

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
імені адмірала Макарова**

Херсонський навчально-науковий інститут

Кафедра інформаційних технологій та фізико-математичних дисциплін

“Допущений до захисту”

Завідувач кафедри

д.т.н., доцент Гучек П.Й.



16” грудня 2025 р.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи

на здобуття ступеня вищої освіти “магістр”

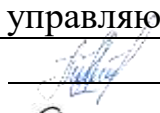
на тему: “Дослідження та аналіз часових рядів на прикладі
прогнозування погоди з використанням штучних нейронних мереж”

Виконав: студент VI курсу, групи 6157зм
спеціальності

122 – “Комп’ютерні науки”, ОПП –

(шифр і назва спеціальності та освітньо-професійної програми)

“Інформаційні управляючі системи та технології”


Надточий Т.М.

(прізвище та ініціали)

Керівник


к.т.н., доц. Макарова Л.М.

(прізвище та ініціали)

Рецензент


Латанська Л.О.

(прізвище та ініціали)

2025 рік

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
імені адмірала Макарова
ХЕРСОНСЬКИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ

Кафедра інформаційних технологій та фізико-математичних дисциплін

Освітній ступень магістр

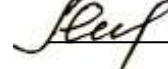
Галузь знань 12 – “Інформаційні технології”
(шифр і назва)

Спеціальність 122 – “Комп’ютерні науки”
(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма “Інформаційні управляючі системи та технології”

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми

 Гучек П.Й.

“23” жовтня 2025 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»

Студенту

Надточий Татяні Миколаївні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікацій роботи: Дослідження та аналіз часових рядів на прикладі прогнозування погоди з використанням штучних нейронних мереж

Керівник роботи

Макарова Лідія Миколаївна, к.т.н., доцент

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

Тема затверджена розпорядженням по інституту від “17” жовтня 2025 року № 20

2. Термін подання студентом роботи 12.12.2025 р.

3. Вихідні дані до роботи:

4. Зміст та структура розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

4.1 Титульний аркуш, завдання на магістерську роботу, анотація (українською, російською, англійською), зміст, перелік умовних означень, символів, одиниць та термінів (при необхідності).

4.2 Вступ.

4.3 Дослідження технологій проектування інформаційних систем та аналіз їх особливостей.

4.4 Формування вимог до інформаційної системи, розробка її концепції і постановка задачі.

4.5 Розробка проектних рішень по інформаційній системі

4.6 Реалізація проекту інформаційної системи (технічна документація по проекту).

4.7 Розділ з економіки

4.8 Розділ з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях (охорони оточуючого середовища).

4.9 Висновки.

4.10 Список використаної літератури.

4.11 Додатки (технічне завдання, загальний опис ІС, інструкція користувача, текст програми).

5. Перелік презентаційних матеріалів

5.1 Схема організаційної структури підприємства.

5.2 Архітектура автоматизованої ІС.

5.3 Організаційно-функціональна структура автоматизованої ІС.

5.4 Інформаційна модель програмного забезпечення автоматизованої ІС.

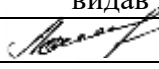
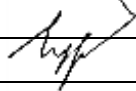
5.5 Модель переходів станів програмного забезпечення автоматизованої ІС.

5.6 Модель технологічного забезпечення автоматизованої ІС.

5.7 Інтерфейс програми

5.8

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
4.7	Ломоносов Дмитро Анатолійович		
4.8	Щедролосєв Олександр Вікторович		

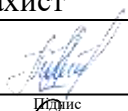
7. Дата видачі завдання 27 жовтня 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Вивчення і аналіз предметної галузі	28.10.2025	
2.	Розробка концепції ІС	30.10.2025	
3.	Розробка проектних рішень по ІС	31.10.2025	
4.	Реалізація проєкту, розробка робочої документації	03.11.2025	
5.	Вирішення питань з економіки	06.11.2025	
6.	Вирішення питань охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях (охорони оточуючого середовища)	12.11.2025	
7.	Виконання графічної частини роботи	22.11.2025	
8.	Оформлення пояснювальної записки	06.12.2025	
9.	Подання роботи на попередній захист	12.12.2025	
10.	Подання роботи рецензенту	20.12.2025	
11.	Подання роботи на державний захист	29.12.2025	

Студент

Керівник роботи


 Підпис

Надточий Т.М.

Прізвище та ініціали

Макарова Л.М.

Прізвище та ініціали

АНОТАЦІЯ

У кваліфікаційній роботі досліджено методи аналізу та прогнозування часових рядів на прикладі метеорологічних даних із використанням методів машинного навчання та штучних нейронних мереж. Розглянуто основні властивості часових рядів, зокрема трендові та сезонні компоненти, а також виконано порівняльний аналіз класичних статистичних і нейромережевих методів прогнозування. Обґрунтовано доцільність застосування штучних нейронних мереж для моделювання складних нелінійних залежностей у даних.

У межах роботи розроблено нейромережеву модель прогнозування та реалізовано програмний застосунок, який забезпечує завантаження й попередню обробку метеорологічних даних, навчання нейронної мережі, формування прогнозу та візуалізацію результатів. Проведено експериментальні дослідження, за результатами яких підтверджено адекватність запропонованого підходу та достатню точність прогнозування. Отримані результати мають практичну цінність і можуть бути використані для подальшого розвитку інтелектуальних систем прогнозування часових рядів.

Ключові слова: часові ряди, прогнозування, машинне навчання, штучні нейронні мережі, прогноз погоди, програмний застосунок.

ABSTRACT

The master's thesis investigates methods for the analysis and forecasting of time series using meteorological data as a case study, with the application of machine learning techniques and artificial neural networks. The main properties of time series, including trend and seasonal components, are analyzed, and a comparative study of classical statistical and neural network forecasting methods is conducted. The feasibility of using artificial neural networks to model complex nonlinear dependencies in data is substantiated.

Within the framework of the study, a neural network–based forecasting model is developed and a software application is implemented. The application provides data acquisition and preprocessing, neural network training, forecasting, and visualization of results. Experimental studies confirm the adequacy of the proposed approach and demonstrate satisfactory forecasting accuracy. The obtained results have practical value and can be used as a basis for further development of intelligent time series forecasting systems.

Keywords: time series, forecasting, machine learning, artificial neural networks, weather forecasting, software application.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 ТЕОРЕТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ ЧАСОВИХ РЯДІВ	10
1.1 Постановка завдання прогнозування	10
1.2 Поняття та класифікація тимчасового ряду	11
1.3 Методи і моделі аналізу тимчасових рядів	16
1.3.1 Регресійні моделі	19
1.3.2 Авторегресійні моделі	21
1.3.3. Моделі експоненційного згладжування	23
1.3.4 Нейросіткові моделі	25
1.3.5 Моделі на базі ланцюгів Маркова.....	26
1.3.6 Інші моделі і методи прогнозування	27
1.4 Порівняльна характеристика моделей прогнозування.....	28
1.4.1 Комбіновані моделі	30
1.5 Сингулярний спектральний аналіз	31
1.6 Моделі прогнозування погоди	32
1.7 Огляд та аналіз аналогів програмної системи	36
2 ПРОГНОЗУВАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ШТУЧНИХ	
НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ.....	40
2.1 Основні поняття штучних нейронних мереж	40
2.2 Біологічний нейрон	41
2.3 Математична модель нейрона.....	42
2.4 Вибір архітектури штучної нейронної мережі	49
2.4.1 Перцептрон в загальному вигляді.....	50
2.5 Принцип роботи нейронних мереж	53
2.6 Навчання штучних нейронних мереж	54
2.7 Застосування штучних нейронних мереж для вирішення завдань.....	55
2.8 Вибір середі розробки.....	56
3 ПРОЕКТУВАННЯ ТА РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО	
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	69

3.1 Функціональність системи і використовувані кошти.....	69
3.2 Проектування UML діаграм	73
3.2.1 Діаграма варіантів використання.....	73
3.2.2 Діаграма класів	76
3.2.3 Діаграма послідовності.....	76
3.2.4 Діаграма кооперації.....	78
3.2.5 Діаграма станів	79
3.2.6 Діаграма діяльності	80
3.2.7 Діаграма компонентів	81
3.2.8 Діаграма розгортання.....	82
3.3 Проектування інтерфейсу	83
3.4 Опис структури проекту	90
3.5 Результат роботи системи	98
3.6 Визначення точності прогнозу.....	106
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	113
4.1 Аналіз потенційно небезпечних і шкідливих факторів у приміщенні відділу кадрів	114
4.1.1 Електробезпека.....	116
4.1.2 Пожежна безпека.....	117
4.1.3 Освітлення	117
4.1.4 Захист від шуму та вібрації.....	118
4.1.5 Виробничий мікроклімат	118
4.1.6 Організація робочого місця	119
4.2 Розрахунок освітлення	120
5 БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	122
5.1 Причини виникнення та класифікація надзвичайних ситуацій	122
5.2 Надзвичайні ситуації техногенного характеру	123
5.3 Запобігання виникненню надзвичайних ситуацій.....	123
ВИСНОВОК.....	125
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	127

ВСТУП

У теперішній час для вивчення властивостей складних систем, широко використовується аналіз, зокрема прогнозування, тимчасових рядів, вироблених системою. Методи прогнозування тимчасових рядів представляють великий практичний інтерес і дозволяють вирішувати широкий спектр завдань в науці, техніці і економіці. До ряду таких завдань можна віднести аналіз соціальних, економічних, геофізичних процесів, передбачення природних явищ та економічних подій.

Різні методи прогнозування служать для дослідження закономірностей і системних зв'язків у функціонуванні і розвитку різних об'єктів і процесів. Вони є важливим засобом в роботі з інформацією, в аналізі роботи складних прикладних систем, а також цілеспрямованому вплив людини на об'єкти дослідження з метою підвищення ефективності їх функціонування.

У останні два десятиліття з'явилося безліч методів прогнозування, які показали свою достатньо високу ефективність. Зокрема, до таких відносяться моделі машинного навчання, які стали представляти собою серйозну конкуренцію класичним статистичним моделям і методам прогнозування. Одним з актуальних підходів до аналізу даних і тимчасових рядів, зокрема метеорологічних, є підхід, заснований на використанні штучних нейронних мереж.

Нейронні мережі – це складні обчислювальні моделі, які часто використовуються для завдань прогнозування. Оскільки нейронні мережі змодельовані на біологічних функціях мозку, вони здатні «вчитися» і передбачати результати. Існує багато практичних застосувань нейронних мереж для прогнозування, включаючи фінансові розрахунки, прогнозування погоди та медичну діагностику.

Також нейронні мережі можуть використовуватися для прогнозування погоди. Багато різних факторів навколишнього середовища, такі як температура, потоки вітру, можуть бути подано в мережу.

Використовуючи модель прогнозування, засновану на попередніх кліматичних моделях, нейронна мережа може визначити ймовірний результат поточних погодних умов.

У якості об'єкта дослідження виступає завдання прогнозування тимчасових рядів. Предметом дослідження є метод прогнозування погоди з допомогою використання нейронної мережі.

Дані про погоду і її прогноз мають велике значення для багатьох галузей економіки, зокрема, для авіації, будівництва і сільського господарства, так як планування і проведення багатьох проєктів безпосередньо залежить від погодних умов. Розвиток науки дозволяє широко застосовувати математичні методи в теоретичних дослідженнях атмосфери і клімату. Наприклад, при рішенні ряду завдань системи штучного інтелекту дозволяють замінити спеціаліста і дають результати, які по якості і ефективності не поступаються рішенням, отриманим експертом.

Актуальність роботи. Завдання аналізу, зокрема прогнозування тимчасових рядів, є актуальною та виникає во багатьох областях науки і техніки. Підвищення ефективності методів прогнозу метеорологічної обстановки було і залишається актуальною завданням науки. Це пояснюється як надзвичайною складністю проблеми, яка вимагає залучення методик, розвинених в рамках самих різних напрямів наукового знання, так і постійним удосконаленням інструментарію, який може бути використаний у цих цілях.

Метою магістерської роботи є дослідження і аналіз тимчасових рядів на прикладі завдання прогнозування погоди з використанням штучних нейронних мереж.

Для реалізації поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- Проаналізувати предметну область тимчасових рядів;

- Проаналізувати існуючі моделі і методи прогнозування, а також провести їх порівняльну характеристику;
- Вибрати модель прогнозування та провести її аналіз;
- Проаналізувати аналоги програмною системи ;
- Проаналізувати предметну область штучних нейронних мереж;
- Дослідити застосування штучних нейронних мереж для завдань прогнозування;
- Спроектувати та навчити штучну нейронну мережу;
- Провести аналіз середі розробки програмного коду і мови програмування;
- Розробити проект програмного додатки ;
- Провести тестування програми ;
- Визначити точність прогнозу використовуваної моделі прогнозування.

1 ТЕОРЕТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ ЧАСОВИХ РЯДІВ

1.1. Постановка завдання прогнозування

Загалом сенс завдання прогнозування тимчасових рядів можна подати у такому вигляді. Припустимо, що існує якесь джерело, яке породжує послідовність елементів $x_1, x_2, \dots, x_n$ з деякої множини A , яке носить назву алфавіту (він може бути як кінцевим, так і нескінченним). Нехай в конкретний момент часу t існує кінцева послідовність $x_1, x_2, \dots, x_t$ породжена джерелом. Завдання прогнозування зводиться до передбачення елемента, наступного в момент часу $(t+1)$, тобто елемента x_{t+1} . У випадку, коли алфавіт A дискретний і кінцевий, природним чином до нього застосуємо будь-який алгоритм передбачення, оскільки він буде працювати з кінцевим набором алфавіту A і з кінцевою вибіркою $x_1, x_2, \dots, x_t$.

Якщо алфавіт A є безперервним кінцевим інтервалом, то необхідно зробити наступне: розіб'ємо заданий діапазон на фіксовану кількість непересічних підмножин (у загальному випадку підмножини можуть бути скільки завгодно нерівними по розміру), привласнимо їм цілочисленні номери відповідно з їх порядком у вихідному діапазоні. Кількість можливих чисел буде відповідати кількості інтервалів. Безліч всіх номерів в цьому випадку буде вже новим кінцевим дискретним алфавітом A' . Далі, необхідно перетворити вихідний тимчасовий ряд в ряд, записаний в термінах нового алфавіту A' .

Даним способом формується кінцева вибірка (ряд) з вже кінцевого алфавіту і будемо працювати з ним, як зі випадково кінцевого дискретного алфавіту. При цьому після прогнозування чергового значення такого ряду йому зіставляється відповідний його номеру безперервний інтервал або крапка з нього (наприклад, центр інтервалу).

Кількість літер алфавіту позначимо через N . Передбачається, що процес, або джерело інформації, є стаціонарним і ергодичним, тобто неформально,

розподіл ймовірностей символів цього джерела не змінюється зі часом і не залежить від конкретної реалізації процесу.

Нехай джерело породжує повідомлення $x_1, \dots, x_t - 1, x_t, x_i \in A, i=1, 2, \dots, t$, і потрібно прогнозувати n наступних елементів (у найпростішому випадку – 1 елемент). Помилка прогнозу називається (Апостеріорна) величина відхилення прогнозу від дійсного стану об'єкт. Тут і далі під помилкою прогнозування n елементів будемо розуміти середню помилку прогнозу кожного з n елементів в окремо. Зрозуміло, що помилка прогнозу характеризує якість прогнозування

Очевидно, що якщо розподіл ймовірностей результатів процесу відомо заздалегідь, то завдання прогнозування наступних значень вирішується достатньо просто. Однак в більшості практичних завдань описані апріорні дані відсутні, та і не завжди задане розподілення явно існує.

Таким чином, в роботі необхідно буде підібрати механізм для короткострокового прогнозування погоди, який би ґрунтувався на попередніх метеорологічних даних з будь-якої території.

1.2. Поняття та класифікація тимчасового ряду

Тимчасовий ряд представляє собою послідовність спостережень, зібрану за певний проміжок часу про стан досліджуваного процесу. Важливість послідовності при спостереженні є специфікою при роботі з аналізом тимчасових рядів, що виділяє його серед інших видів статистичного аналізу. На відмінну від більшості завдань прогнозування, де спостереження статистично незалежні, тимчасові ряди мають наступну особливість: в даному випадку спостереження залежні, а їх характер визначається виходячи з положення спостережень в послідовності. Порядок, в якому формується послідовність, може визначатися характером цієї послідовності і структурою процесу, що породжує послідовність.

Аналіз тимчасових рядів визначається як сукупність статистичних

методів для визначення складових тимчасового ряду і його прогнозування. Методи аналізу тимчасових рядів суттєво відрізняються від методів аналізу простих вибірових даних, які укладаються в обліку не тільки статистичних властивостей, але і взаємозв'язку вимірювань зі часом. Таким чином, методи, використовувані для аналізу вибірових даних, не можна використовувати для роботи з тимчасовими рядами.

