

ХЕРСОНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
(повне найменування вищого навчального закладу)
ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ДИЗАЙНУ
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))
КАФЕДРА ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ І ТЕХНОЛОГІЙ
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи
магістра
(освітній рівень)

на тему: «Розробка програмного забезпечення для прогнозування
регіональних потреб в електроенергії»

Виконав: студент групи 6ПР1
спеціальності
121 - «Інженерія програмного забезпечення»
(шифр і назва спеціальності)

Муганов Антон Володимирович
(прізвище та ініціали)

Керівник к.т.н., доцент Доровська І.О.
(прізвище та ініціали)

Рецензент к.т.н. доцент Вишемирська С.В.
(прізвище та ініціали)

Хмельницький - 2024

“ ” 2024 p.

(прізвище, ім'я, по батькові)

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

1) схема загальної архітектури програмної системи; 2) плакат матриці кореляції рангу Спірмена; 3) графік автокореляційної функції середньодобового споживання; 4) діаграма діяльності розроблюваного програмного способу; 5) схема послідовності процесу прогнозування методу випадкового лісу; 6) порівняльний графік прогнозів моделей множинної лінійної регресії та випадкового лісу.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 29.09.2024**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№	Назва етапів виконання роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітки
1.	Отримання завдання	29.09.2024	Виконано
2.	Підбір літератури	05.10.2024	Виконано
3.	Аналіз предметної області	19.10.2024	Виконано
4.	Розробка та обґрунтування завдання	26.10.2024	Виконано
5.	Розробка концептуальної моделі	05.11.2024	Виконано
6.	Розробка алгоритму	12.11.2024	Виконано
7.	Проектування програми	26.11.2024	Виконано
8.	Розробка інтерфейсу програми	30.11.2024	Виконано
9.	Тестування програми	05.12.2024	Виконано
10.	Оформлення пояснювальної записки	10.12.2024	Виконано
11.	Захист кваліфікаційної роботи	13.12.2024	Виконано

Студент Муганов А.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)Керівник роботи Доровська І.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 132 сторінки, 13 рисунків, 18 таблиць, додаток, 63 джерела.

Об'єкт дослідження: процес програмного прогнозування динаміки споживання електричної енергії.

Предмет дослідження: методи та способи програмного прогнозування динаміки споживання електричної енергії.

Метою дослідження є розробка способу та програмного забезпечення прогнозування динаміки споживання електричної енергії для підвищення точності прогнозування на 10% на різних сценаріях споживання.

Методи дослідження: використовуються методи аналізу та синтезу, експерименту, спостереження, вимірювання та порівняння.

Новизна отриманих результатів полягає у наступному: запропоновано спосіб програмного прогнозування динаміки споживання електричної енергії, який використовує логістичну регресію в основі експертної компоненти для вибору способу комбінування прогнозних моделей з метою підвищення точності результатів прогнозування на 10%.

Практична цінність результатів роботи полягає в підвищенні якості програмного забезпечення для прогнозування динаміки споживання електричної енергії, що дозволяє отримувати більш точні результати прогнозів.

Перелік ключових слів: МЕТОДИ ПРОГНОЗУВАННЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ, АЛГОРИТМИ МАШИННОГО НАВЧАННЯ, ВИПАДКОВИЙ ЛІС, ЛІНІЙНА РЕГРЕСІЯ, ЛОГІСТИЧНА РЕГРЕСІЯ.

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота магістра складається зі вступу, чотирьох розділів, висновку, переліку використаних джерел та додатків.

В роботі розглянуто актуальну та важливу як з наукової, так і з практичної точки зору задачу розробки способу та програмного забезпечення прогнозування динаміки споживання електричної енергії.

В роботі виконано оцінку сучасного стану проблеми, обґрунтовано актуальність напрямку дослідження, сформульовано мету та задачі дослідження. Детально розглянуто існуючі методи розв'язання задачі, виявлено їх переваги і недоліки. Виконано аналіз обраних моделей прогнозування динаміки споживання електричної енергії для розроблюваного способу, розроблено моделі даних та сформульовано ідеї запропонованого способу.

Спроектовано програмне забезпечення, яке реалізує запропонований спосіб: визначено та описано вимоги до розроблюваного ПЗ, проведено аналіз та вибір засобів для розроблення ПЗ, обрано архітектуру ПЗ, спроектовано його компоненти. Досліджено ефективність застосування запропонованого способу та програмного забезпечення прогнозування динаміки споживання електричної енергії, проведено дослідження для отримання даних про ефективність способу.

