 \_февраля\_\_\_ 2023г. |
| *подпись проводившего* | *расшифровка подписи* | *дата проведения* |
| 1. **Индивидуальное задание обучающегося:** | | |
| Создание модуля управления временными рядами сигналов для системы активного мониторинга сложных технических систем\_цифрового двойника промышленных электростанций, использующих газотурбинное оборудование. | | |
| 1. **План выполнения индивидуального задания обучающегося:** | | |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **№ п/п** | **Место проведения** | **Тема** | **Период выполнения** |
| 1 | Кафедра 806 | Инструктаж. | 09.02.2023-09.02.2023 |
| 2 | Кафедра 806 | Проектирование модели организационной структуры и данных датчиков. | 10.02.2023-21.02.2023 |
| 3 | Кафедра 806 | Изучение средств и технологий. | 22.02.2023-01.03.2023 |
| 4 | Кафедра 806 | Реализация модуля управления деревом организационной структуры. | 02.03.2023-16.03.2023 |
| 5 | Кафедра 806 | Реализация модуля управления временными рядами. | 17.03.2023-30.03.2023 |
| 6 | Кафедра 806 | Проведение теста производительности. | 31.03.2023-14.04.2023 |
| 7 | Кафедра 806 | Оформление отчета. Подведение итогов. | 15.04.2023-10.05.2023 |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Утверждаю** | | |
| \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | /\_Плотникова Н. О.\_/ | \_\_\_09 \_февраля\_\_\_ 2023г. |
| *подпись руководителя от МАИ* | *расшифровка подписи* | *дата утверждения* |
| \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | /\_\_\_\_Дзюба Д. В.\_\_\_\_/ | \_\_\_09 \_февраля\_\_\_ 2023г. |
| *подпись руководителя от организации/предприятия* | *расшифровка подписи* | *дата утверждения* |
| **Ознакомлен** | | |
| \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | /\_\_\_Инютин М. А.\_\_\_/ | \_\_\_09 \_февраля\_\_\_ 2023г. |
| *подпись обучающегося* | *расшифровка подписи* | *дата ознакомления* |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 1. **Отзыв руководителя практики от организации/предприятия:** | | |
| Работа Инютина Максима Андреевича посвящена актуальной теме автоматизации управления структурной системы мониторинга цифрового двойника промышленных электростанций, использующих газотурбинное оборудование. Цифровой двойник позволяет проводить предиктивный аналих возможных сбоев в работе оборудования и тем самым предотвращать возможные аварии. Студент самостоятельно спроектировал и реализовал модуль, который позволяет осуществлять переконфигурирование структуры датчиков цифрового двойника электростанции в процессе оптимизации модели. Модель позволяет экономить время на конфигурацию системы сбора и хранения событий с датчиков, а также упрощает задачу работы с данными за счёт встроенного модуля интерполяции значений датчиков. Разработанный студентом модуль уже применятся в тестовом режиме в составе промышленного комплекса сбора и обработки данных с газотурбинного оборудования. Материалы, изложенные в отчёте обучающегося, полностью (или не полностью) соответствуют индивидуальному заданию. | | |
| \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | /\_\_\_Дзюба Д. В.\_\_\_/ | \_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2023 г. |
| *подпись руководителя от организации/предприятии* | *расшифровка подписи* | *дата* |

|  |
| --- |
| 1. **Отчет обучающего по практике:** |

Актуальность темы данной работы связана с распространением цифровых двойников объектов и систем. Их создание позволяет моделировать отдельные процессы или объекты целиком, проводить тесты, анализировать полученные данные для подбора оптимальных параметров системы. Один из способов создания цифрового двойника — установка сенсоров и сбор данных с них. Полученную информацию необходимо систематизировать и хранить. На предприятии может быть очень много оборудования, поэтому нужно внедрять эффективный и надёжный модуль хранения данных датчиков.

Одной из актуальных областей применения цифровых двойников является создание системы мониторинга и предиктивной аналитики работоспособности газотурбинного оборудования электростанций.

Цель работы — разработать модуль, обеспечивающий управление структурой хранения временных рядов и данными сенсоров для системы мониторинга цифрового двойника промышленных электростанций, использующих газотурбинное оборудование. Для достижения поставленной цели в работе были решены следующие задачи:

1. спроектирована модель данных дерева организационной структуры предприятия;
2. описаны способы взаимодействия: добавление, удаление и изменение вершин и рёбер дерева;
3. спроектирована модель хранения временных рядов датчиков;
4. изучены средства и технологии, которые будут применятся в ходе разработки программного продукта;
5. реализован модуль управления графом организационной структурой и данными;
6. разработан алгоритм объединения данных датчиков с разными частотами дискретизации;
7. реализована генерация данных для таблиц датчиков, алгоритм получения наборов временных рядов;
8. произведён тест производительности реализованного модуля, проведено сравнение двух алгоритмов хранения и считывания данных.