Тимчасові ряди можуть бути проаналізовано з використанням певних методів математичного і статистичного аналізу, метою якого може бути встановлення існування можливою структури тимчасових рядів та, отже, їх прогнозування.

Сенс аналізу тимчасового ряду полягає в прогнозуванні його значень на майбутні періоди. При цьому основні завдання аналізу тимчасового ряду укладаються в:

- дослідження компонентів, під впливом яких обчислюється значення тимчасового ряду;
- побудова математичної моделі для кожного компоненту в окремоті або їх сукупності.

У склад тимчасового ряду входять такі складові, як тренд, сезонний, циклічний і випадковий компоненти. Сукупність перших трьох елементів утворює не випадкову компоненту тимчасового ряду, наявність якої не є обов'язковим. При цьому випадкова компонента є невід'ємною частиною будь-якого тимчасового ряду.

Більшість тимчасових рядів зазвичай мають, щонайменше, один із трьох типів патернів: тренд, сезонність та/або цикли.

Тренд описує загальну поведінку тимчасового ряду. Рисунок 1.1. демонструє тимчасові ряди з різними видами трендів.

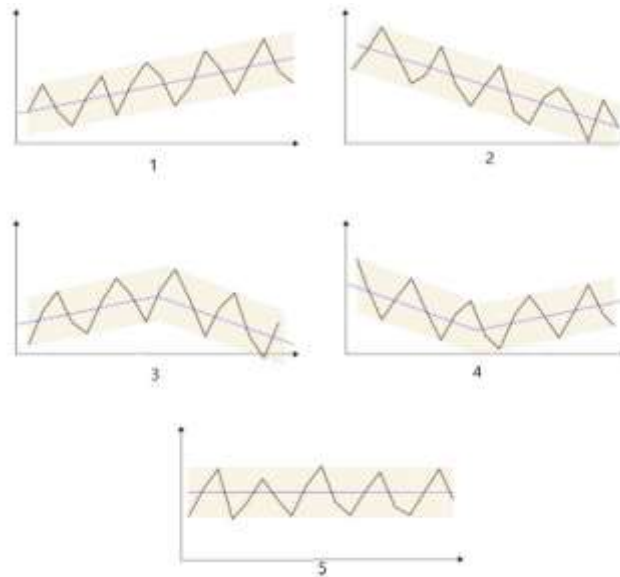


Рисунок 1.1 – Приклади графіків трендів

Якщо тимчасовий ряд показує збільшення з перебігом часу (Рис.1.1, 1), він має тенденцію до зростання. Якщо замість цього він описує зменшення (Рис.1.1, 2), він має тенденцію до зниження.

Тренд також може змінити напрямок. Може бути висхідно – низхідний тренд і навпаки (Рис.1.1, 3–4). Зрештою, стаціонарний або горизонтальний тренд (Рис.1.1, 5) визначає тимчасовий ряд, не має ні позитивних, ні негативних довгострокових патернів.

Сезонність – це будь-яке вагання (зміна) в тимчасовому ряду. Цими змінами можуть бути часи року (наприклад, зима або літо), час дня або тижня. Сезонність завжди має фіксовані частоти, тобто, вона завжди починається і закінчується в один і той ж період тижня, року або в інші періоди.

Цикл в тимчасовому ряду є свого роду змінами, які не пов'язані з сезонними факторами. Це підвищення і зниження з нефіксованими величинами, які можуть тривати більше календарного року. Цикли не повторюються. Зазвичай вони є результатом впливу зовнішніх факторів, що роблять їх складними для прогнозування. Приступаючи до аналізу тимчасових рядів, необхідно якісно і грамотно їх класифікувати. Класифікація тимчасових рядів продемонстровано на рисунку 1.2.



Рисунок 1.2 – Класифікація тимчасових рядів

Інтервальний тимчасовий ряд – це послідовність значень рівня показника за певний інтервал часу (рік, квартал, місяць і т. д.). Моментний ряд представлений у вигляді послідовності значень рівня показника, пов'язаного з конкретними моментами часу (на 1 січня, 1 липня і т.п.).

За відстанню між рівнями тимчасові ряди діляться на ряди з рівними в часі і нерівними рівнями. Якщо площини представлені рівними послідовними інтервалами часу (моментами), то такі тимчасові ряди називаються рівними. Якщо у тимчасовому ряду є уривчасті або нерівномірні проміжки часу (моменти), то такі ряди називаються не рівними.

Тимчасові ряди класифікуються по наявності основного тренду на стаціонарні і нестаціонарні. У стаціонарних рядах нема головного тренду і математичне очікування цього ряду дорівнює деякій константі. На рисунку 1.3 показаний приклад стаціонарного тимчасового ряду .

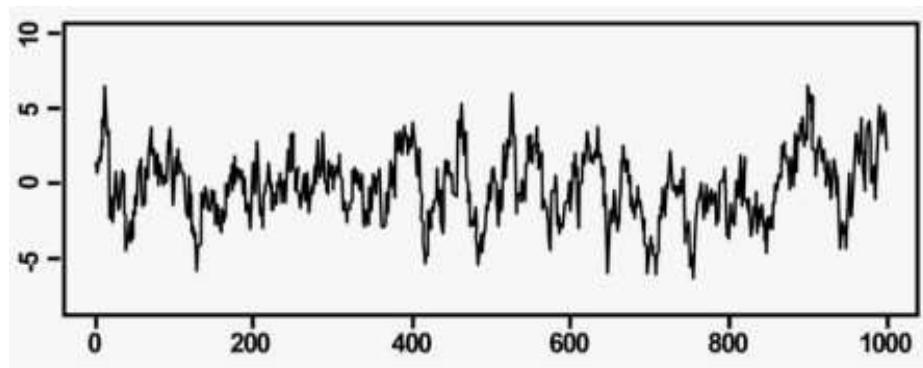


Рисунок 1.3 – Стаціонарний тимчасовий ряд

У нестационарних рядах можна виділити тенденцію розвитку ряду, наприклад, зростаючий, спадаючий ряд або якісь циклічні явища. На рисунку 1.4 наведено приклад нестационарного тимчасового ряду з спадним трендом.

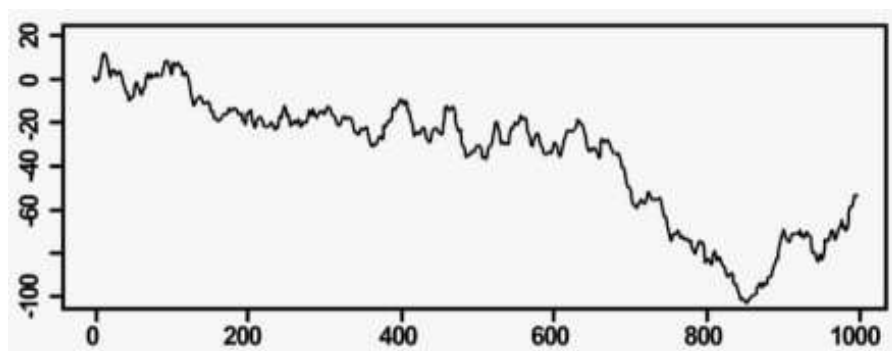


Рисунок 1.4 – Нестационарний тимчасовий ряд

За наявності сезонної компоненти тимчасові ряди класифікуються на ряди з сезонністю і без неї. На рисунку 1.5 наведено приклад тимчасового ряду з сезонністю.

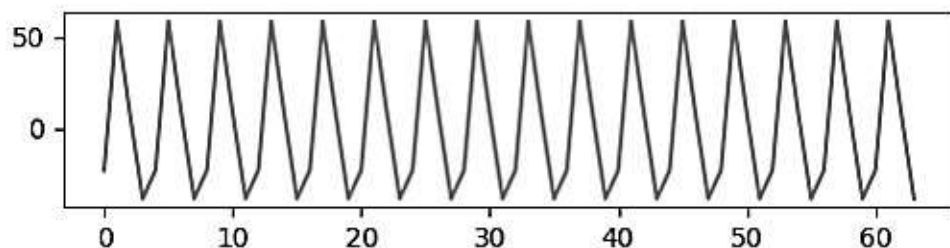


Рисунок 1.5 – Тимчасовий ряд із сезонністю

На рисунку 1.6 показаний приклад тимчасового ряду без сезонності. Зміни його значень ніяк не обумовлені в залежності від будь-якого сезонного явища та є випадковими.

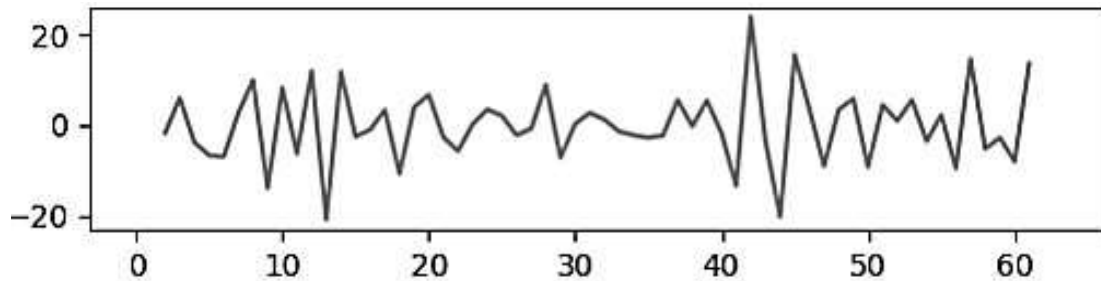


Рисунок 1.6 – Тимчасовий ряд без сезонності

Горизонт часу, на який необхідно визначити значення тимчасового ряду, називається часом попередження. У залежності від часу попередження завдання прогнозування бувають довгостроковими, середньостроковими та короткостроковими.

Тимчасовим рядам властиво мати кілька характеристик одночасно. Наприклад, тимчасовий ряд може бути спадаючим і мати сезонність.

1.3. Методи і моделі аналізу тимчасових рядів

Аналіз тимчасового ряду – це метод аналізу даних, заснований на побудові регресії, метою якого є встановлення причинних зв'язків з допомогою упорядкування даних.

Для проведення аналізу тимчасових рядів зазвичай виділяються наступні етапи:

- побудова і дослідження графіка ;
- визначення моделі тимчасового ряду ;
- оцінка дисперсії залишків, яка згодом можливо використана для побудови довірчих інтервалів прогнозу;

- проведення аналізу залишків з метою перевірки адекватності моделі (ступінь її відповідності реальному об'єкту);
- прогнозування та інтерполяція .
- Під методом прогнозування розуміється набір дій, результат яких служить для отримання моделі прогнозування конкретного тимчасового ряду. Крім того, метод прогнозування включає в себе дії, необхідні для оцінки якості прогнозних значень. А модель прогнозування визначається як функціональне уявлення, адекватно описує досліджуваний процес і отримання, що лежить в основі його майбутніх значень. Часто, коли мова йде про моделі прогнозування, застосовують термін модель екстраполяції.

Існує велика кількість різних методів рішення завдань прогнозування . Найбільш поширені представлені на рисунку 1.7.



Рисунок 1.7 – Методи прогнозування

Перед тим, як приступити до аналізу моделей прогнозування, варто відзначити, що назви моделей і пов'язані з ними методи прогнозування, як правило, збігаються.

У аналітичному огляді методи прогнозування діляться на дві групи: інтуїтивні та формалізовані.

Інтуїтивне прогнозування застосовується в випадку, коли об'єкт прогнозування або занадто простий, або, навпаки, коли настільки складний, що врахувати вплив зовнішніх факторів аналітично неможливо. Інтуїтивні методи не припускають розробку моделей прогнозування і відображають індивідуальні думки експертів щодо перспектив подальшого розвитку процесу дослідження. У основі інтуїтивних методів прогнозування лежить інтуїтивно-логічне мислення фахівців (експертів) в певній сфері діяльності. Вони використовуються при аналізі процесів, розвиток яких або повністю, або частково не піддається математичній формалізації, тобто для яких складно розробити адекватну модель прогнозування. Крім того, в теперішній час широке застосування отримали експертні системи, в тому числі з використанням нечіткої логіки.

Формалізовані методи базуються на моделях прогнозування, які в свою чергу, можна розділити на статистичні і структурні моделі.

У статистичних моделях прогнозування аналітичним методом визначається функціональна залежність між майбутніми і фактичними значеннями тимчасового ряду, а також зовнішніми умовами. Статистичні моделі можна розділити на наступні групи :

- регресійні моделі ;
- авторегресійні моделі ;
- моделі експоненційного згладжування .

У структурних моделях прогнозування структурно задається функціональна залежність між майбутніми і фактичними значеннями тимчасового ряду, а також зовнішніми умовами задана. Структурні моделі можна розділити на наступні групи :

- нейромережеві моделі ;
- моделі на базі ланцюгів Маркова.

На даний момент самими важливими характеристиками моделей

прогнозування при аналізі і виборі найбільш підходящих математичних моделей є наступні характеристики:

- спосіб моделювання трендовий складової ;
- спосіб нелінійного моделювання тимчасового ряду;
- спосіб моделювання внутрішніх взаємозв'язків між конструктивними компонентами, визначеними при декомпозиції тимчасових рядів;
- спосіб моделювання випадкової;
- спосіб обліку впливу зовнішніх факторів на процес.

Також слід відзначити, що для рішення вузькоспеціалізованих завдань іноді застосовуються спеціальні моделі прогнозування. Наприклад, для рішення завдання прогнозування рівня цукру в крові людини застосовуються моделі на основі диференціальних рівняння, а для завдання прогнозування транспортного потоку використовуються гідродинамічні моделі.

1.3.1. Регресійні моделі

На сьогоднішній день існує велике кількість завдань, для рішення яких необхідно вивчити відносини між двома і більше змінними, в цьому випадку застосовується метод регресійного аналізу. Регресія широко використовується для рішення завдань прогнозування і управління.

Основний метою регресійного аналізу є визначення залежності між вихідною змінною і набором зовнішніх факторів (регресорів). При цьому, для визначення коефіцієнтів регресії може використовуватися як метод найменших квадратів, так і метод максимального правдоподібності.

Лінійна регресійна модель

Лінійна регресія є самим простим варіантом регресійної моделі. У основі даної моделі лежить припущення про те,

що існує дискретний зовнішній фактор $X(t)$, який надає вплив на досліджуваний процес $Z(t)$, при цьому зв'язок між процесом і даним зовнішнім фактором має лінійний характер. Модель прогнозування на основі

лінійної регресії можна уявити в вигляді наступного рівняння:

$$Z(t) = \alpha_0 + \alpha_1 X(t) + \varepsilon_t, \quad (1.1)$$

де: α_0 і α_1 є коефіцієнтами регресії, а ε_t – помилкою моделі.

В даному випадку для визначення прогнозних значень досліджуваного процесу $Z(t)$ в момент часу t необхідно мати значення дискретного зовнішнього фактора $X(t)$ в той ж момент часу, що рідко трапляється на практиці.

Множинна лінійна регресійна модель

На практиці на досліджуваний процес $Z(t)$ впливає цілий набір дискретних зовнішніх факторів $X_1(t), \dots, X_s(t)$. У даному випадку використовується множинна регресійна модель, яку можна описати наступним рівнянням:

$$Z(t) = \alpha_0 + \alpha_1 X_1(t) + \alpha_2 X_2(t) + \alpha_s X_s(t) + \varepsilon_t, \quad (1.2)$$

де: α_0 і α_1 є коефіцієнтами регресії, а ε_t – помилкою моделі.

Основним недоліком даної моделі прогнозування є те, що для визначення майбутнього значення досліджуваного процесу $Z(t)$ необхідно знати майбутні значення всіх зовнішніх факторів $X_1(t), \dots, X_s(t)$, що впливають на процес, що майже неможливо на практиці.

Нелінійна регресійна модель

Нелінійна регресійна модель базується на припущенні о тому, що існує відома функція, що визначає залежність між досліджуваним процесом і зовнішнім фактором. Нелінійну регресійну модель у загальному вигляді можна описати наступним рівнянням:

$$Z(t) = F(X(t), A). \quad (1.3)$$

Для побудови цієї моделі прогнозування необхідно визначити параметри функції. Наприклад, можна зробити припущення про те, що досліджуваний процес $Z(t)$ описується наступним рівнянням:

$$Z(t) = \alpha_1 \cos(X(t)) + \alpha_0. \quad (1.4)$$

Тоді для побудови моделі прогнозування необхідно і достатньо визначити параметри функції $A = [\alpha_1, \alpha_0]$. На практиці рідко зустрічаються процеси, для яких заздалегідь відома функціональна залежність між досліджуваним процесом $Z(t)$ і зовнішнім фактором $X(t)$. З цієї причини дана модель прогнозування використовуються дуже рідко.

