

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет залізничного транспорту
Факультет інформаційно-керуючих систем та технологій
Кафедра інформаційних технологій

До захисту допустити
Завідувач кафедри ІТ,
д.т.н., проф., Каргін А.О.

07.01.2025 р.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи

на тему: Система прогнозування метеоумов за допомогою алгоритму
випадкового лісу

Здобувач ступеня магістра
Студент 2-го курсу,
213-ІТ-Д23 групи
Освітній рівень другий (магістр)
Галузь знань 12 - Інформаційні технології
Спеціальність 123 – Комп'ютерна інженерія
Освітньо-професійна програма - Інтелектуальні інформаційні технології (ІТ)

Воротніков Дмитро Вікторович
(ПІБ)

Керівник Петренко Тетяна Григорівна
(ПІБ)

к.т.н., доцент, доцент кафедри ІТ УкрДУЗТ
(науковий ступінь, вчене звання, посада)

Рецензент Ковтун Ірина Володимирівна
(ПІБ)

к.т.н., доцент, доцент кафедри «Транспортний зв'язок» УкрДУЗТ
(науковий ступінь, вчене звання, посада)

Рецензент Шергін Вадим Леонидович
(ПІБ)

к.т.н., доцент, доцент кафедри «Штучний інтелект» ХНУРЕ
(науковий ступінь, вчене звання, посада)

Національна шкала _____

Кількість балів: _____

Оцінка (ECTS) _____

м. Харків – 2025 рік

Наступні сторінки пояснювальної записки недоступні для перегляду – 2, 4, 5, 13-37, 42-61.

DO NOT COPY

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет залізничного транспорту
Факультет інформаційно-керуючих систем та технологій
Кафедра інформаційних технологій

Затверджую
Завідувач кафедри ІТ,
д.т.н., проф., Каргін А.О.

06.10.2024 р.

Завдання

На кваліфікаційну роботу здобувача ступеня магістра	<u>Воротнікова Дмитра Вікторовича</u> (прізвище ім'я по батькові)
Тема кваліфікаційної роботи	Система прогнозування метеоумов за допомогою алгоритму випадкового лісу
Постановка завдання в стислій формі	Виконати аналіз предметної області та аналіз існуючих підходів до вирішення завдання, аналіз функцій системи прогнозування; забезпечити отримання історичних метеоданих; навчити та протестувати алгоритм випадкового лісу та реалізувати динамічну модель прогнозування в Node-RED
Вихідні дані (2 адреси сайтів, матеріали яких рекомендує керівник кваліфікаційної роботи)	Weather prediction using random forest machine learning model. https://www.researchgate.net/publication/352110820 Weather prediction using random forest machine learning model. Random Forest for time Series Forecasting using R. https://www.geeksforgeeks.org/random-forest-for-time-series-forecasting-using-r/#

Календарний план роботи

Дата отримання версії звіту керівником	Етап виконання роботи	Виконання (зазначає керівник)
15.11.2024	Проектування системи (включно в MATLAB)	виконано
01.12.2024	Динамічна модель програмно-апаратного прототипу системи в Node-RED	виконано
09.12.2024	Підготовка та редагування пояснювальної записки до кваліфікаційної роботи за зауваженнями керівника (за змістом)	виконано
15.12.2024	Редагування пояснювальної записки до кваліфікаційної роботи (з оформлення)	виконано

Дата видачі завдання 06.10.24
Керівник (ПІБ) Петренко Тетяна Григорівна

РЕФЕРАТ

Воротніков Д. В. Система прогнозування метеоумов за допомогою алгоритму випадкового лісу. – На правах рукопису.

Пояснювальна записка кваліфікаційної роботи здобувача ступеня магістра: 61 сторінка, 26 рисунків, 9 таблиць, 23 джерела, 6 додатків.

Об'єктом дослідження в роботі є системи прогнозування метеоумов за допомогою методу машинного навчання.