Для разбработки программы необходимо изучить инструменты и методы, решающие поставленные задачи. Работа основывается на следующих СУБД, библиотеках, технологиях и алгоритмах:

1. Python является основным языком программирования, который использовался при решении задач;
2. FastAPI реализует веб-интерфейс для взаимодействия с модулем и базами данных, SwaggerUI визуализирует веб-интерфейс;
3. SQLAlchemy позволяет работать с базами данных на основе объектно-ориентированного подхода;
4. PostgreSQL обеспечивает хранение дерева организационной структуры предприятия и информации о датчиках;
5. ClickHouse хранит большие объёмы данных, получаемые от сенсоров;
6. Docker позволяет разворачивать и переносить изолированные контейнеры с базами данных;
7. GraphViz визуализирует дерево организационной структуры;
8. метод двух указателей используется для объединения таблиц датчиков с разными частотами дискретизации.

В результате выполнения работы был разработан модуль управления временными рядами и деревом организационной структуры предприятия, позволяющий генерировать и полученать наборы временных рядов, управлять, изменять, визуализировать граф организационной структуры, добавлять новые датчики и организационные единицы.

Результаты работы предназначены для автоматизации сбора данных данных с датчиков, установленных на предприятии. Собранные данные передаются в базу данных для последующего мониторинга, диагностики и аналитики, расчёта оптимальных параметров на предприятии.

Использование разработки позволяет ускорить процесс создания цифрового двойника системы, а так же сделать его более точным. Модуль обеспечивает надёжное хранение организационной структуры предприятия и быстрый доступ к данным сенсоров оборудования.

Цифровой двойник — это виртуальная копия объекта или системы, созданная на основе данных, полученных из реального мира. Цифровые двойники могут быть созданы для любого объекта или системы, от автомобилей до зданий и даже городов.

Они используются в различных сферах и областях, включая проектирование и строительство, управление городами и транспортом, энергетику и промышленность, медицину и многое другое. Цифровые двойники позволяют смоделировать объект или систему в виртуальной среде, чтобы оптимизировать его производительность, улучшить безопасность и снизить затраты.

Одним из наиболее распространенных применений цифровых двойников является проектирование и строительство зданий. Цифровые двойники зданий могут использоваться для оптимизации проектирования, улучшения эффективности энергопотребления и сокращения времени строительства. В промышленности цифровые двойники используются для оптимизации производственных процессов, улучшения качества продукции и снижения затрат на производство. Цифровые двойники могут помочь смоделировать производственную линию и определить оптимальные настройки оборудования для снижения изонса. Они также используются в медицине для создания виртуальных моделей пациентов. Это позволяет врачам более точно диагностировать и лечить заболевания, а также планировать сложные операции.

В целом, цифровые двойники становятся все более распространенными и играют важную роль в различных областях. Они помогают улучшить безопасность и экономическую эффективность объектов и систем, а также ускоряют процесс разработки и производства.

Для автоматизации создания цифровых двойников необходимы компьютерные алгоритмы и технологии, создающие копии объектов и систем. Такой подход позволяет не только ускорить процесс создания цифровых двойников, но и улучшить их точность и качество.

Одним из распространенных методов автоматизации создания цифровых двойников является использование программного обеспечения для моделирования. Это позволяет создавать точные виртуальные модели объектов и систем на основе данных, полученных из реального мира. Программное обеспечение может быть настроено для определения оптимальных параметров объекта или системы, а также для проведения различных симуляций и тестов.

Ещё одним методом является использование искусственного интеллекта и машинного обучения. Это позволяет создавать более точные и детальные модели объектов и систем, а также оптимизировать процесс создания цифровых двойников. Искусственный интеллект может быть настроен для обработки больших объемов данных и автоматического анализа полученной информации.

Автоматизация создания цифровых двойников имеет большое значение для различных отраслей энергетики, промышленности, медицины, строительства и других областей. Не менее важно собирать и хранить данные объекта для создания цифрового двойника.