ABSTRACT

The master's thesis consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of sources and appendices.

The thesis considers the current and important from both a scientific and practical point of view the problem of developing a method and software for predicting the dynamics of electricity consumption.

The thesis assesses the current state of the problem, justifies the relevance of the research direction, formulates the goal and objectives of the research. The existing methods for solving the problem are considered in detail, their advantages and disadvantages are identified. The analysis of selected models for predicting the dynamics of electricity consumption for the developed method is performed, data models are developed and ideas for the proposed method are formulated.

Software that implements the proposed method is designed: the requirements for the developed software are determined and described, the analysis and selection of means for software development are carried out, the software architecture is selected, its components are designed.

The effectiveness of the application of the proposed method and software for predicting the dynamics of electricity consumption is investigated, a study is conducted to obtain data on the effectiveness of the method.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК ТЕРМІНІВ, СКОРОЧЕНЬ ТА ПОЗНАЧЕНЬ	9
ВСТУП	10
1. ЗАГАЛЬНИЙ АНАЛІЗ ПРОБЛЕМАТИКИ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ	13
1.1. Актуальність дослідження та формулювання проблеми	13
1.2. Аналіз існуючих методів прогнозування динаміки споживання електроенергії	15
1.2.1. Лінійна регресія	16
1.2.2. Ковзне середнє	17
1.2.3. Авторегресійна модель	18
1.2.4. Модель авторегресійного ковзного середнього, авторегресійного інтегрованого ковзного середнього	19
1.2.5. Нейронні мережі	21
1.2.6. Випадковий ліс	22
1.2.7. Метод k-найближчих сусідів	23
1.3. Постановка задачі	24
1.4. Висновки до першого розділу	26
2. СПОСІБ ПРОГНОЗУВАННЯ ДИНАМІКИ СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ	28
2.1. Аналіз обраних методів прогнозування динаміки споживання електричної енергії	28
2.1.1. Метод множинної лінійної регресії	28
2.1.2. Метод логістичної регресії	29
2.1.3. Алгоритм машинного навчання випадковий ліс	33
2.1.4. Часові ряди та випадковий ліс	36
2.2. Модель даних для розробленого способу прогнозування динаміки споживання електричної енергії	39
2.3. Розроблений спосіб прогнозування динаміки споживання електричної енергії	49
2.4. Висновки до другого розділу	55
3. ПРОЄКТУВАННЯ АРХІТЕКТУРИ ПРОГРАМНОЇ СИСТЕМИ	57
3.1. Формулювання вимог	57
3.1.1. Функціональні вимоги	57

3.1.2. Нефункціональні вимоги.....	58
3.2. Стек технологій	59
3.3. Архітектура та компоненти програмного забезпечення	65
3.3.1. Необроблені дані.....	66
3.3.2. Модуль обробки даних	67
3.3.3. Модуль алгоритму випадкового лісу.....	69
3.3.4. Модуль алгоритму множинної лінійної регресії.....	80
3.3.5. Модуль експертної компоненти.....	82
3.3.6. Модуль прогнозування	84
3.3.7. Модуль оцінки точності результатів прогнозування	84
3.4. Висновки до третього розділу	85
4. АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ РОБОТИ РОЗРОБЛЕНОГО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	87
4.1. Критерії оцінки, тестування та аналіз ефективності розробленого програмного забезпечення	87
4.2. Перспективи щодо подальшого вдосконалення програмного забезпечення	97
4.3. Висновки до четвертого розділу.....	98
ВИСНОВКИ.....	100
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.....	102
ДОДАТОК	110

ПЕРЕЛІК ТЕРМІНІВ, СКОРОЧЕНЬ ТА ПОЗНАЧЕНЬ

Машинне навчання – це підрозділ штучного інтелекту, що займається розробкою алгоритмів та статистичних моделей, які дозволяють комп'ютерам навчатися на основі даних.

Початкове завантаження (бутстрепінг; англ. bootstrapping) – це метод вибірки з заміною, який використовується для формування множини навчальних даних для кожного окремого дерева випадкового лісу.

Завантажувальна агрегація (бегінг; англ. bagging) – це метод ансамблевого навчання, який передбачає комбінування декількох моделей для поліпшення загальної продуктивності.