Метою роботи є проектування програмно- апаратно прототипу системи прогнозування метеоумов. В роботі використані такі методи дослідження, як аналіз та синтез моделей прогнозування метеоумов.

В роботі засобами UML діаграм описані концептуальна та фізична моделі системи прогнозування. Логічна модель прогнозування температури сформована як нечітка когнітивна карта в Mental Modeler та як нечітка система класифікації в MATLAB.

Фізична модель створена в Tinkercad. Пропонується використання ESP8622, DHT11, DHT22, BMP180 та Anemometer Wind Speed Sensor для отримання локальних метеоданих.

Динамічна модель системи короткочастного прогнозування метеоумов створена в середовищі Node-RED шляхом інтеграції модулів системи. Історичні метеодані залучені за допомогою інтерфейсу програмних додатків відкритих метеоресурсів. Програмне забезпечення системи реалізовано з використанням Python бібліотек Meteostat, Pandas та Scikit-learn. Метод Random Forest навчено та протестовано на історичних даних.

Тестування системи в Node-RED показало задовільні результати.

ПРОГНОЗУВАННЯ METEOУМОВ, RANDOM FOREST, ДІАГРАМИ UML, ESP8622, FCM, MENTAL MODELER, MATLAB, TINKERCAD, NODE-RED, PYTHON

ABSTRACT

Dmytro Vorotnikov. Weather Forecasting System using Random Forest Algorithm. - On the manuscript right.

Explanatory note of the qualification work of a master's degree applicant: 61 pages, 26 figures, 9 tables, 23 sources, 6 appendices.

The object of research in the work is weather forecasting systems using machine learning method.

The purpose of the work is to design a software-hardware prototype of a weather forecasting system. The work uses such research methods as analysis and synthesis of weather forecasting models.

The work describes the conceptual and physical models of the forecasting system using UML diagrams. The logical model of temperature forecasting is formed as a fuzzy cognitive map in Mental Modeler and as a fuzzy classification system in MATLAB.

The physical model is created in Tinkercad. It is proposed to use ESP8622, DHT11, DHT22, BMP180 and Anemometer Wind Speed Sensor to obtain local weather data.

The dynamic model of the short-term weather forecasting system is created in the Node-RED environment by integrating the system modules. Historical weather data has been involved using the interface of open weather resource software applications. The system software is implemented using the Python libraries Meteostat, Pandas and Scikit-learn. The Random Forest method was trained and tested on historical data.

Testing the system in Node-RED showed satisfactory results.

WEATHER FORECASTING, RANDOM FOREST, UML DIAGRAMS, ESP8622, FCM, MENTAL MODELER, MATLAB, TINKERCAD, NODE-RED, PYTHON

ЗМІСТ

ВСТУП	9
РОЗДІЛ 1 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ	12
РОЗДІЛ 2 ОПИС ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ І ОГЛЯД ПІДХОДІВ ДО ВИРІШЕННЯ ЗАВДАННЯ	13
2.1 Опис предметної області	13
2.2 Огляд підходів до вирішення завдання	14
РОЗДІЛ 3 ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ ПРОГНОЗУВАННЯ МЕТЕОУМОВ ЗА ДОПОМОГОЮ АЛГОРИТМУ ВИПАДКОВОГО ЛІСУ	18
3.1 Концептуальна модель системи. UML Use case	18
3.2 Логічна модель системи. Моделювання в Mental Modeler	19
3.3 Логічна модель системи. Моделювання в MATLAB	20
3.4 Фізична модель системи. Апаратний прототип системи в Tinkercad	26
РОЗДІЛ 4 ПРОГРАМНО-АПАРАТНИЙ ПРОТОТИП СИСТЕМИ	30
4.1 Архітектура програмної частини прототипу системи	30
4.2 Компоненти програмної частини прототипу системи в Node-RED	32
4.3 Опис даних та бібліотек підтримки компонентів системи	33
4.4 Опис контрольних прикладів і результатів тестування	34
4.5 Опис інструкцій користувачеві	35
ВИСНОВКИ	38
СПИСОК ПОСИЛАНЬ	39
ДОДАТОК А ДІАГРАМИ UML	42
ДОДАТОК Б МОДЕЛЮВАННЯ В MENTAL MODELER	43
ДОДАТОК В МОДЕЛЮВАННЯ В MATLAB	46
ДОДАТОК Г МОДЕЛЮВАННЯ В TINKERCAD	50
ДОДАТОК Ґ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ В NODE-RED	51
ДОДАТОК Д ТЕКСТ ПРОГРАМИ В NODE-RED	54