1.3.2 Авторегресійні моделі

Авторегресійні моделі прогнозування базуються на припущенні, що значення досліджуваного процесу $Z(t)$ лінійно залежить від деякого кількості попередніх значень того ж процесу $Z(t-1), \dots, Z(t-p)$.

Авторегресійна модель ковзного середнього

Модель авторегресії (Autoregressive, AR) і модель ковзного середнього (moving average, MA) є найбільш популярними в області аналізу тимчасових рядів. У авторегресійній моделі прогнозування поточні значення досліджуваного процесу визначається в вигляді кінцевою лінійної сукупності попередніх значень досліджуваного процесу і імпульсу, який називається «білий шум».

Модель прогнозування на основі авторегресії можна описати наступним рівнянням:

$$Z(t) = C + \varphi_1 Z(t-1) + \varphi_2 Z(t-2) + \dots + \varphi_p Z(t-p) + \varepsilon_t. \quad (1.5)$$

Це рівняння описує процес авторегресії порядку, який в науковій

літературі часто позначається як $AR(p)$, тут C є речової константою, $\varphi_1, \dots, \varphi_p$ – коефіцієнтами, а ε_t – помилкою моделі. Для того, щоб обчислити значення φ_i і C застосовують метод максимальної правдоподібності або метод найменших квадратів.

Модель ковзного середнього порядку q є іншим типом моделі прогнозування, яка має велике значення в описі тимчасових рядів і часто використовується спільно з авторегресією. Дану модель можна описати наступним рівнянням:

$$Z(t) = \frac{1}{q} (Z(t-1) + Z(t-2) + \dots + Z(t-q)) + \varepsilon_t. \quad (1.6)$$

Це рівняння описує процес авторегресії порядку q , який в науковій літературі часто позначається як $MA(q)$, тут q є порядком ковзного середнього, а ε_t – помилкою моделі. За суті справи, ковзного середнього представляє собою фільтр низьких частот. Необхідно відзначити, що існують кілька типів моделей ковзного середнього, а саме: прості, зважені, кумулятивні і експонентні.

Іноді рекомендується поєднувати авторегресію і ковзне середня в одній моделі – $ARMA(p, q)$, яка включає в собі фільтр в вигляді ковзного середнього порядку q і авторегресію фільтрованих значень процесу порядку p . Це робиться для того, щоб отримати велику гнучкість в адаптації моделі.

Якщо самі значення тимчасових рядів не використовуються в якості вхідних даних, а використовується їх різниця d – того порядку (на практиці d необхідно визначати, однак в більшості випадків $d \leq 2$), то дана модель називається моделлю авторегресії проінтегрованого ковзного середнього ($ARIMA(p, d, q)$ (autoregression integrated moving average)).

Розвитком моделі авторегресії проінтегрованого ковзного середнього є модель $ARIMAX(p, d, q)$ (autoregression integrated moving average extended), яка має можливість обліку зовнішніх факторів. Цю модель можна описати

наступним рівнянням:

$$Z(t) = AR(p) + \alpha_1 X_1(t) + \dots + \alpha_s X_s(t), \quad (1.7)$$

де: $\alpha_1, \dots, \alpha_s$ є коефіцієнтами зовнішніх факторів $X_1(t), \dots, X_s(t)$.

У даному випадку досліджуваний процес $Z(t)$ найчастіше представляє собою результат моделі $MA(q)$, тобто є відфільтрованими значеннями вихідного процесу. Далі для прогнозування процесу $Z(t)$ застосовується модель авторегресії, в якій введені додаткові регресори зовнішніх факторів $X_1(t), \dots, X_s(t)$.

1.3.3 Моделі експоненційного згладжування

Дана модель прогнозування застосовується для моделювання фінансових і економічних процесів і носить назву ES (exponential smoothing). У основі моделей експоненційного згладжування базується ідея постійного перегляду прогнозних значень по мірі надходження фактичних. Модель ES привласнює експоненційно спадні ваги спостереженням по мірі їх старіння. У цьому випадку, останні доступні спостереження мають більше вплив прогнозованому значенню, чим старші спостереження.

Цю модель можна описати наступним рівнянням:

$$Z(t) = S(t) + \varepsilon_t, \quad (1.8)$$

$$S(t) = \alpha Z(t-1) + (1 - \alpha) S(t-1), \quad (1.9)$$

де: α є коефіцієнтом згладжування ($0 < \alpha < 1$), а початкові умови визначаються як $S(1) = Z(0)$.

У моделі експоненційного згладжування кожне наступне згладжене значення $S(t)$ визначається, як зважене середня між попереднім значенням тимчасового ряду $Z(t)$ і попереднім згладженим значенням тимчасового ряду $S(t-1)$.

Модель Хольта (подвійне експонентне згладжування)

Дана модель ефективно використовується при моделюванні процесів, які мають тренд, тому в моделі розглядаються два складники: рівень і тренд. У цьому випадку, процес згладження рівня і тренда відбувається окремо, а модель можна описати наступним рівнянням:

$$Z(t) = S(t) + \varepsilon_t, \quad (1.10)$$

$$S(t) = \alpha Z(t-1) + (1-\alpha)(S(t-1) - B(t-1)), \quad (1.11)$$

$$B(t) = \gamma(S(t-1) - S(t-2)) + (1+\gamma)B(t-1), \quad (1.12)$$

де: α є коефіцієнтом згладжування рівня, а γ коефіцієнтом згладжування тренд.

Модель Хольта-Вінтерса (потрійне експонентне згладжування)

Ця модель ефективно використовується при моделюванні процесів, які мають тренд і сезонну складову, тому в моделі розглядаються три складники: рівень, тренд і сезонність.

$$Z(t) = (R(t) + G(t))S(t), \quad (1.13)$$

де $R(t)$ згладженим рівнем без рахування сезонної складника:

$$R(t) = \frac{\alpha Z(t-1)}{S(t-L)} S(t-L), \quad (1.14)$$

де $G(t)$ – згладжений тренд:

$$G(t) = \beta(S(t-1) - S(t-2)) + (1-\beta)G(t-1), \quad (1.15)$$

а $S(t)$ – сезонна складова:

$$S(t) = \frac{\gamma Z(t-1)}{S(t-L)} + (1-\gamma)S(t-L). \quad (1.16)$$

Величина L розраховується по довжині сезону досліджуваного процесу $Z(t)$. Моделі експоненційного згладжування найбільш популярні для довгострокового прогнозування.

1.3.4 Нейросіткові моделі

Найбільш популярними серед структурних моделей прогнозування, на сьогоднішній день, є моделі на основі штучних нейронних мереж (artificial neural network, ANN). Приклад нейромережевий моделі представлений на рисунку 1.8.

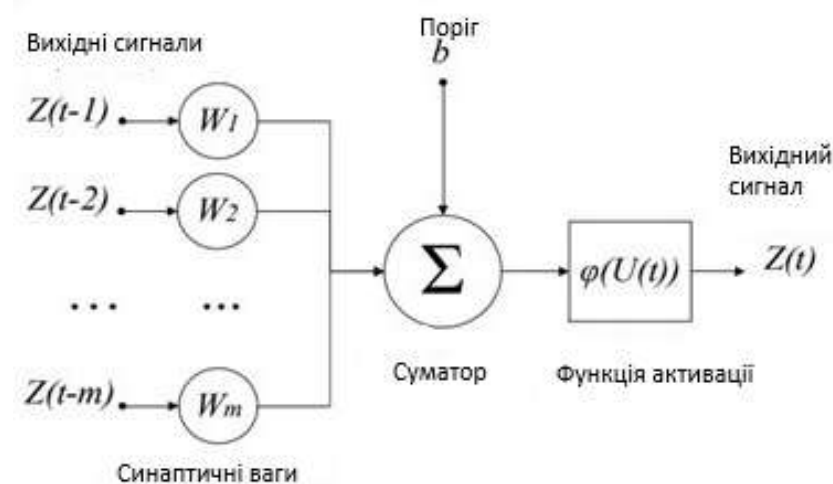


Рисунок 1.8 – Нелінійна модель нейрона

Модель нейрона можна описати наступну парою рівнянь:

$$U(t) = \sum_{i=1}^m \omega_i Z(t-i) + b, \quad (1.17)$$

$$Z(t) = \varphi(U(t)), \quad (1.18)$$

де: $Z(t-1), \dots, Z(t-m)$ є вхідними сигнали; $\omega_1, \dots, \omega_m$ – синаптичними вагами нейрона; b – порогом, а $\varphi(U(t))$ – функцією активації.

У даному випадку, моделювання нелінійних залежностей майбутнього значення тимчасового ряду як від його фактичних, так і від значень зовнішніх факторів відбувається завдяки використанню нейронних мереж (ANN). А нелінійна залежність визначається структурою нейронної мережі, а також функцією активації.

1.3.5 Моделі на базі ланцюгів Маркова

Моделі прогнозування на базі ланцюгів Маркова (Markov chain model) базуються на припущенні і тому, що майбутнє стан досліджуваного процесу залежить тільки від його поточного стану і ніяк не залежить від попередніх. з цієї причини процеси, модельовані ланцюгами Маркова, повинні ставитися до процесів з короткою пам'яттю.

Наприклад ланцюги Маркова для процесу, має три стану, представлених на рисунку 1.9.

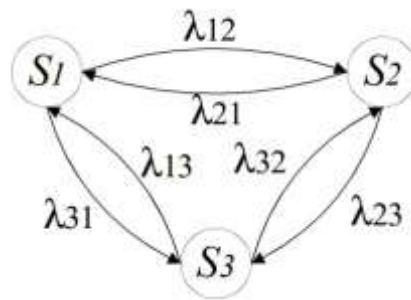


Рисунок 1.9 – Ланцюг Маркова з трьома станами

Де $S_1, \dots, S_3$ – стану процесу $Z(t)$, λ_{12} – ймовірність переходу з стану S_1 в стан S_2 , λ_{23} – ймовірність переходу з стану S_2 в стан S_3 , λ_{13} – ймовірність переходу з стану S_1 в стан S_3 і т.д.

У процесі побудови ланцюги Маркова визначаються безліч можливих станів і ймовірності переходів. Існує поточний стан процесу S_i , то в якості майбутнього стану процесу вибирається таке стан S_j , ймовірність переходу (значення λ_{ij}) у який максимальна.

Таким чином, структура ланцюги Маркова і ймовірності переходу станів визначають залежність між майбутнім значенням процесу і його

поточним значенням.

1.3.6 Інші моделі і методи прогнозування

Крім класів моделей прогнозування, розглянутих вище, існують інші, не менше поширені моделі і методи прогнозування тимчасових рядів.

Метод опорних векторів (support vector machine, SVM)

Даний метод базується на класифікації, виробленої за рахунок перекладу вихідних тимчасових рядів, представлених в вигляді векторів, в простір більше високою розмірності і пошуку розділяючої гіперплощини з максимальним зазором в цьому просторі. При цьому алгоритм SVM заснований в припущенні про те, що чим більше різниця або відстань між цими паралельними гіперплощинами, тим менше буде середня помилка класифікатор. У даному випадку завдання прогнозування вирішується таким чином, що на етапі навчання класифікатора виявляються незалежні змінні (зовнішні фактори), майбутні значення яких визначають в який з певних раніше підкласів потрапить прогноз $Z(t)$. Даний метод використовується, наприклад, для прогнозування руху ринків та ціни на електроенергію.

Модель на основі передавальних функцій (transfer функція , TF)

Даний метод використовується для прогнозування процесу $Z(t)$ з обліком зовнішнього фактора $X(t)$. Рівняння, відображає залежність майбутнього значення можна уявити у наступному вигляді:

$$Z(t) = v(B)X(t) + \eta(t), \quad (1.19)$$

де: B – оператор зсуву $BZ(t) = Z(t-1), \dots, B^k Z(t) = Z(t-k)$.

Тимчасовий ряд $\eta(t)$ характеризує зовнішнє обурення. При цьому функція $v(B)$ має вигляд:

$$v(B) = v_0 + v_1 B + v_2 B^k, \quad (1.20)$$

де: i – коефіцієнти функції, які описують динамічні відносини між процесами $Z(t)$ і $X(t)$.

Метод аналізу сингулярного спектру (Singular spectrum analysis, SSA)

Даний метод аналізу тимчасових рядів заснований на перетворенні одновимірного тимчасового ряду в багатовимірний ряд з наступним застосуванням до отриманого багатовимірного тимчасового ряду методу головних компонентів.

SSA може бути використаний без попереднього завдання моделі ряду для аналізу довільних, в тому числі, нестационарних, рядів. Основною метою SSA є розкладання в ряд в суму інтерпретованих компонентів, таких як тренд, періодичні компоненти, шум. У даному випадку, знання параметричної форми цих компонент не потрібно.

1.4 Порівняльна характеристика моделей прогнозування

Переваги і недоліки моделей і методів прогнозування систематизовано у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 Порівняльна характеристика моделей та методів прогнозування

Модель та метод прогнозування	Переваги	Недоліки
1	2	3
Регресійні моделі та методи	простота, гнучкість, прозорість моделювання; однаковість аналізу та проектування	складність визначення функціональної залежності; трудомісткість визначення параметрів моделі; відсутність можливості моделювання нелінійних процесів; низька адаптивність

Авторегресійні моделі та методи	простота, прозорість однаковість аналізу та проектування; безліч прикладів застосування моделювання ;	трудомісткість та ресурсомісткість ідентифікації моделей;
Моделі та методи експоненційного згладжування	простота моделювання; однаковість аналізу та проектування	недостатня гнучкість; вузька застосовність моделей

Продовження табл. 1.1

1	2	3
Нейросіткові моделі та методи	нелінійність моделей; масштабованість, висока адаптивність; однаковість аналізу та проектування;	відсутність прозорості; складність вибору архітектури; жорсткі вимоги до навчальної вибірки; складність вибору алгоритму навчання; ресурсомісткість процесу навчання
Моделі та методи на базі ланцюгів Маркова	простота моделювання; однаковість аналізу та проектування	неможливість моделювання процесів з довгою пам'яттю; вузька застосовність моделей
Аналіз сингулярного спектру	простота, прозорість моделювання; широка застосовність моделей;	обчислювальна складність

Слід також відзначити, що всі розглянуті моделі (і методи) не мають переваги точності прогнозування. Це пов'язано з тим, що точність прогнозування того або іншого процесу залежить не тільки від моделі, але і від досвіду дослідника, наявності даних, а також потужності наявного обладнання і багатьох інших факторів.

Для рішення поставленого в роботі завдання будемо використовувати метод аналізу сингулярного спектру, так як даний метод не вимагає стаціонарності ряду, знання моделі тренда, а також відомостей про наявності в тимчасовому ряді періодичних складових і їх періоди. Даний метод використовується для рішення різних завдань, таких як виділення тренда, виявлення періодики, згладжування ряду, побудова повного розкладання ряду в суму тренда, періодики і шуму, а також ефективний в

завданнях прогнозування.

1.4.1 Комбіновані моделі

На сьогоднішній день створення комбінованих моделей прогнозування є одним з популярних сучасних напрямів проектування моделей прогнозування. Використання даного підходу дозволяє компенсувати недолік однієї моделі за допомогою іншої, а також підвищити точність прогнозування, як одного з основних критеріїв ефективності моделі.

Можна привести наступні приклади комбінованих моделей:

- нейромережева модель (ANN) + нечітка логіка;
- нейромережева модель (ANN) + модель авторгересії проінтегрованого ковзного середнього (ARIMA);
- нейромережева модель (ANN) + регресія;
- регресія + нечітка логіка.

У більшості комбінацій для рішення завдання кластеризації використовуються моделі на основі ІНС, потім для кожного кластера будується окрема модель прогнозування на основі ARIMA, нечіткою логіки і інших.

Використання комбінованих моделей – одне з напрямків, яке при правильному підході дозволяє підвищити точність прогнозування. Одним з основних недоліків цих моделей є складність і ресурсомісткість їх розробки: необхідно розробляти моделі таким чином, щоб компенсувати недоліки кожною з них, не втрачаючи їх переваг.

Підводячи результат, можна відзначити, що найбільш перспективним напрямом розвитку прогностичних моделей для підвищення точності є створення спільних (комбінованих) моделей, виконуючих на першому етапі кластеризацію, а потім прогнозування тимчасового ряду в рамках створених кластерів.

1.5 Сингулярний спектральний аналіз

За останні кілька десятиліть в наукових дослідженнях спостерігається інтерес до області прогнозування і спроба кількісно оцінити та обґрунтувати широкий спектр використовуваних методів.