Автоматизировать сбор данных с объекта можно с помощью различных сенсоров, таких как лазерные сканеры, фотокамеры, акселерометры, гироскопы и другие. Датчики могут быть установлены на объекте или системе и использоваться для удалённого сбора данных. Собранные данные затем обрабатываются и хранятся в базе данных.

Другим методом автоматизации сбора данных является использование систем мониторинга и диагностики. Эти системы могут быть установлены на объекте или системе и использоваться для непрерывного мониторинга и анализа различных параметров, таких как температура, давление, вибрация, электрические параметры и другие. Собранные данные затем передаются в базу данных для дальнейшей обработки и хранения.

Поступающих данных может быть очень много, поэтому важно быстро и эффективно сохранять их в базе данных. Потери этих данных недопустимы, так как могут привести к серьёзным последствиям при моделировании объекта или системы, для которой создаётся цифровой двойник.

Для работы системы мониторинга и предиктивных моделей с объектов предприятия собираются исходные данные. Оборудование оснащено датчиками, собирающими данные с разными частотами дискретезации.

Так как оборудование взаимосвязано и образует сложные технологические цепочки, границы принадлежности датчика к тому или иному оборудованию размыты. Один датчик может входить в состав моделей для разных единиц оборудования. Однако все датчики могут быть однозначно отнесены к одному объекту организационной структуры предприятия. Количество всех параметров для одного объекта может составлять несколько тысяч.

Задачей является разработать модуль, обеспечивающий управление структурой хранения временных рядов и данными сенсоров для системы мониторинга цифрового двойника промышленных электростанций, использующих газотурбинное оборудование. Временные ряды должны хранится в ClickHouse, а справочники в PostgreSQL. При реализации необходимо предусмотреть следующие особенности:

1. возможность определять структуру таблиц — наборы и типы датчиков к привязке к оргнизационной структуре;
2. частота дискретезации датчиков может быть разной: в какой-то момент времени не у всех датчиков есть значение, тогда это событие достраивается по последнему известному значению на этот момент;
3. датчики имеют глобальные уникальные идентификаторы;
4. для получения данных должна быть возможность получать вектора (все значения датчиков), временной ряд, набор рядов;
5. механизм настройки, который будет позволять сопоставлять код датчика к организационной единице;
6. дерево оборудования связано с сигналами отношением многие ко многим.

Программный продукт может быть использован в промышленности и энергетики для хранения и последующей аналитики временных рядов. Можно определить лучшие микроклиматические условия для работы человека, способствующие повышению эффективности работника, а так же оптимальные параметры оборудования на предприятии для уменьшения износа их деталей и продления срока службы.

Модуль может быть полезен в сфере энергетики для определения пиковых нагрузок на электростанции для оптимизации работы технических систем. Важно уметь быстро устранять неисправности оборудования, применять горячее или холодное резервирование, чтобы повысить отказоустойчивость электростанции. Не менее важно регулярно проводить техническое обслуживание техники для предовтращения аварий, этого можно достичь с помощью предиктивной аналитики временных рядов параметров технических систем. Всё это может существенно снизить расходы на обслуживание, тем самым снижая стоимость электричества.

Так же модуль может быть использован для аналитики в финансовой сфере. Успех инвестиций напрямую зависит от курса валюты или акции, который можно проанализировать как временной ряд. В сфере телекоммуникаций можно анализировать трафик в сети как временной ряд для оптимизации работы в пиковое время, когда абоненты одновременно загружают сеть.

Базы данных хранятся в постоянной памяти компьютера. Твердотельные накопители быстрее записывают и считывают данные, что может ускорить работу модуля. Для повышения надёжности рекомендуется создавать резервные копии баз данных, сохраняя их на жёсткий диск.

Созданный модуль позволяет изменить структуру дерева организационной структуры на предприятии, добавлять и удалять новые организационные единицы и датчики, изменять их параметры. Удалённые объекты хранятся в базе данных, чтобы была возможность сформировать список изменений.

При получении набора временных рядов датчиков с разными частотами дискретизации неизвестные значения интерполируются по последним известным.

Модуль автоматизирует сбор информации с сенсоров системы, тем самым упрощая создание цифрового двойника электростанции. Данные с датчиков надёжно хранятся в базе данных и будут использованы для моделирования объекта и предиктивной аналитики. Так можно будет оптимизировать работу оборудования, замедляя темпы его износа, повысить отказоустойчивость как отдельной электростанции, так и всей электросети в целом.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | /\_\_Инютин М. А.\_\_/ | 10 мая 2023 г. |
| *подпись обучающегося* | *расшифровка подписи* | *дата* |