ВСТУП

Актуальність теми кваліфікаційної роботи, яка присвячена створенню системи прогнозування метеопараметрів, пов'язана з необхідністю використання прогнозу кліматичних параметрів як у повсякденному житті звичайної людини, так і у промислових підприємствах і при виконанні різноманітних технічних завдань.

Метою кваліфікаційної роботи є створення програмного та апаратного прототипу системи прогнозування метеоумов за допомогою алгоритму RF. Для досягнення мети сформульовані наступні завдання: створити у процесі роботи концептуальну модель, логічну модель, фізичну модель та програмно-апаратний прототип системи.

Об'єктом дослідження в роботі є використання методів машинного навчання задля прогнозування метеоумов за певною геолокацією.

Предметом дослідження є використання алгоритму RF для короткочасного прогнозування метеоумов.

Для вирішення поставлених завдань були використані методи використані методи проектування, нечіткого когнітивного аналізу, нечіткого моделювання, машинного навчання.

Практичне значення створених моделей системи прогнозування та результатів роботи даних моделей полягає у розвитку систем прогнозування метеопараметрів на основі історичних даних та покращення якості прогнозування.

Рішення поставлених завдань дозволило отримати автору задовільний короткочасний прогноз температури для певної геолокації на основі історичних даних методом RF.

Особистий внесок здобувача – всі результати роботи отримані здобувачем самостійно.

Кваліфікаційна робота виконана відповідно науково-дослідної роботи Українського державного університету залізничного транспорту «Розумні машини та інтернет речі зі штучним інтелектом», № ДР 0120U104276.

Основні положення і результати кваліфікаційної роботи були представлені і обговорювалися на 84-й студентській науково-техничній конференції (СНТК-2024) та увійшли до складу збірника тез.

Пояснювальна записка з кваліфікаційній роботі складається зі вступу, 4 розділів, висновків, списку посилань з 23 найменувань і 6 додатків. Пояснювальна записка містить 26 рисунків, 9 таблиць. Повний обсяг пояснювальної записки становить 61 сторінку, в тому числі 41 сторінку основного тексту.

У першому розділі сформульована загальна постановка задачі та стисло описані етапи вирішення поставленого завдання створення системи прогнозування метеоумов. Висновки за розділом підтверджують актуальність створення системи прогнозування метеоумов в Node-RED з використанням алгоритму випадкового лісу.

У другому розділі виконано огляд предметної області та аналіз підходів до створення системи прогнозування. За результатами огляду та аналізу зроблені висновки: для вирішення даної задачі обґрунтованим варіантом являється використання моделі машинного навчання за алгоритмом RF. Висновки за розділом підтверджують виділення найбільш суттєвих характеристик системи, що потребують втілення в прототипі системи прогнозування метеоумов.

У третьому розділі виконано моделювання системи прогнозування метеоумов засобами UML, Mental Modeler і MATLAB та запропоновано фізичну модель частини системи. Висновки за розділом підтверджують ефективність розгляду проектованої системи з різних точок зору, а саме з використанням статичних, динамічних, логічних та фізичних моделей, с точки зору розробника системи та с точки зору користувача системи.

У четвертому розділі описана реалізація системи у вигляді динамічної програмно-апаратної моделі засобами Node-RED. Висновки за розділом підтверджують результативність інтеграції модулів системи.