Сингулярний спектральний аналіз (SSA), починаючи зі другої половини XX століття, став методом аналізу тимчасових рядів що швидко розвивається. Оскільки це можна назвати аналізом головних компонентів для тимчасових рядів, SSA безперечно стане стандартним методом аналізу тимчасових рядів і обробки сигналів в майбутньому. Зокрема в проблемі оцінки частоти, прогнозування і настанови відсутність значень можуть бути вирішені в рамках SSA . Ідея SSA виходила від різних наукових спільнот, таких як аналіз тимчасових рядів (розкладання Кархунена-Лоева), обробка сигналів (апроксимація низького рангу і оцінка частоти) і аналіз багатовимірних даних (метод головних компонент). Крім того, в залежності від сфери застосування, розглядаються різні крапки зору на одні і ті ж алгоритми, вибір параметрів та методологію в цілому.

Завдання SSA – забезпечити розкладання вихідного ряду на суму невеликого числа незалежних і інтерпретованих компонентів, таких як повільно мінливий тренд, коливальні складові та шум.

SSA можна використовувати для знаходження трендів, згладжування, вилучення сезонності, одночасного вилучення циклів з маленькими і великими періодами, вилучення періодичності з різними амплітудами, одночасне виділення складних трендів і періодичності, перебування структури в коротких тимчасових рядах і виявлення крапки зміни.

Метод сингулярного спектрального аналізу (SSA) використовується для визначення основних складових тимчасового ряду і придушення шуму. Метод SSA дозволяє :

- розрізняти складники тимчасового ряду, отримані з послідовності значень якої-небудь величини, взятої через рівні проміжки часу;

- знаходити заздалегідь невідомі періодичності ряду;
- згладжувати вихідні дані на основі відібраних складових;
- найкращим чином виділяти компоненту з заздалегідь відомим періодом;

- прогнозувати подальшу поведінку спостереження залежності.

Однак цей метод має ряд суттєвих недоліків:

- занадто великі тимчасові витрати .
- необхідність залучення великих обчислювальних ресурсів.
- низькі показники швидкості навчання .
- висока трудомісткість та ресурсомісткість .
- недостатня наочність моделі .

1.6 Моделі прогнозування погоди

«Прогноз погоди – це рішення складного математичного завдання. У рамках системи рівнянь описуються закони атмосферної циркуляції, приплив тепла, вертикальних рухів. Це дуже складна система, і вирішувати її можна тільки на суперкомп'ютерах», – пояснює Роман Вільфанд.

У 1922 року британська математик Льюїс Френк Річардсон запропонував створити прогноз погоди з допомогою використання динамічних рівнянь. Він зрозумів, що динаміку атмосфери можна моделювати, виконуючи тисячі рівнянь, і таким чином прогнозувати погоду

Однак в докомп'ютерну епоху існував тільки один спосіб застосування даного чисельного алгоритму – вручну. Річардсон підрахував, що для проведення необхідних розрахунків по своєчасною якісною оцінки буде потрібно 64 тисячі людей. І хоча це було непрактично, по мірі розвитку технологій його теорія лягла в основу прогнозу погоди.

На сьогоднішній день мільярди метеорологічних даних збираються по всьому світу щодня і щогодини з допомогою наземних метеорологічних

станцій, метеозондів, морських буїв і метеорологічних супутників. Усі ці потоки даних по погоді прямують в центри обробки метеоінформації, які, як правило, оснащені самими сучасними комп'ютерами, тому що завтрашній прогноз потрібен зараз. Менш потужні машини не зможуть обробити такий обсяг даних за розумне час.

Прогноз погоди вважається кінцевою метою дослідження атмосфери. Прогнозування відзначається як найбільш розвинена область метеорології, при цьому характер сучасного прогнозування погоди достатньо складний. Прийнято розрізняти три методи наукового прогнозу погоди: синоптичний прогноз погоди, чисельний (він ж гідродинамічний) метод та статистичний.

1. Синоптичне прогнозування – це традиційний підхід до прогнозування погоди. До кінця 1950 - х років цей метод використовувався як основний. Він заснований на побудові і аналізі синоптичних карт, зображуючих атмосферні умови в конкретний момент часу. на них виділяють окремі об'єкти (циклони, антициклони, атмосферні фронти і ін), кожен з яких характеризується певними типами погодних умов. Сучасний метеорологічний центр щодня готує серію синоптичних карт, які складають основу прогнозів погоди. Основна завдання підготовки карт для постійного спостереження складається в тому, щоб збирати і аналізувати величезну кількість даних по спостереженнях, отриманих з множини метеорологічних станцій

Завдяки ретельному вивченню карт метеорології за багато років були сформульовані певні правила емпіричного характеру. Ці правила допомагають метеорологам оцінювати швидкість і напрямок метеорологічних систем. Так, наприклад, коли відомо, який тип погоди створюється по фронту, швидкість, напрямок руху бурі, то можна достатньо точно змодельовати прогноз погоди на обрану територію.

Але в зв'язку з раптовими змінами циклонічної системи ці прогнози діють тільки на короткий термін, наприклад, кілька годин або днів. Прогнозувати на більше тривалий період вже важко .

2. У середині XX століття було зроблено висновок про те, що інші

методи можуть прогнозувати погоду більше точним чином, ніж це було можливо при використанні традиційних синоптичних підходів. До такого типу відноситься чисельний метод (він також називається «гідродинамічним»), який заснований на побудові математичних моделей атмосфери і моделей взаємодії атмосфери і океану. В ньому наводяться гідродинамічні і термодинамічні рівняння, а також застосовуються основні закони фізики.

З кінця 1940-х років спостерігається стабільне зростання застосування математичних моделей для прогнозування погоди. Математичні рівняння використовуються при розробці теоретичних моделей загальної атмосферної циркуляції, а також для прогнозування змін в атмосфері з перебігом часу. Вони враховують параметри певного елемента погодних умов, наприклад, течії повітря, температури, вологості, випаровування, хмарності, дощу, снігу та ін.

При розгляді постійно змінюється атмосфера, необхідно враховувати величезну кількість факторів, що саме по собі, є дуже складним завданням. І для його рішення були розроблені чисельні моделі, які ігнорують деякі фактори, припускаючи, що кілька певних аспектів атмосфери не змінюються з перебігом часу. Це знижує вимоги до продуктивності ЕОМ, але при цьому погіршується якість прогнозів

3. Поряд з чисельними методами прогнозування погоди використовуються статистичні методи, які часто доповнюють чисельний метод. У статистичних методах використовуються минулі дані про погодні умови, припускаючи, що погода повториться в майбутньому.

Основний метою дослідження минулих метеорологічних даних є з'ясування факторів погодних умов, які є добрими показниками майбутніх подій, що дозволяє прогнозувати погоду з великим кроком на певній території. Це має місце тільки при проектуванні одного аспекту погодних умов. Наприклад, це дуже важливо при довгостроковому прогнозуванні максимального температурного показника в перебіг дня на певній території.

Процедура припускає збір статистики по температурі, швидкості вітру і напрямку вітру, по кількості хмар, по вологості в конкретному сезоні року. Статистичний метод дуже важливий для довгострокового прогнозування погодних умов.

Перспективи розвитку прогнозування погодних умов

Важливою перевагою сучасних метеорологів є те, що прогнозні дані по всім моделям знаходяться у відкритому доступі, їх можна порівнювати один з одним і вибирати найбільш ймовірні умови або обрати щось середнє. Існує спеціальна процедура: прогнози розраховуються двічі в день – опівдні і опівночі. Наприклад, можна порівняти прогноз погоди, розрахований опівночі на дев'ять годин ранку з реальною ситуацією. Якщо всі дані збігаються, то можна зробити висновок про те, що дана модель добре відтворює те що відбувається, а значить можна довіряти прогнозованій інформації. Але у випадку, якщо модель помиляється в прогнозі навіть на найближчі дванадцять годин, то хорошої якості прогнозів чекати не варто.

Далеко не всі явища природи достатньо вивчені, і не всі механізми їх дії нам відомі. Циклони і антициклони були відкриті лише в середині XIX століття, а поняття атмосферних фронтів було введено в початку XX століття, але в світі на сьогоднішній день не існує єдиної теорії виникнення циклонів (циклогенезу). Ні одне з існуючих уявлень не може описати всі процеси, що відбуваються в атмосферних фронтах.

Можливостей для підвищення точності прогнозів погоди існує велика кількість. Потужність суперкомп'ютерів зростає, і можна з великою впевненістю сказати, що вони знайдуть своє застосування в метеорології. У космос запускаються все нові прилади для дослідження і аналізу погоди, а також зростає мережа метеорологічних радарів.

Для прогнозування погодних умов метеорологи і синоптики використовують сучасні методи і впроваджують все нові технології, відкривають нові можливості для дослідження атмосферних феноменів. Основним показником якості роботи фахівців є підтвердження прогнозу

погоди, який зростає на 2 – 3% в рік і поступово наближається до цільового значення – абсолютного підтвердження.

При складанні прогнозу погоди виникає кілька основних і дуже суттєвих проблем. Наприклад, неточність знань, наявних на сьогоднішній день і що стосуються безпосередньо стану атмосфери. Варто розуміти, що наявних знань достатньо тільки для приблизної оцінки поточного стану атмосфери, так і самі спостереження, в ряді випадків, можуть утримувати помилки. Звичайно кількість помилок, так і похибки в цілому можна знизити. Однак варто розуміти, що зменшувати похибки вимірювань нескінченно не вийде. Таким чином, в наш час отримати максимально точні і достовірні дані про стані атмосфери не є можливим. Для передбачення погоди також використовуються атмосферні моделі, які хоч і полегшують поставлену завдання, однак самі по собі також не є досконалими в показниках точності і мають свої похибки. Однак варто помітити, що технології з кожним вдень стають все більше досконалими і точність моделей атмосферних явищ зростає.

1.7 Огляд та аналіз аналогів програмної системи

Прогнозування погоди є складним завданням на протязі багатьох років. Навіть після технічного і наукового прогресу точність прогнозу погоди ніколи не була достатньою. У теперішній час ця область залишається темою дослідження, в якій вчені і математики працюють над створенням моделі або алгоритму, який буде точно передбачати погоду.

Розглянемо далі програмне забезпечення, що дозволяє здійснювати прогнозування погоди на основі застосування різних методів.

1. Програма відбору, розрахунку і оцінки метеорологічних полів і погодних умов, таких як температура, тиск, опади і інше, одержаних з розрахунків мезомасштабних чисельних моделей прогнозу погоди.

Програма призначена для оцінки метеорологічних полів і елементів

погоди в пунктах метеорологічної мережі спостережень на основі порівняння виміряних значень і значень, розрахованих по мезомасштабним моделям прогнозу погоди (наприклад, сімейства WRF) і відібраних з розрахункової сітки. Дана інформація зберігається у форматі NetCDF . У том числі температура повітря, інтенсивність опадів, атмосферний тиск, бал хмарності та інше.

2. Програма побудови метеограм на основі вихідний продукції мезомасштабних моделей прогноз погоди.

Програма призначена для побудови метеограм на основі вихідний продукції моделей прогнозу погоди по переліку пунктів. Будуються графіки температури, крапки роси, напрямки і швидкості вітру і тиску (у землі). Будується графік відносною вологості у землі і гістограма розподілу в часі і кількості опадів (рідких і твердих). Будується вертикальний розріз атмосфери в пункті з рівня землі до верхнього кордону моделі прогнозу з вказівкою температури і швидкості і напрямки вітру по модельним шарам, розгорнутий в часі (окремо для прикордонного шару та для вільної атмосфери).

3. ПМ-Т. Інформер

Програма представляє собою розраховані на багато користувачів інтерфейси, що включають інтерфейс модератора, інтерфейс адміністратора і інтерфейс відображення. Програма включає в себе наступні розділи: «Відео», «Драгметали», «Ілюстрації», «Курси акцій», «Курси дорожніх чеків», «Новини», «Погода», «Курси валют пільгові», «Курси валют», «Режим роботи», «Електронна черга», «Текстовий блок». Інформація оновлюється через інтерфейс адміністратора. Програма дозволяє одночасно відображати один або кілька розділів.

4. Програмний комплекс «ВОЛМЕТ 2.0»

Програмний комплекс призначений для автоматизації процесу формування і управління повідомленнями VOLMET . Зведення VOLMET є формалізованим повідомленням, зміст якого визначено в міжнародних нормативних документах. Зведення VOLMET представляють собою

безперервні циклічні мовні повідомлення, що включають інформацію про погоду по групі аеродромів. Використовується органами організації і управління повітряним рухом в якості джерела метеоінформації, для екіпажів повітряних судів, що знаходяться на маршруті, пролягає по району польотної інформації. Зведення VOLMET формується з груп інформації, складених з певною послідовністю і заповнюється змінними даними, отриманими при введенні і обробці. ПК функціонує в складі спеціалізованого обладнання «Автоматична Термінальна Інформаційна Система з системою відображення СВІЛ». Основні функції: введення і зберігання даних (метеодані); обробка даних відповідно з закладеними критеріями, включаючи форматологічний контроль ведення інформації; формування мовного повідомлення на українською і англійською мовами, послідовно або паралельно; формування текстового повідомлення ATIS в заданих форматах; формування текстографічного зображення інформації ATIS для відображення на екранах індикаторів; записи в журнали подій системи; функціональний контроль та забезпечення резервування системи.

5. Програма прогнозу погоди по Замбретті

Програма призначена для складання прогнозу погоди методом Замбретті . Програма на підставі величини і динаміки зміни атмосферного тиску, напрямки вітру, місяця і півкулі виробляє складання прогнозу погоди і видає текстовий коментар. Прогноз погоди складається на основі погодного калькулятора Замбретті з точністю 90%. Програма дозволяє зберігати результати розрахунків в файл .

Вищеописане програмне забезпечення має наступні недоліками:

1. не використовує сучасний математичний апарат (у том числі штучні нейронні мережі);
2. обмежено по сфері чи географії застосування;
3. вимагає ручного завантаження даних .

Провівши аналіз програмних аналогів прогнозування погоди, можна зробити висновок, що розробляється програмне забезпечення в порівнянні з

аналогами, буде мати наступні переваги:

1. буде використовувати математичний апарат штучних нейронних мереж, за рахунок чого підвищиться ступінь точності прогнозу;
2. буде завантажувати дані по минулих періодах погоди в автоматичному режимі.

2. ПРОГНОЗУВАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ШТУЧНИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ

2.1 Основні поняття штучних нейронних мереж

Штучна нейронна мережа представляє собою систему простих, пов'язаних між собою штучних нейронів, які в свою чергу періодично взаємодіють з отриманими і переданими сигналами. При цьому, об'єднані разом штучні нейрони, підключені до великої мережі з контролемою взаємодією, що вирішують складні завдання в найкоротші терміни.

Штучний нейрон (формальний нейрон) – це елемент штучних нейронних мереж, який моделює деякі функції біологічного нейрону. Основна функція штучного нейрона – генерувати вихідний сигнал в залежності від сигналів, отриманих на його вході.

Нейрон визначається своїм поточним станом і має сукупність синапсів – односпрямованих вхідних з'єднань, які з'єднані з виходами інших нейронів. Також нейрон має аксон – вихідне з'єднання даного нейрона, з яким сигнал переходить в синапси наступних нейронів. Кожен синапс визначається величиною синаптичної зв'язку. Функція активації – це нелінійна функція, яка визначає вихідний сигнал формального нейрону.

З точки зору машинного навчання, штучні нейронні мережі є приватним випадком таких методів як розпізнавання образів, дискримінантного аналізу і методів кластеризації. З математичної точки зору, процес навчання штучних нейронних мереж представляє собою спосіб рішення нелінійних завдань оптимізації. Кібернетика використовує штучну нейронну мережа в рішенні задач адаптивного управління, а також в якості алгоритмів для робототехніки. З точки зору штучного інтелекту, нейронні мережі представляють собою основу філософського течії коннекціонізму і є основним напрямом в структурному підході по вивченню можливості

побудови і проектування штучного інтелекту з використанням комп'ютерних алгоритмів.

Програмування нейронної мережі припускає саме навчання мережі, а не написання програмного коду. Можливість навчання нейронної мережі є одним з головних переваг перед традиційними алгоритмами. Навчання штучної нейронної мережі полягає в пошуку найкращого набору вагових коефіцієнтів, призначених для максимізації точності передбачення.

2.2 Біологічний нейрон

Складання алгоритму, який реалізований у вигляді програми, є стандартним способом рішення будь-якої проблеми на комп'ютері. Людський мозок, звичайно, вирішує цю проблему принципово іншим методом.

Нейрони є основними складниками нервової системи і мозку людини. Нервові волокна, які здатні відправляти електричні імпульси між нейронами пов'язують нервову систему і мозок людини. У живому організмі відбуваються процеси передачі електричних імпульсів між нейронами до мозку людини в вигляді роздратування від шкіри, від очей і вух. Структура біологічного нейрона зображена на рисункурис 2.1.