Експертна компонента – це частина системи або процесу, яка ґрунтується на знаннях та досвіді фахівців певної галузі.

Часовий ряд – це послідовність значень певної змінної, що вимірюється у рівномірні або нерівномірні інтервали часу.

Агрегація – це процес об'єднання множини окремих елементів або даних.

Множинна лінійна регресія (ЛР; англ. multiple linear regression/MLR) – це статистичний метод, який моделює залежність однієї залежної змінної від двох або більше незалежних змінних за допомогою лінійного рівняння.

Випадковий ліс регресії (англ. Random Forest Regression/RFR) – це вид алгоритму випадкового лісу для вирішення задач регресії.

Time Series Forest (TSF) – це розширення алгоритму випадкового лісу для роботи з часовими рядами.

ВСТУП

Енергетичний сектор має ключове значення для економічного зростання та добробуту суспільства, забезпечуючи необхідну енергію для різних видів діяльності. Враховуючи неможливість ефективного зберігання великої кількості електроенергії, точне прогнозування споживання енергії має вирішальне значення для підтримки балансу між пропозицією та попитом на енергію. Перевиробництво може призвести до збоїв у роботі системи, тоді як недостатнє виробництво може призвести до дефіциту в мережі або аварійних відключень. Зростаюча складність електроенергетичних систем потребує ефективного способу прогнозування динаміки споживання електроенергії. У зв'язку зі зміною клімату, наслідком чого є все більш екстремальні погодні умови, ефективне прогнозування стає ще важливішим для управління енергосистемою. Тому розробка способу та програмного забезпечення прогнозування динаміки споживання електричної енергії є актуальною та важливою задачею як з наукової, так і з практичної точки зору.

Споживання електроенергії є динамічним процесом, що впливає на стабільність економічної, соціальної та гуманітарної сфер життя. У секторі енергетики вкрай необхідно точно прогнозувати споживання електроенергії під час пікових періодів для управління та мінімізації ризиків перевантажень системи, що може спричинити віялові чи аварійні відключення. Це стає особливо актуальним у ті дні тижня, коли енергоспоживання зазнає значних відмінностей, що призводить до вищого рівня споживання енергії.

Розробка програмного забезпечення для прогнозування динаміки споживання електроенергії є актуальним завданням сьогодення. Таке програмне забезпечення дозволить передбачати потенційний дефіцит електроенергії як у окремих регіонах, так і на національному рівні. З огляду на те, що споживання електроенергії залежить від багатьох факторів та складних нелінійних зав'язків, доцільно використовувати методи та

алгоритми машинного навчання. У той же час, зміна температури навколишнього середовища призводить до зміни споживання та має певну періодичність. Це дозволяє використовувати для прогнозування алгоритм множинної лінійної регресії. Для різних сценаріїв енергоспоживання можна використовувати різні прогнозні моделі та їх комбінації. Для визначення більш точної моделі прогнозування в запропонованому способі застосовується експертна компонента, яка використовує алгоритм логістичної регресії.

Виходячи з вищезазначеного, актуальним є створення способу та програмного забезпечення прогнозування динаміки споживання електричної енергії, який матиме підвищену точність результатів прогнозування для різних сценаріїв споживання електроенергії в електроенергетичній системі.

Об'єктом дослідження є процес програмного прогнозування динаміки споживання електричної енергії.

Предметом дослідження є методи та способи програмного прогнозування динаміки споживання електричної енергії.

Мета даної дисертації полягає в розробці способу програмного забезпечення прогнозування динаміки споживання електричної енергії з метою підвищення точності результатів прогнозування.

Отже, були поставлені та виконані наступні задачі в даній магістерській дисертації:

- Дослідити існуючі алгоритми та методи прогнозування динаміки споживання електричної енергії, їх переваги та недоліки.
- Запропонувати програмний спосіб прогнозування динаміки споживання електричної енергії зі збільшеною точністю у порівнянні з існуючими методами.
- Запропонувати модель даних для розроблюваного програмного способу прогнозування динаміки споживання електричної енергії.

- Розробити програмне забезпечення, яке реалізує запропонований спосіб.
- Експериментально дослідити ефективність розробленого програмного способу шляхом оцінки якості його роботи за встановленими критеріями.
- Провести аналіз отриманих результатів.