У висновках роботи представлені теоретичні та практичні результати формування системи прогнозування метеоумов за допомогою алгоритму випадкового лісу на основі програмно-апаратної моделі в Node-RED.

DRAFT COPY

РОЗДІЛ 1 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Метою кваліфікаційної роботи за темою «Система прогнозування метеоумов за допомогою алгоритму випадкового лісу» є формування програмно-апаратного прототипу системи в середовищі Node-RED. Для виконання роботи необхідно проаналізувати існуючі системи прогнозування метеоумов за допомогою алгоритму випадкового лісу, створити моделі проектуємої системи, що уточнюють властивості та поведінку системи та інтегрувати модулі системи засобами Node-RED. Система повинна бути здатною прогнозувати такі метеопараметри як температура, вологість, швидкість і напрямок вітру, атмосферний тиск. Треба забезпечити навчання та тестування системи на основі історичних даних.

Проектування системи прогнозування передбачає створення концептуальної, логічної та фізичної моделей системи прогнозування. В роботі відповідно завданню для створення моделей треба використати засоби мови UML, а також середовищ Mental Modeler та MATLAB.

Очікувані результати:

- 1) Розроблена модель Random Forest для прогнозування метеоумов з задовільною точністю;
- 2) Оцінка точності моделі за допомогою відповідних метрик.

Результати роботи можуть бути використані для покращення якості прогнозів метеоумов для різноманітних споживачів.

У першому розділі сформульована загальна постановка задачі та стисло описані етапи вирішення поставленого завдання створення системи прогнозування метеоумов. Висновки за розділом підтверджують актуальність створення системи прогнозування метеоумов в Node-RED з використанням алгоритму випадкового лісу.

ВИСНОВКИ

Кваліфікаційна робота присвячена прогнозуванню метеоумов за допомогою методу машинного навчання – алгоритму випадкового лісу.

Для проектування системи прогнозування були використані засоби мови UML та побудовані діаграми, що описують концептуальну модель та фізичну модель системи прогнозування. Моделювання з метою виявлення найважливіших концептів системи прогнозування метеоумов та зв'язків між концептами виконано в середовищі Mental Modeler. Побудована нечітка когнітивна карта. Аналіз дій в системі прогнозування виконано в MATLAB.

Для використання моделі випадкового лісу історичні метеодані за певні періоди було отримано з бази метеоумов Meteostat, виконано очищення та нормалізацію даних, розділення на навчальну та тестувальну вибірку.

Побудована модель машинного навчання за алгоритмом випадкового лісу, враховуючи кількість вхідних та вихідних змінних, налаштовано гіперпараметри моделі (кількість дерев, максимальна глибина дерева).

Виконано оцінку якості моделі, тобто оцінювання точності моделі на тестовій вибірці за допомогою відповідних метрик, таких як середньоквадратична похибка.

Модель машинного навчання використано для прогнозування метеоумов на вибрану дату, а саме прогнозування температури на обраний день.

Метод машинного навчання для прогнозування метеоумов за допомогою алгоритму випадкового лісу являється ефективним та часто використовується, але перевагою данної роботи є інтеграція алгоритму випадкового лісу в середовище Node-RED разом з модулями підготовки даних для навчання та для безпосередньо прогнозування на основі реальних метеоданих, що отримані від локальної метеостанції.

Основні положення і результати кваліфікаційної роботи були представлені і обговорювалися на 84-й студентській науково-техничній конференції (СНТК-2024) та увійшли до складу збірника тез [23].