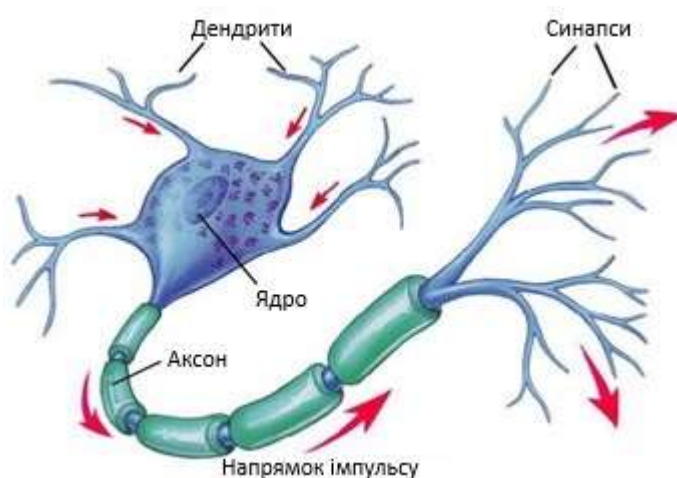


Рисунок 2.1 Структура біологічного нейрона

Кожен нейрон включає в себе два типу відростків нервових волокон: дендрит (відросток нервових волокон, по якому приймаються імпульси) і аксон (відросток нервових волокон, на який може передаватися імпульс від нейрона). У кінці процесу аксон поділяється на волокна і зв'язується з дендритами інших нейронів через спеціальні освіти, які надають вплив на силу імпульсу – синапси. Маса синапсів і поведінка відповідного нейрона зі часом може змінюватись.

Кора головного мозку людини представляє собою витягнуту, освічену поверхню нейронів, яка має товщину від 2 до 3 мм і площа близько 2200 см^2 , це в два рази більше поверхні стандартною комп'ютерної клавіатури. Загальна кількість нейронів в людському мозку складає близько 10^{11} , що приблизно дорівнює кількості зірок Чумацького Шляху. Кожен нейрон має зв'язок з 10^3 – 10^4 іншими нейронами. Як правило, людський мозок має приблизно від 10^{14} до 10^{15} відносин.

2.3 Математична модель нейрона

Математична модель нейрона виглядає так (рисунок 2.2).

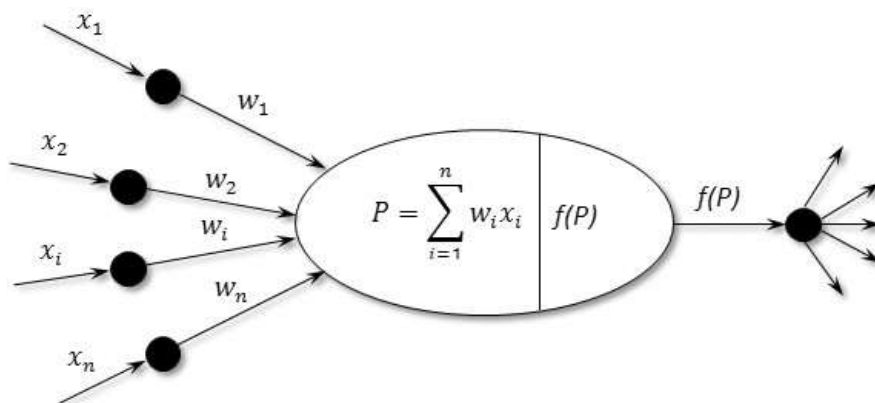


Рисунок 2.2 – Математична модель нейрона

Де x_i – є вхідними сигналами. Це дані, які надходять з навколишнього середовища або від інших активних нейронів. Вхідні значення можуть мати будь-які речові значення, або можуть бути дискретними з множин $[0, 1]$ або $[-1, 1]$;

w_i – є ваговими коефіцієнтами. Вони показують силу зв'язку між нейронами;

$P = \sum_{i=1}^n \omega_i x_i$ – є рівнем активації нейрона, його потенціал;

$f(P)$ – є функцією активації. Вона використовується для визначення вихідного значення сигналу, який передається іншим нейронам.

Вхідні сигнали x_i множаться на коефіцієнти w_i , які називаються синаптичними вагами. Після цього виходить зважена сума $P = \sum_{i=1}^n \omega_i x_i$ яка піддається зміні функцією $f(P)$ (функція активації). Вихідний сигнал Y також може піддаватися зважуванню.

Як функції активації можуть застосовуватися різні функції, але частіше сигмоїдна $Y = \frac{1}{1 + \exp(-\lambda p)}$. Монотонність є основною вимогою до таких функцій. Також широко поширені гіперболічний тангенс, логарифмічна та лінійна функції. Графік сигмоїдної функції зображений на рисунку 2.3.

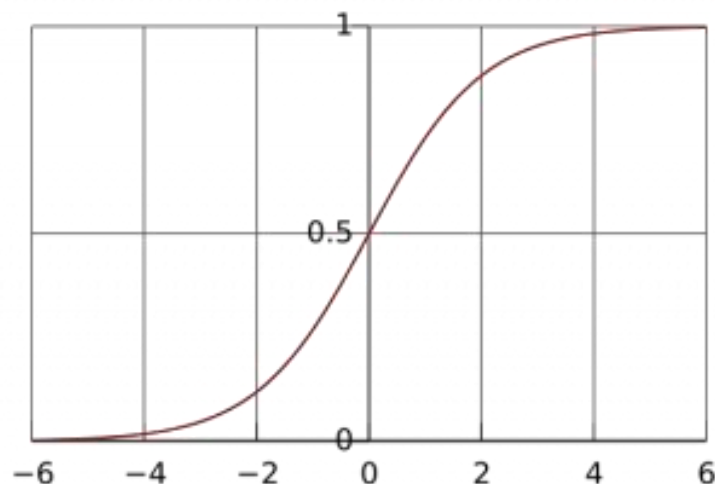


Рисунок 2.3 – Функція логістичного сигмоїда

Часте використання функції сигмоїда в штучних нейронних мережах,

обґрунтовується простим виразом похідним через саму функцію. Це значно спрощує обчислення методу зворотного поширення помилок, що дозволяє застосовувати його на практиці.

Один нейрон поодинокі має невисокий рівень інтелекту. Якщо мережевій структурі поставити великою кількістю нейронів, то реалізована функція може бути як завгодно складною. Нейронна мережа – це серія обчислювальних елементів, кожен з яких має кілька вхідних синапсів та один вихідний аксон.

Схематично штучна нейронна мережа може бути представлена наступним чином на рисунок 2.4.

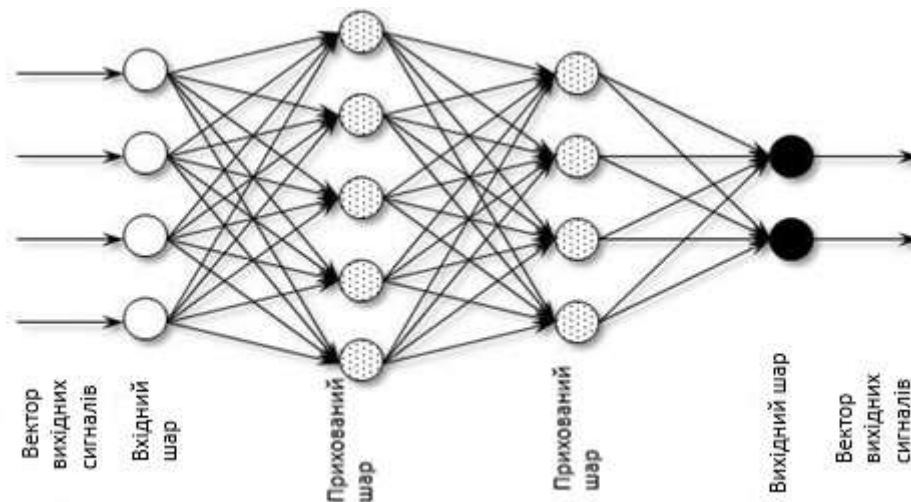


Рисунок 2.4 – Штучна нейронна мережа

Нейрони першого, вхідного шару, які відповідають однієї з характеристик досліджуваного об'єкта, постачаються вимірними значеннями цих показників. Отримані нейронами вхідного шару, сигнали переходять на наступний рівень (прихований або вихідний) без зміни, так як до них не застосовується функція активації. Приховані шари і вихідний шар, відбивають специфіку знань, перетворюють вхідні дані. Вихідний шар генерується скаляром або вектором, що є рішенням завдання.

Розрізняють одношарові і багатошарові мережі залежно від кількості перетворюючих шарів. У залежності від виду міжнейронних зв'язків

розрізняють такі штучні нейронні мережі:

- штучні нейронні мережі з прямими зв'язками. Даний тип нейронної мережі представлений на рисунку 2.4.
- штучні нейронні мережі з перехресними зв'язками. Даний тип нейронної мережі представлений на рисунку 2.5:
- штучні нейронні мережі зі зворотними (рекурентними) зв'язками. У таких мережах нейрон може відправляти сигнали собі, нейронам того ж рівня або нейронам попередніх рівнів. Даний тип нейронної мережі представлений на рисунку 2.6:

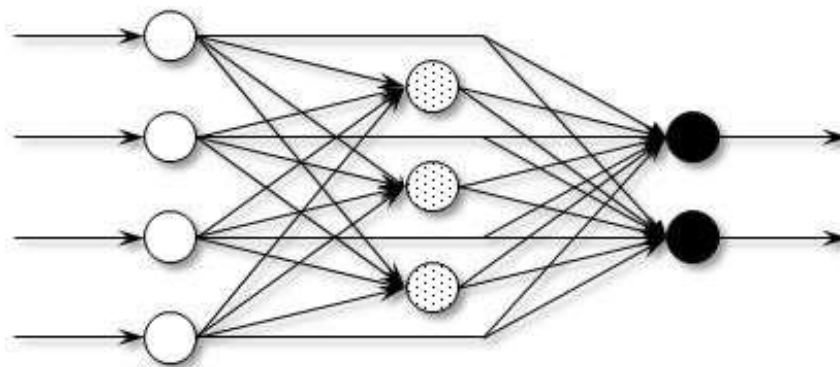


Рисунок 2.5 – Штучна нейронна мережа з перехресними зв'язками

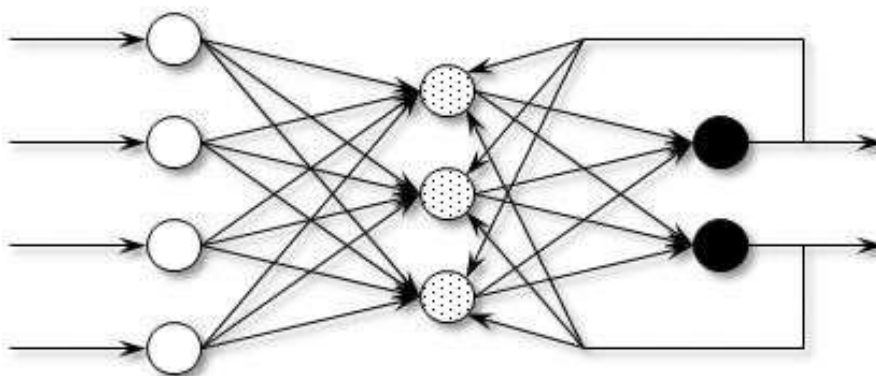


Рисунок 2.6 – Штучна нейронна мережа зі зворотними зв'язками

Перед вирішенням конкретного завдання, тобто перед безпосереднім використанням, мережа повинна бути налаштована (навчена). У визначенні набору з'єднань і коефіцієнтів зв'язку між нейронами, саме в цьому полягає процес навчання нейронної мережі. У залежності від методу навчання

розрізняють наступні типи штучних нейронних мереж, представлені на рисунку 2.7.



Рисунок 2.7. Класифікація штучних нейронів мереж за способом навчання

У процесі навчання з вчителем всі дані в навчальною вибірці містять вірні відповіді (вихідні дані), які відповідають вихідним даними (вхідні дані), при цьому ваги підлаштовуються таким чином, щоб мережа підбирала рішення, найбільш близькі до вірних. Схема навчання з учителем представлена на рисунку 2.8.



Рисунок 2.8 – Схема навчання нейронної мережі з вчителем

Навчання без вчителя використовується тільки тоді, коли для всіх даних навчальною вибіркою правильні відповіді не відомі. У процесі навчання робляться спроби обчислити вагові коефіцієнти, щоб визначити класи вибірок і

їх подальший розподіл по категоріям. Зокрема, даний вид навчань нейронної мережі використовується для рішення завдань кластеризації. Схема навчання без вчителя зображена на рисунку 2.9.

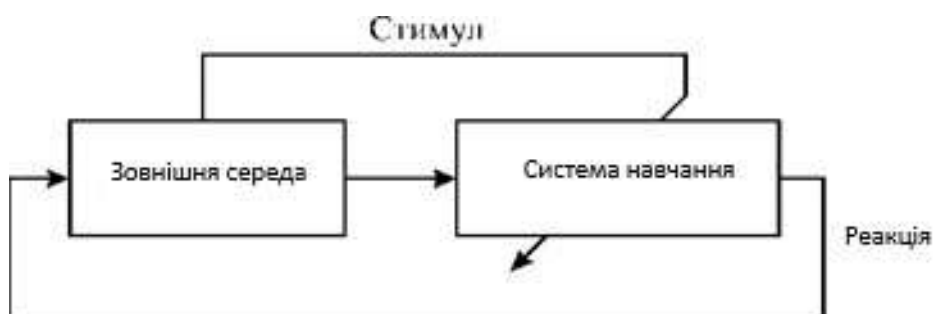


Рисунок 2.9 – Схема навчання нейронної мережі без вчителі

У процесі змішаного навчання, частина вагових коефіцієнтів визначається шляхом навчання нейронної мережі з використанням вчителі, а інша частина визначається з використанням алгоритмів самонавчання, тобто без вчителя.

У залежності від застосовуваного алгоритму корекції вагових коефіцієнтів штучні нейронні мережі поділяють на наступні категорії:

- правило зворотного розподілу помилки. При навчанні коригування поширюється на всі вагові коефіцієнти назад по мережі. Це правило зазвичай використовується в багатошарових мережах. Якщо коригування вагових коефіцієнтів відбувається після прогону одного образу, то в цьому випадку, кажуть про послідовний режим навчання. А якщо коригування виконується не відразу, а після прогону деякої кількості навчальних образів, то у цьому випадку, говорять про пакетний режим навчання (зворотній розподіл помилки в часі);

- правило корекції помилки. Корекція полягає в незначному збільшенні (як правило менше 1%) вагових коефіцієнтів таких зв'язків, які посилюють правильні реакції, і зменшенні вагових коефіцієнтів таких зв'язків, які сприяють хибним реакціям. Це правило зазвичай, використовується для одношарових мереж;

- правило Хебба (синхронне навчання). Сенс даного правила полягає в коригування вагових коефіцієнтів тільки таких зв'язків, вихід яких відрізняється від нуля;

- конкурентне навчання (Правило Кохонена). У кожному шарі нейронної мережі коригуються вагові коефіцієнти тільки єдиного нейрона-переможця, при якому вихідні дані найбільш точно відповідають поданому зразком;

правило Больцман. Процес навчання нейронної мережі заснований на ідеї імітації відпалу, методу горіння дефектів в кристалічних ґратах. Атоми, займаючи в ній неправильне місце всередині, не можуть переміщатися в потрібне становище при низькій температурі – їм не вистачає кінетичної енергії для того, щоб подолати потенційний бар'єр. Крім того, система знаходиться в стані мінімальної локальної енергії. Щоб вийти з нього, метал нагрівають до високою температури, після чого повільно охолоджують. Це дозволяє атомам займати правильні позиції в ґратах, відповідно глобальному мінімуму енергії. Імітація відпалу в штучній нейронній мережі відбувається відповідно з наступною процедурою:

- на вході в мережу використовується навчальне зображення і розраховується вихідний сигнал;

- визначається середньоквадратичне значення помилки між бажаним та результуючим вихідними векторами;

- вагові коефіцієнти змінюються випадковим чином, потім розраховуються нові вихідні дані та результуюча помилка.

1. У випадку якщо результуюча помилка зменшилася, вагові коефіцієнти залишають зміненими.

2. У випадку якщо помилка збільшилася, вагові коефіцієнти залишають зміненими з ймовірністю, обумовленою розподілом Больцман.

3. У випадку якщо помилка не змінилася, вагові коефіцієнти повертаються до попереднього значення.

По типу налаштування вагових коефіцієнтів виділяють наступні штучні

нейронні мережі:

- мережі з фіксованими зв'язками. У даних мережах вагові коефіцієнти, виходячи з умов завдання, вибираються одночасно;
- мережі з динамічними зв'язками. Для даних мереж відбувається налаштування синаптичних вагових коефіцієнтів у процесі навчання.