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

- 1) Освітньо-професійна програма «Інтелектуальні інформаційні технології» другого (магістерського) рівня освіти за спеціальністю 123 Комп'ютерна інженерія, галузі знань 12 Інформаційні технології. URL: https://kart.edu.ua/wp-content/uploads/2022/08/opp_mag_123_iit_23-24_pidpisi-1.pdf (Last accessed: 15.12.2024)
- 2) Петренко Т.Г. Методичні матеріали до порядку та змісту підготовки, оформлення та захисту пояснювальної записки до кваліфікаційної роботи магістранта. Харків: УкрДУЗТ, 2024. – 23 с.
- 3) Weather forecast using LSTM networks. URL: <https://blog.paperspace.com/weather-forecast-using-lstm-networks/> (Last accessed: 15.12.2024)
- 4) MLP-CNN and SVR Approach for Monthly Rainfall Prediction Using Python. IRACST. Vol. 14(1). Mar. 2024.P.173-178.
- 5) The Unified Modeling Language. URL: <http://www.uml-diagrams.org/> (Last accessed: 15.12.2024)
- 6) UML Use Case Diagrams. URL: <https://www.uml-diagrams.org/use-case-diagrams.html> (Last accessed: 15.12.2024)
- 7) How to Draw UML Use Case Diagram with Free Online Software? URL: <https://online.visual-paradigm.com/knowledge/use-case-diagram/free-use-case-diagram-software/> (Last accessed: 15.12.2024)
- 8) Fuzzy Cognitive Map. Mental Modeler. URL: <https://www.mentalmodeler.com> (Last accessed: 15.12.2024)
- 9) Gray S., Metzger A., Scyphers S., and Jetter A. Mental Modeler. V.0.2. URL: https://modeling.engage.msu.edu/upload/2015/4_Gray-Mental%20ModelerWorkshop.pdf (Last accessed: 15.12.2024)
- 10) Mental Modeler: A Fuzzy-Logic Cognitive Mapping Modeling Tool for Adaptive Environmental Management. URL: <https://doi.org/10.1109/HICSS.2013.399> (Last accessed: 15.12.2024)

- 11) Getting Started with MATLAB. URL:
<https://www.mathworks.com/help/matlab/getting-started-with-matlab.html>
(Last accessed: 15.12.2024)
- 12) Digital-output relative humidity & temperature sensor/module - DHT11. URL:
<https://arduino.ua/docs/DHT11.pdf> (Last accessed: 15.12.2024)
- 13) Anemometer Wind Speed Sensor w/Analog Voltage Output. URL:
<https://www.adafruit.com/product/1733#description> (Last accessed: 15.12.2024)
- 14) BMP180. Digital pressure sensor. URL: <https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/BST-BMP180-DS000-09.pdf> (Last accessed: 15.12.2024)
- 15) Programming ESP8266 ESP-12E Node MCU Using Arduino IDE - a Tutorial. URL: <https://www.instructables.com/Programming-ESP8266-ESP-12E-NodeMCU-Using-Arduino-/> (Last accessed: 15.12.2024)
- 16) Tinkercad. URL: <https://www.tinkercad.com/learn/circuits> (Last accessed: 15.12.2024)
- 17) Node-RED. URL: Getting Started. <https://nodered.org/docs/getting-started/> (Last accessed: 15.12.2024)
- 18) Основи роботи з Node-RED. URL:
<http://edu.asu.in.ua/mod/book/tool/print/index.php?id=123> (Last accessed: 15.12.2024)
- 19) UML Sequence Diagram tutorial. URL: <https://www.lucidchart.com/pages/uml-sequence-diagram> (Last accessed: 15.12.2024)
- 20) Meteostat Developers. Python Library. URL: <https://dev.meteostat.net/python/>
Last accessed: 15.12.2024)
- 21) Pandas. URL: <https://pandas.pydata.org/> (Last accessed: 15.12.2024)
- 22) Scikit-learn. Machine Learning in Python. URL: <https://scikit-learn.org/stable/>
(Last accessed: 15.12.2024)
- 23) Воротніков Д. Моделювання системи прогнозування метеопараметрів. Збірник тез 84-й студентської науково-техничної конференції (СНТК-

2024), с.82. URL: <https://kart.edu.ua/wp-content/uploads/2024/12/tezi-sntk-84.pdf> (Дата звернення: 20.12.24)

DO NOT COPY