По типу вхідної інформації виділяють наступні штучні нейронні мережі:

- аналогові. У таких мережах вхідні дані представлені в формі дійсних чисел;
- двійкові. У таких мережах всі вхідні дані в таких мережах представляються у вигляді нулів та одиниць.

2.4 Вибір архітектури штучної нейронної мережі

Штучні нейронні мережі можуть бути представлені, у вигляді спрямованого графа із зваженими зв'язками, в якому штучні нейрони є вузлами. Штучні нейронні мережі в залежності від архітектури можуть бути розділені на наступні класи:

- мережі прямого поширення ;
- рекурентні мережі .

У нейронних мережах прямого розподілу графи не мають петель, а в рекурентних є зворотні зв'язки.

Архітектура штучних нейронних мереж представлена на рисунку 2.10.

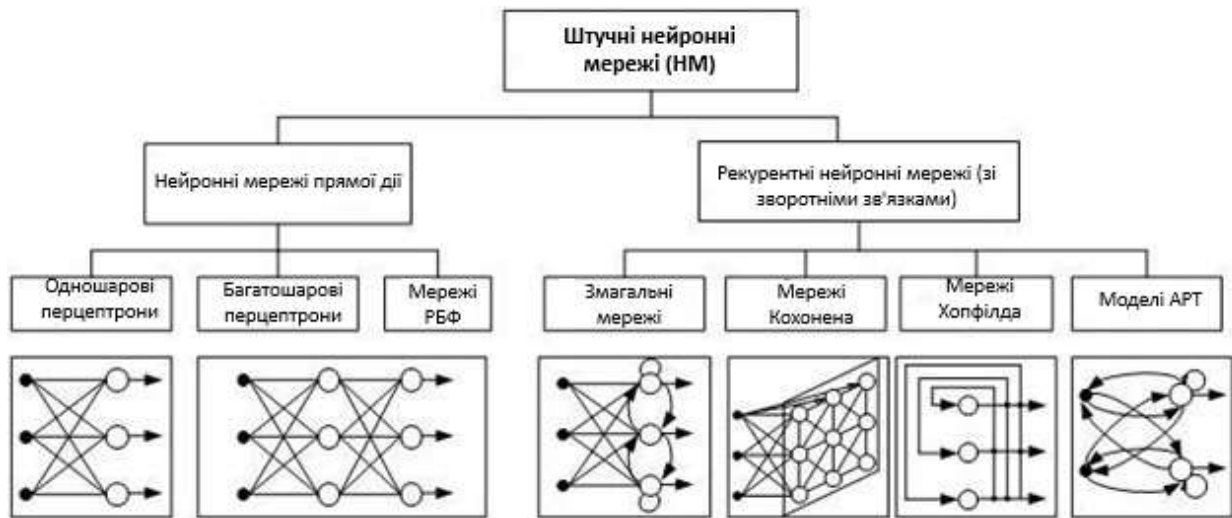


Рисунок 2.10 – Архітектура нейронних мереж

Для системи, що розробляється, оберемо багатшаровий перцептрон. Даний тип нейронної мережі прямого дії включає в себе довільне число шарів нейронів, при цьому число нейронів в шарах також може бути довільним (зазвичай всі приховані шари мають однакову кількість нейронів). Якщо нейронна мережа буде мати занадто мало прихованих шарів або нейронів, то в цьому випадку мережа не навчиться, та помилка при роботі мережі буде велика. У другому випадку, якщо нейронна мережа буде мати занадто багато прихованих шарів або нейронів, то в цьому випадку продуктивність і ефективність мережі буде низькими, а пам'яті комп'ютера буде потрібно багато.

2.4.1 Перцептрон в загальному вигляді

Перцептрон заснований на математичній моделі сприйняття мозком інформації. У своєму найбільш загальному вигляді (як це описав Розенблатт) перцептрон представляє собою систему елементів трьох різних типів: сенсори, асоціативні елементи і реактивні елементи. Перцептрон в загальному вигляді зображений на рисунку 2.11.

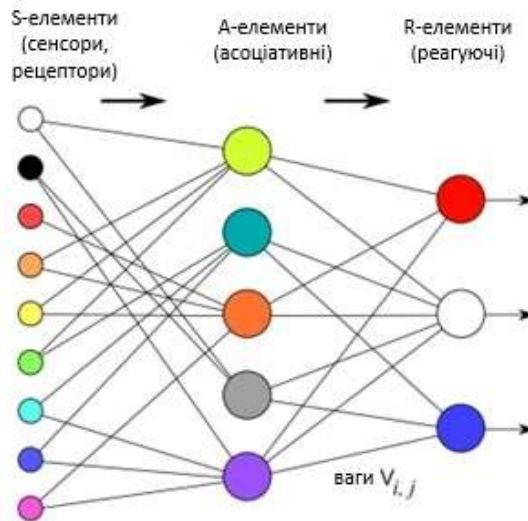


Рисунок 2.11 – Архітектура перцептрону у загальному вигляді

Першими починають свою роботу S -елементи. Вони можуть перебувати як в стані спокою (сигнал 0), так і в стані збудження (сигнал 1). Сигнали від S -елементів передаються на А -елементи через так звані S - А - з'єднання. Такі з'єднання можуть мати вагові коефіцієнти , рівні тільки -1, 0 або 1. Сигнали від сенсорних елементів, минулих через S - А -з'єднання, потрапляють в А -елементи, які також називають асоціативними елементами.

Необхідно звернути увага, що елемент А може збігатися з декількома елементами S. Якщо сукупність сигналів, прийнятих елементом А , перевищує конкретну межу θ , то в цьому випадку даний елемент А буде збуджений і видасть сигнал, який буде дорівнювати 1. У протилежному випадку, буде сформовано нульовий сигнал.

Потім сигнали, які генерували збуджені А-елементи, вирушають на суматор (R -елемент). Однак, щоб дістатися до R-елемента, вони проходять через зв'язку А - R , які також мають вагові коефіцієнти. Однак тут вони вже можуть приймати будь-які значення (на відмінну від зв'язків S - А).

R-елемент складає зважені сигнали від А-елементів і, якщо перевищено певний поріг, генерує вихідний сигнал, рівний 1. Оскільки R-елемент визначає вихідний сигнал перцептора загалом, він називається реактивним.

Архітектура одношарового перцептрону представлена на рисунку 2.12.

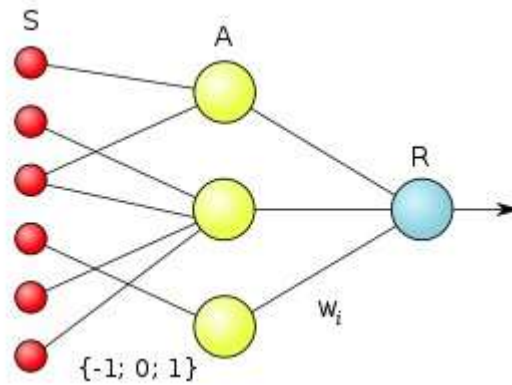


Рисунок 2.12 – Архітектура одношарового перцептрону

Важливою ознакою є те, що кожен S-елемент відповідає виключно A-елементу, все з'єднання S - A мають ваговий коефіцієнт +1, а межа A-елементів дорівнює 1.

Архітектура багатшарового перцептрону зображена на рисунку 2.13.

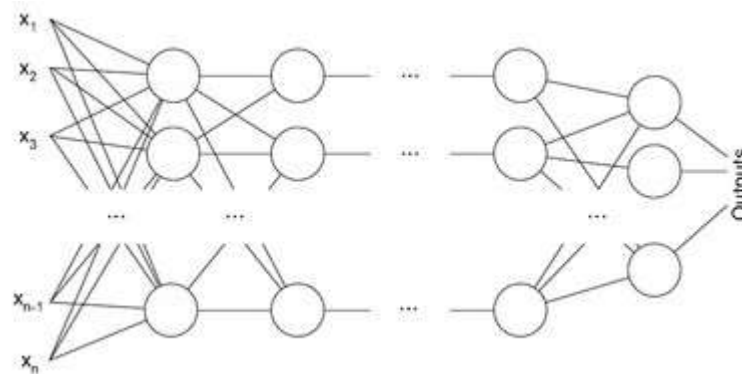


Рисунок 2.13 – Архітектура багатшарового перцептрону

У випадку, коли шари перцептрону об'єднуються, вони утворюють багаторівневу архітектуру, і це дає складність, необхідну для обробки нейронної мережі. Багатшарові перцептрони (MLP) є широко застосовуваною архітектурою для нейронних мереж. Багатшаровий перцептрон включає в себе два різних типи: багатшаровий перцептрон по Розенблатту та багатшаровий перцептрон по Румельхарту :

1. Багатшаровий перцептрон по Розенблатту – це перцептрон, має

більше одного шару А-елементів.

2. Багатошаровий перцептрон Румельхарта – це багатошаровий перцептрон Розенблатта, в якому зв'язку S - А також підлягають навчанню, а також саме навчання виконується методом зворотного поширення помилок.

2.5. Принцип роботи нейронних мереж

Принцип роботи нейронних мереж дуже простий. На вхідний шар нейронів надходить певна інформація. За допомогою синапсів вона передається на наступний рівень, причому кожен синапс має свій власний ваговий коефіцієнт, і кожен наступний нейрон може мати кілька вхідних синапсів.

Отже, інформація, отримана наступним нейроном, є сумою всіх даних, кожне з яких множиться на власний ваговий коефіцієнт. Отримане значення підставляється в функцію активації, і отримується вихідна інформація, яка потім передається до досягнення остаточного результату. Так як мережа ще не була навчена, то перше завантаження мережі не дає правильних результатів.

Функція активації використовується для нормалізації вхідних даних. Існує безліч таких функцій активації, але можна виділити кілька основних, які найбільш поширені. Основна їх відмінність – діапазон значень, в яких вони працюють.

- лінійна функція. Дана функція використовується тільки для перевірки створеної нейронної мережі або при передачі даних в вихідному вигляді;
- сигмоїд. Дана функція вважається самою поширеною функцією активації, діапазон її значень від 0 до 1. Вона також називається логістичною функцією;
- гіперболічний тангенс. Дана функція використовується, щоб охопити негативні значення і, відповідно, має діапазон значень від -1 до 1.

Якщо нейронна мережа не передбачає використання негативних значень, використовувати її не варто.

Тренувальні мережі використовуються для того, щоб поставити нейронній мережі дані, якими вона буде оперувати.

Лічильник, який збільшується з кожним тренувальним сетом, називається інтеграцією. Показник натренованості нейронної мережі, називається епохою. Він збільшується кожен раз, коли мережа проходить цикл повного набору тренувальних сетів.

Для того щоб правильно проводити тренування мережі, необхідно виконувати мережі, поступово збільшуючи показник натренованості нейронної мережі. У процесі збільшення показника епохи, відсотковий показник розбіжності між отриманим і бажаним результатом, повинен зменшуватись.

2.6 Навчання штучних нейронних мереж

Найбільш значущою властивістю нейронних мереж є можливість навчатися і, в результаті навчання, підвищувати свою ефективність. Процес навчання штучної нейронної мережі проходить через інтерактивний процес коригування вагових коефіцієнтів і синаптичних порогів. В ідеальному випадку нейронна мережа набуває знання з кожною ітерацією процесу навчання.

Є багато видів діяльності, пов'язаних з концепцією навчання, тому важко дати цьому процесу однозначне визначення. З точки зору нейронної мережі, навчання є процесом, в якому вільні параметри мережі налаштовуються шляхом моделювання середовища, в яке ця мережа інтегрована. Необхідним атрибутом процесу навчання штучної нейронної мережі є багаторазове повторення і вміння відразу оцінити результат.

Процедура створення і навчання штучною нейронної мережі зображені на рисунку 2.14.

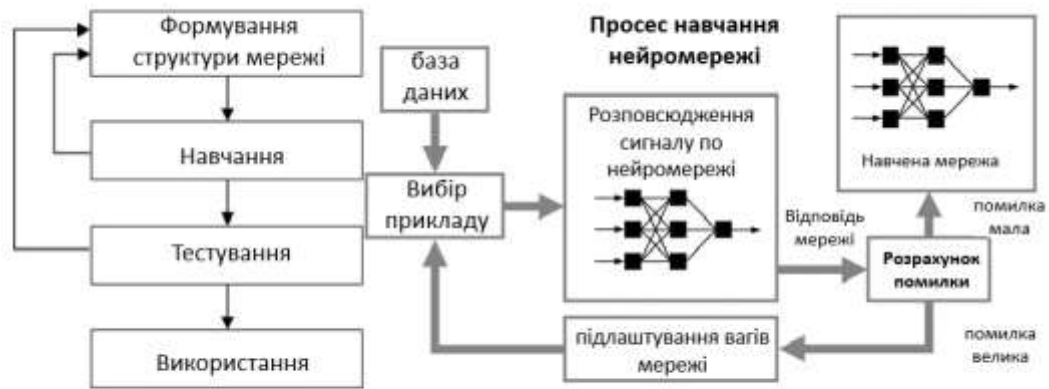


Рисунок 2.14 – Процес створення та навчання штучної нейронної мережі

Визначення структури штучної нейронної мережі – окреме завдання, що полягає в виборі мережевої топології і функцій активації кожного нейрону. Спочатку параметри нейронів задаються довільно.

Навчання нейронної мережі заключається в тому, що тренувальні дані надходять на вхід мережі, тобто такі дані, для яких вихід відомий. Результат порівнюється з очікуваними даними і обчислюється значення помилки. Після цього параметри штучної нейронної мережі коригуються для мінімізації функції помилки. У випадку, якщо задовільну точність не може бути досягнуто, необхідно змінити структуру нейронної мережі і повторити навчання на наборі тренувальних даних.

Після навчання мережі, проводиться тестування, яке полягає в перевірці точності на спеціальних тестових даних.

2.7 Застосування штучних нейронних мереж для вирішення завдань

Приклади використання штучних нейронних мереж для рішення завдань наведено на рисунку 2.15.

Тип навчання	Правило корекції коефіцієнтів	Архітектура	Задачі
З вчителем	Корекція при помилці і зворотне розповсюдження помилки	Одношарові та багатшарові мережі з прямими і зворотніми зв'язками	Класифікація Апроксимація функцій Прогнозування Управління
	Правило Хебба	Багатшарові мережі з прямими зв'язками	Аналіз даних Класифікація
	Змагання	Мережа ART (адаптивний резонанс)	Класифікація
Без вчителя	Корекція при помилці і зворотне розповсюдження помилки	Багатшарові мережі з прямими зв'язками	Кластеризація Аналіз даних
	Правило Хебба	Мережі Хопфілда	Асоціативна пам'ять Оптимізація
	Змагання	Мережі SOF (самоорганізаційні карти, мережа Кохонена)	Кластеризація Аналіз даних
		Мережі ART (мережі на базі теорії адаптивного резонанса)	Кластеризація
Змішана	Корекція по помилці зворотне розповсюдження помилки і змагання	Мережа RBF (мережі з радикальними базистими функціями) - окремий випадок двошарової мережі з прямими зв'язками	Класифікація Апроксимація функцій Прогнозування Управління

Рисунок 2.15 – Використання штучних нейронних мереж

Основними областями застосування нейронних мереж є:

- автоматизація процесу класифікації ;
- автоматизація процесу розпізнавання ;
- автоматизація процесу прийняття рішень ;
- автоматизація прогнозування ;
- управління, кодування та декодування інформації;
- апроксимація залежностей .

2.8 Вибір середовища розробки

Сучасний інструментарій інноваційних реляційних систем по безпосередньому управлінню базами даних, буквально з кожним днем, стає

все більше ефективним і досконалим. У ньому регулярно з'являються і нові функціональні можливості, і послуги. Реляційна модель даних, за станом на сьогоднішній день, при виконанні побудови баз даних виконує роль базового інструменту. Її ефективність пояснюється, в першу чергу, наочністю зберігання даних. Дана система представлена в вигляді логічних і наочно зрозумілих для кінцевого користувача таблиць. Усе це стало безпосередньою причиною появи великої кількості реляційних систем управління баз даних (СУБД), які між собою відрізняються по багатьом, абсолютно різним, параметрам і вибір потрібного СУБД зараз представляє, певну складність і не такий простий, як це може здатися на перший погляд.

Варто докладніше зупинитися на найбільш популярних і поширених СУБД.

1. Oracle Database

Дана СУБД є об'єктно-реляційною і саме вона стала комерційною системою, яка підтримує популярну і дуже поширену SQL -мову. Усього зараз в прямий доступності знаходиться шість СУБД:

- Enterprise Edition : за своєю суті є максимальною повноцінною версією, не має будь-яких обмежень. У першу чергу дана версія призначена для корпоративного використання на великих підприємствах. Кінцеві користувачі отримують досить ефективний інструмент, використовуючи який можна швидко і з найменшими трудовими витратами оптимізувати сервер як функціонально, так та архітектурно.

- Standard Edition : Стандартна версія має певні обмеження по кількості наявних процесорних роз'ємів. Як правило, їх кількість не перевищує чотирьох штук. Використовується дана редакція в компаніях і підприємствах середнього розміру. Також дана редакція може, в окремих випадках, успішно і з належної ефективністю використовуватися у відділі великий компанії.

- Standard Edition One : У даної версії є ряд обмежень по кількості процесорів, які можуть бути встановлені. Кількість роз'ємів не перевищує

двох і відсутня підтримка кластеризації.

- Personal Edition : Дана редакція, здебільшого, розрахована на використання тільки одним користувачем.
- Lite: Дана редакція, здебільшого, використовується у вбудованих і мобільних пристроях. Також дана версія успішно застосовується на малих підприємствах .
- Express Edition (XE): Є цілком доступною СУБД, в якій використовується тільки один процесор, а також є в наявності суттєві обмеження по обсягам: ОЗУ (1 Гб) та БД (11) Гб).

Варто помітити, що кожна з шести вищеперелічених версій СУБД має схожий вихідний код, а їх функціональність ідентична.

Oracle Database дуже популярна в наші дні, вона є кросплатформним програмним забезпеченням і велика її частина написана на мові програмування СІ. Що стосується залишеної частини, то вона відведена під переробку. Усього переробці підлягає до двадцяти відсотків коду і його можна переробити під потрібну платформу. Варто розуміти, що все створено мовами, які є машинно-залежними.

2. Microsoft Access

Дана реляційна СУБД має широке поширення і створена вона корпорацією Майкрософт. Завдяки вбудованому в її мови Visual Basic for Applications (VBA), користувач має можливість для безпосередньої роботи з базами даних, а також для створення програми в Access . З цією метою використовується структурована мова SQL , а також макрокоманди.

MS Access дуже зручна в використанні, і вона вважається особливим файл-серверним СУБД. У якості движка використовується Access Database Engine або ж Microsoft Jet 4.0 (вигляд використовуваного движка, в першу чергу, залежить від ревізії СУБД). MS Access також можна цілком успішно поєднувати з зовнішніми СУБД. Зокрема, її можна успішно поєднувати з MySQL , Firebird , а також Oracle . Незважаючи на те, що існують версії з відкритими програмними кодами, для більшої ефективності краще всього придбати

офіційну ліцензію.

При нестачі знань персонал сприяє додатковому навчанню співробітників компанії, які по зобов'язанням своїх робітників повинні будуть тісно взаємодіяти з новим програмним комплексом. Як правило, подібне навчання здійснюється в максимально стислі терміни і дуже ефективно. Після навчання, співробітники компанії або виробничого підприємства зможуть максимально тісно взаємодіяти з новим програмним комплексом, працюючи з базами даних. Як результат, ефективність і продуктивність їх праці значно підвищується, а робота з базами даних автоматизується і терміни необхідних на її успішне здійснення значно скорочуються. Варто відзначити, що настільна версія СУБД має зручний інтерфейс, а також дуже гарну СЗІ.

3. MS SQL Server

Дана СУБД також була популярною і її актуальність в наші дні анітрохи не зменшилась. Даний програмний продукт є результатом спільної роботи Sybase Ashton - Tate , а також Microsoft . Варто звернути увагу на той факт, що MS SQL Server є СУБД клієнт-серверної архітектури. Оновлень даного програмного забезпечення, за станом на сьогоднішній день, випущено величезна кількість і всі вони включають в себе наступні компоненти:

- основний компонент ядра СУБД (Database Engine);
- повний набір технологій для реплікації, безпосередньо з базою даних;
- наочний висновок , зручно сприймається формі, звітів;
- всебічний аналіз наявних даних .

Версія ПЗ Microsoft SQL Server Express Edition має обмежену функціональність і знаходиться вона в відкритому доступі. Варто помітити, що дана версія використовується здебільшого тільки в невеликих компаніях або на компактних виробництвах. При цьому Microsoft SQL Server повністю сумісний з базами даних інших форматів. Зокрема, програмне забезпечення Microsoft SQL Server сумісно зі наступними БД: Oracle , DB 2, Sybase , Microsoft Access .

Відрізняється дана версія СУБД цілком простим і наївно зрозумілим

доступом до аналізованим даних. Дані при необхідності можна надійно шифрувати, а також обмежувати до них доступ зі сторони несанкціонованих осіб, не маючи дозволу на здійснення такого доступу.

4. Sybase Adaptive Server Enterprise

Дана версія реляційної СУБД, розроблено тямущими співробітниками фірми SAP . Перші версії були розроблено в тісній співпраці з співробітниками і фахівцями Microsoft SQL Server . Її успішно експлуатують при необхідності здійснюється постійна тісна взаємодія з великою кількістю користувачів, а також аналізувати та обробляти великі інформаційні обсяги.

Від програмного забезпечення сторонніх виробників дана СУБД не залежить, що також додає їй привабливості в очах фахівців, які використовують її у своїй роботі.

Також дуже популярною є SAP Sybase Adaptive Server Enterprise Cluster Edition, яка характеризується унікальною відмовостійкістю. Вона забезпечується шляхом розбивання на окремі кластери, а також перекладу працівника і користувачів з кластера в якому стався збій на робітничий вузол. У випадку події збою операція виконується вдруге. При цьому відбувається перехід на вузол-робітник.

5. MySQL

MySQL є дуже ефективною і поширеною, універсальною СУБД. Вона хоч і має ліцензовану версію, але можна скачати і повністю безкоштовну версію даного ПЗ. Платна версія поставляється від компанії MySQL AB .

Сама перша версія СУБД була видана в далекому 1995 року. на даний момент розробка і всебічна підтримка даного програмного забезпечення здійснюється компанією Oracle . ПЗ використовується безпосередньо для здійснення управління малих, а також середніх систем. Стоїть помітити, що в версіях вище MySQL 3.22 все без винятки обмеження з таблиць були зняті.

Також є дуже зручний і практичний візуальний інтерфейс. Він дозволяє значно спростити процес роботи з базами даних даного програмного забезпечення, а саме з БД MySQL – PhpMyAdmin . СУБД MySQL відповідає

стандарту мови SQL , починаючи з версії 5.0. Основною мовою розробки є поширений C / C ++.

6. IBM Database 2

IBM Database 2 від компанії IBM представляє собою сучасну і дуже ефективну систему управління реляційними базами даних. Має обмеження на кількість використовуваних процесорів. Починаючи з 2000-х років є в доступі безкоштовна версія ПЗ. У даної версії є обмеження на кількість використовуваної пам'яті і процесорних ядер. Також не має своєї системи по здійсненню автентифікації користувачів .

Для цієї мети використовуються кошти самої операційної системи або можливості серверів безпеки. Авторизація користувачів здійснюється за допомоги DB 2, безпосередньо після автентифікації. При цьому Прекомпілятор є головним елементом DB 2. Крім цього , до списку основних елементів DB2 відносяться :

- Супервізор стадії виконання (Runtime supervisor).
- Генератор основних планів прикладних завдань (Bind).
- Програма поточного управління усіма збереженими інформаційними даними (Stored data manager).

7. Firebird

Firebird це ні що інше, як сервер баз даних, та використовується він безпосередньо для обробки дуже значних баз даних. Засновано це ПЗ на InterBase 6.0 від компанії Borland . При цьому Firebird Embedded є вбудованою версією. Варто помітити, що резервну копію, при необхідності, можна швидко вивести та відновити на іншій операційній системі.

8. PostgreSQL

PostgreSQL є кросплатформним програмним забезпеченням. Даним ПЗ підтримуються наступні операційні системи: Linux , Mac OS X , Microsoft Windows . Також підтримується велика частина UNIX- подібних платформ. При цьому ПЗ PostgreSQL заснований на поширеному мовою програмування SQL і відповідає стандарту SQL :2011. PostgreSQL поширюється вільно на

безкоштовній основі. Також є такі два платних розширення даного ПЗ: Postgres Plus Advanced Server , Postgres Plus . Вони забезпечують повну сумісність з Oracle Database . Варто зауважити, що в PostgreSQL використовується безпосередньо дволанкова модель даних. Також підтримується робота з масивними обсягами баз даних. При цьому можна не тільки використовувати різні типи даних, але і створювати свої власні.

PostgreSQL відрізняється високою гнучкістю. можна виконувати процедури на наступних мовах програмування: Java , Perl , Python , Ruby , C / C ++. Є як стандартні бібліотеки, так і різні вбудовані функції. Є ліцензія BSD (Berkeley Software Distribution license), яка надає можливість модифікувати СУБД і вільно його поширювати. Таким чином, користувачі можуть використовувати PostgreSQL безпосередньо як платформу для розробки своїх власних додатків, які використовують реляційну СУБД.

9. Interbase

Interbase відноситься до кросплатформним системам управління основними реляційними базами даних. за станом на сьогоднішній день її просуванням займається компанія Embarcadero Технології . Варто зазначити, що ряд розробок з даної СУБД лягли в основу загальнодоступною СУБД, відомої під назвою Firebird .

Використовуватися дана програмна система може як на домашньому персональному комп'ютері, так і на великих серверах виробничих компаній. Дуже стійко це ПЗ до перебоїв в електропостачання. Також примітно, що Interbase повністю підтримує максимальне більшість самих популярних мов програмування. У зокрема, підтримуються наступні мови програмування: Java , 3, C ++, NET , Delphi , PHP , Ruby.

При цьому, версія ПЗ 2009 року використовує метод симетричного блочного шифрування AES / DES , а також підтримує юнікод. Також є зручна можливість орендувати зовнішні обчислювальні потужності. Програмне забезпечення можна успішно використовувати в течії обмеженого тимчасового проміжок. Після цього потрібно придбати ліцензію даного ПЗ.

10. SQLite

SQLite досить популярна СУБД, яка відноситься до кросплатформенного програмного забезпечення. Мовою вихідного коду є СІ. Примітно, що вихідний код даної версії знаходиться в відкритому доступі. Головна особливість аналізованої СУБД – ефективна бібліотека, працююча в одному з додатком процесі. Згадана вище модель даних значною мірою спрощує програму, а також зменшує час відгуку. Дана консольна утиліта дає можливість здійснювати роботу з файлом бази даних, безпосередньо з командної стрічки. Дані можуть вноситься в будь-який стовпчик таблиці незалежно від його типу. Таким чином, програмне забезпечення SQLite дозволяє значно підвищити точність і ефективність виконання своєю роботи фахівцями і скоротити тимчасові терміни на їх здійснення.

У час порівняння різних баз даних необхідно враховувати: наскільки вони комфортні для постійного користувача, масштабовані чи і будуть чи інтегруватися з рештою продуктами, які підприємство ввело в роботу раніше. Крім цього, необхідно звернути пильна увага на ціну самої системи і послуг підтримки, які надає розробник.

У теперішній час можливо виділити як мінімум п'ять систем управління БД, лідируючих на ринку. До них відносять : Oracle, MySQL, Microsoft SQL Server, PostgreSQL, MongoDB.

Після цього продемонстровані характеристики п'яти найбільш відомих СУБД: масштабованість, можливість поєднання з іншими системами та вартість.

Якщо розглядати роботу користувача з Oracle , то виходить, що рядовим власникам персонального комп'ютера буде достатньо складно розібратися з цією СУБД. Втім, на все інші це теж поширюється. Взаємодіяти з Oracle повинні лише навчені фахівці або люди, які давно працюють у ІТ-індустрії.

Розширення в MySQL представляє собою конче нетиповий процес, в якому просто не буває універсальних рішень. Важливо розуміти, що

горизонтальне масштабування вимагає певних знань в області архітектури MySQL і знань особливостей архітектури на рівні додатків, що нерідко є причиною надмірно високих трудовитрат. Серед заздалегідь сформованих кластерних рішень можна виділити тільки кластер NDB . Якщо користувач прагне зайнятися змінами з допомогою MySQL , то важливо усвідомлювати, що готових рішень немає .

Зараз з'явилися версії програми, які підходять для більшої частини найбільш поширених комп'ютерних платформ. Тобто вони не нав'язують певну операційну систему, надаючи можливість вибрати самостійно, з чим працювати. Наприклад, це може бути Linux або Windows . Навіть при заміні операційної системи, дані не загубяться і не доведеться використовувати додаткові інструменти, щоб їх перенести.

MySQL є вільним програмним забезпеченням, однак можливо оформити підписку на три її версії з кількістю користувачів від 1 до 9999. Основною відмінною рисою платних версій є надання технічної підтримки і максимально своєчасне оновлення програми.

SQL Server сприяє підтримці використання відомої файлової системи під назвою Windows Server ReFS , щоб збільшити всі три показники: доступність, масштабованість і цілісність. Система сприяє забезпеченню економічної ефективності платформи, яка дає можливість значно збільшити доступність даних. Варто відзначити, що вона ефективно масштабується для самих об'ємних БД при різних робочих навантаженнях. Вона забезпечує цілісність інформації саме за рахунок стійкості до появи збоїв, навіть незалежно від того, що в результаті відмовило: ПЗ або все ж апаратне забезпечення. Також важливо відзначити, що SQL Сервер можливо активувати на платформі Windows Server Core , яка є максимально компактним варіантом, що дозволяє розгорнути Сервер Windows .

Якщо порівнювати PostgreSQL з MySQL , то в першому випадку присутня велика кількість готових рішень, які необхідні для масштабування інформації. У залежності від певного пакету, реплікації бувають не тільки

синхронними, але і несинхронними. У кінці кінців можливо отримати дуже великі можливості для реалізації кластерів на основі PostgreSQL .

PostgreSQL гарантує велику кількість можливостей.

MySQL і PostgreSQL знайшли популярність раніше лише через те, що робота з їх базами максимально проста навіть для початківців адміністраторів баз даних або фахівців у сфері IT.

MySQL є правильним вибором, якщо проект має можливість повністю покластися на структуру і схеми, які були визначено заздалегідь. При цьому MongoDB вважається самою кращою альтернативою для проектів, які швидко зростають, але не мають певної схеми. Краще всього цей варіант підходить для тих, хто не здатний самотійно визначити схему для своєї БД. Крім того, MongoDB можуть використовувати ті, кому не підходить ні одна з існуючих з БД, які пропонують інші системи управління або якщо в їх проекті вона регулярно змінюється.

Ця система управління БД не вимагає особливого спеціаліста для управління. Саме за рахунок підвищеного зручності у використанні, нею з легкістю можуть скористатися як розробники, так і сісадміни.

Усі вказані системи управління БД орієнтовані більш всього на комерційні підприємства. Деякі з них знаходяться в вільному доступі або пропонують максимально просто і інтуїтивно зрозуміле ПЗ для навчальних цілей. Але якщо говорити загалом, то вартість популярних СУБД для невеликих фірм цілком доступна.

SQL БД найбільш часто вертикально масштабовані, за рахунок чого можливо збільшувати навантаження на кожен з взятих серверів, тим самим нарощуючи потужність центральних процесорів. Також зростають обсяги оперативного запам'ятовуючого пристрої.

Ще одним варіантом є NoSQL . Це горизонтально масштабовані бази даних. З їх допомогою з'являється можливість значно збільшити трафік, розподіляючи його або додаючи більше кількості серверів до вже наявної системи управління БД. Якщо зробити вибір на користь БД NoSQL то система стане набагато більше і потужніше ніж ті, що воліють для структур

відомостей, мають великий обсяг або регулярно змінюються.

Результати порівняльного аналізу СУБД по основним параметрам наведено на рисунку 2.15.

Параметри	Маштаб використання	Модель даних	Рівень кваліфікації персонала
СУБД			
Oracle Database	Від персонального використання до підприємств великих розмірів	Клієнт-серверна	Високий і середній
Microsoft Access	Підприємства малих і середніх розмірів	Файл - серверна	Низький
MS SQL Server	Підприємства малих, середніх і великих розмірів	Клієнт - серверна	Середній і низький
Sybase Adaptive Server Enterprise	Підприємства середніх і великих розмірів	Клієнт - серверна	Середній і низький
ЛІНТЕР	Підприємства середніх і великих розмірів	Клієнт - серверна	Середній
MySQL	Підприємства малих і середніх розмірів	Клієнт - серверна	Середній і низький
IBM Database 2	Підприємства середніх і великих розмірів	Клієнт - серверна	Середній
Firebird	Великі підприємства	Клієнт - серверна	Високий і середній
PostgreSQL	Підприємства малих і середніх розмірів	Клієнт - серверна	Середній
Interbase	Підприємства малих, середніх і великих розмірів	Клієнт - серверна	Середній
SQLite	Підприємства малих і середніх розмірів	Вбудована	Середній

Рисунок 2.15 – Порівняльна характеристика СУБД

СУБД MySQL характеризується своєю простотою, мінімальним порогом входження, а також гарною та ефективною застосованістю.

Основними перевагами MySQL є :

- простота використання ;
- підтримка основних функцій SQL;
- гарна система захисту ;
- обробка численних обсягів даних ;
- оперативна робота .

Грунтуючись на даних перевагах для системи що розробляється була обрано дана СУБД

Далі необхідно визначити мову програмування, яка буде використовуватися при розробці системи для взаємозв'язку з базою даних. На сьогоднішній день велика кількість завдань можуть бути ефективно вирішені за допомогою будь-якої сучасної і популярної мови програмування.

Порівняльна характеристика застосування основних webтехнологій у різних сферах webрозробки представлена на рисунку 2.16.

Технологія	ASP.NET	PHP	Python	Ruby	JSP	HTML	JAVA SCRIPT
Сфера веб-розробки							
сайт	±	+	±	±	±	+	+
портал	±	+	±	±	±	+	+
аукціон	±	+	±	±	±	+	+
експертна система	+	+	+	+	+	-	-
система прогнозування	+	+	+	+	+	-	-
навчальна система					+	-	-
інформаційна система	+	+	+	+	+	+	+
аналітична система			+	+		-	-

Рисунок 2.16 – Застосування webтехнологій у webрозробках

Основною мовою вебпрограмування є PHP (Hypertext Preprocessor). Данна мова програмування має наступні основні переваги: зрозумілий синтаксис, гарна продуктивність, робота з великою кількістю популярних хостингів.

Для розробки проекту оберемо мову вебпрограмування PHP . Вона буде використовуватися для з'єднання, що розробляється системами з базою даних.

При аналізі мов програмування був обраний PHP, на основі наступних причин:

- Програмні модулі PHP запускаються з області пам'яті, виділеною програмі операційною системою. А ASP підвантажує для роботи свої модулі

COM, що значно зменшує ефективність роботи оперативного запам'ятовуючого пристрою (ОЗП) і центрального процесора (CPU);

- Основною перевагою PHP є його підтримка широкого спектру баз даних, таких як Oracle , Microsoft SQL server , MySQL і ін. Комбінація PHP обраною СУБД – MySQL більше зручна, ніж у ASP . Існує безліч PHP - утиліт для роботи з базою даних MySQL , де представлений весь набір властивостей в порівнянні з іншими базами даних. У даному випадку є дуже корисні вбудовані функції, недоступні для інших баз даних.

З ПРОЕКТУВАННЯ ТА РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

3.1 Функціональність системи і використовувані кошти

Інформаційна система розроблена в інтегрованому середовищі розробки Microsoft Visual Studio 2019 у вигляді webдодатку з використанням технології ASP MVC 5.

Відправною точкою є метеодані. Дані для розробленої системи були взято на інтернет-ресурсі <https://www.meteoblue.com>. Головна сторінка даного ресурсу представлена на рисунку 3.1.



Рисунок 3.1 – Головна сторінка ресурсу meteoblue.com

Даний ресурс надає вільний і безкоштовний доступ до метеорологічних даних і дозволяє вивантажувати метеорологічні дані в форматах .xls та .csv. Вивантаження архіву метеорологічних даних представлено на рисунку 3.2.



Рисунок 3.2 – Вивантаження архіву метеорологічних даних

Вивантажені метеорологічні дані в форматі .csv представлені на рисунку 3.3.

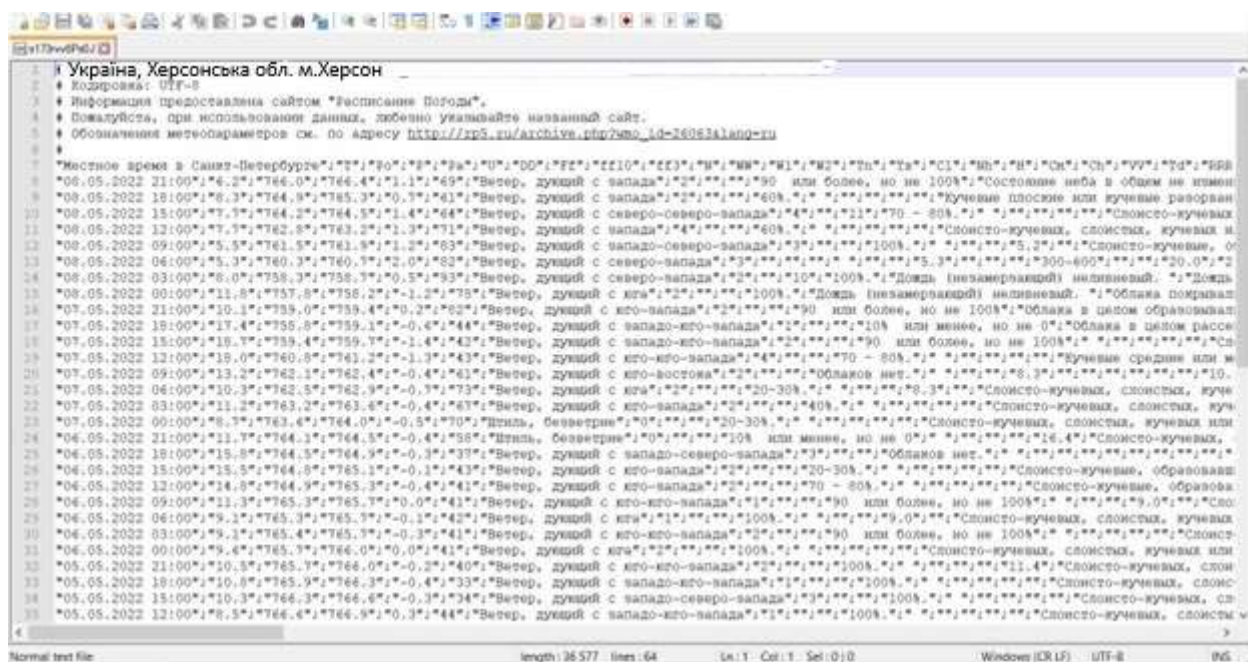


Рисунок 3.3 – Вивантажені метеорологічні дані

Прогнозування погоди буде здійснюватися методом аналізу сингулярного спектру (SSA). Дані про погоду представляють собою тимчасові ряди, упорядковані за датою. Але оскільки метеодані, що надаються

метеорологічними ресурсами, мають певну періодичність вимірювань, їх необхідно апроксимувати перед використанням. Застосування методу апроксимації необхідно для того, щоб дані вихідного масиву даних мали потрібну нам періодичність. Для апроксимації вихідних метеорологічних даних будемо використовувати метод найменших квадратів (МНК). Це математичний метод, заснований на мінімізації суми квадратів відхилень деяких функцій від шуканих змінних.

Етапи розробленого алгоритму прогнозування :

- Задаємо початкові умови (місто, початок прогнозованого періоду (величина "П1") і закінчення прогнозованого періоду (величина "П2"), крок прогнозування (у годинник) і розмір періоду даних (кількість днів минулого року));
- Виконуємо вивантаження метеорологічних даних. Діапазон вибору метеоданих визначається наступним чином: від дати початку прогнозованого періоду забирається один рік (Нехай отримана дата буде величиною "Д2"). «Д1» = «Д2» – «розмір періоду даних (кількість днів минулого року)». Величини «Д1» і «Д2» – це кордону періоду даних, на основі яких буде виконуватися прогноз.
- Виконуємо апроксимацію метеоданих згідно з величиною кроку прогнозування ».
- Виконуємо прогнозування кожного апроксимованого тимчасового ряду метеоданих методом SSA .
- Виконуємо висновок результатів .

Математичне опис методу прогнозування реалізується при допомоги бібліотеки ALGLIB .

ALGLIB є крос-платформною бібліотекою чисельного аналізу, яка підтримує наступні мови програмування: C++, C#, Pascal, VBA і кілька операційних систем: Windows, Linux, Solaris.

Перевагами бібліотеки ALGLIB є :

- переносимість. Її можна скомпілювати практично на будь-який

платформи з допомогою практично будь-якого компілятор;

- проста в використання. Підтримує безліч мов програмування.
- поширюється з вихідним кодом ;
- підходить і для комерційних користувачів. Люди, охочі

використовувати ALGLIB в комерційній програмі, можуть придбати комерційну ліцензію

Приклади виклику методів бібліотеки ALGLIB представлені на рисунках 3.4 і 3.5.

```

1  /// <summary>
2  /// Метод, реализующий прогнозирование SSA
3  /// </summary>
4  /// <param name="x">Временной ряд исходных данных</param>
5  /// <param name="count">Размер временного ряда, который будет содержать результаты прогнозирования</param>
6  /// <param name="windowWidth">Размер окна (параметр SSA)</param>
7  /// <param name="topk">Максимальное значение параметра K (параметр SSA)</param>
8  /// <returns>Временной ряд (результаты прогноза)</returns>
9  protected double[] ComputeForecast(double[] x, int count = 20, int windowWidth = 5, int topk = 3)
10 {
11     // создаем модель SSA
12     alglib.ssaamodel s;
13     alglib.ssacreate(out s);
14     // задаем размер окна
15     alglib.ssaasetwindow(s, windowWidth);
16     // задаем ряд исходных данных
17     alglib.ssaaddsequence(s, x);
18     // задаем K
19     alglib.ssaasetalgotopkdirect(s, topk);
20     double[] result;
21     // выполняем прогнозирование
22     alglib.ssaforecastlast(s, count, out result);
23     // очищаем память
24     alglib.ssaalleardata(s);
25     // возвращаем результаты
26     return result;
27 }

```

Рисунок 3.4 – Метод, що реалізує прогнозування SSA

```

1  /// <summary>
2  /// Метод, реализующий аппроксимацию исходных данных
3  /// </summary>
4  /// <param name="fx">Массив дат</param>
5  /// <param name="fy">Массив значений</param>
6  /// <param name="k">Новый массив дат</param>
7  /// <returns>Новый массив значений</returns>
8  public double[] ComputeFitting(double[] fx, double[] fy, double[] x)
9  {
10     //
11     // In this example we demonstrate penalized spline fitting of noisy data
12     //
13     // We have:
14     // * x - abscissas
15     // * y - vector of experimental data, straight line with small noise
16     //
17     int info;
18     alglib.splineidinterpolant s;
19     alglib.splineidfitreport rep;
20     double rho;
21     //
22     // Fit with VERY small amount of smoothing (rho = -5.0)
23     // and large number of basis functions (M=501).
24     //
25     // With such small regularization penalized spline almost fully reproduces function values
26     //
27     rho = -20.0;
28     alglib.splineidfitpenalized(fx, fy, 50, rho, out info, out s, out rep);
29     if (info <= 0)
30     {
31         throw new Exception(rep.ToString());
32     }
33     double[] y = new double[x.Length];
34     for (int i = 0; i < x.Length; i++)
35     {
36         y[i] = alglib.splineidcalc(s, x[i]);
37     }
38     return y;
39 }

```

Рисунок 3.5 – Метод, що реалізує апроксимацію вихідних даних

3.2 Проектування UML діаграм

3.2.1 Діаграма варіантів використання

Для визначення поведінки системи з точки зору користувача використовуються діаграми варіантів використання, які розглядаються як головний засіб для первинного моделювання динаміки системи, використовуються для з'ясування вимог що розробляється до програмної системи.

Діаграма варіантів використання застосовується, щоб наочно продемонструвати системні вимоги системи. Дана діаграма описує набір варіантів використання і діючих осіб, а також відносини між ними. З допомогою вищепереліченого можна моделювати поведінку елемента, як системи в цілому, так і окремою підсистеми. Моделювання поведінки елементів із застосуванням діаграми варіантів використання забезпечує докладне подання про поведінку системи.

Подання варіантів використання зазвичай включається в себе:

- варіанти використання ;
- діючі особи ;
- зв'язку комунікації між варіантами використання і діючими особами.

Діаграма варіантів використання для що розробляється інформаційної системи прогнозування погоди представлена на рисунку 3.6.

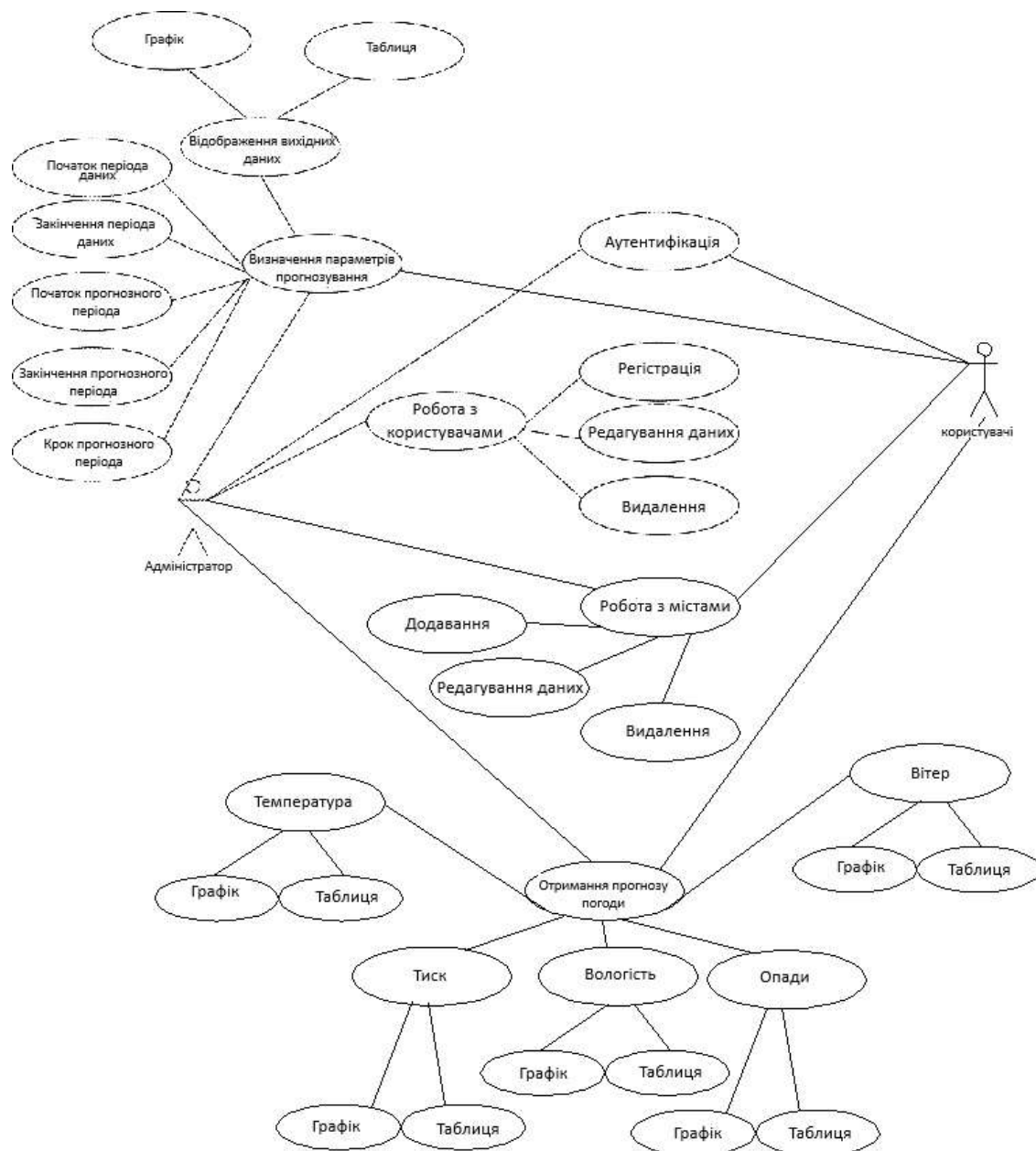


Рисунок 3.6 – Діаграма варіантів використання

Варіанти використання під час роботи в інформаційній системі прогнозування погоди включає в себе наступні операції:

1. робота з містами ;
2. робота з отриманням вихідних даних;
3. робота з формуванням прогнозу погоди по п'яти показникам – температура, вологість, опади, вітер, тиск.

Варіант використання інформаційної системи прогнозування погоди при роботі з прогнозами представлений на рисунку 3.7.



Рисунок 3.7 – Варіант використання «Прогнози»

При роботі зі довідниками (міста, користувачі) для співробітників варіант роботи полягає в наступному:

- 2.5.1.1 Внесення даних в довідник;
- 2.5.1.2 Змінення в довідник;
- 2.5.1.3 Видалення даних;
- 2.5.1.4 Видалення документа, включно данні що використовуються

довідником.

Варіант використання інформаційної системи прогнозування погоди при роботі зі довідниками представлений на рисунку 3.8.



Рисунок 3.8 – Варіант використання при роботі зі довідниками

3.2.2 Діаграма класів

Діаграма класів (Class diagram) – статична структурна діаграма, що описує структуру системи, визначає класи системи, їх атрибути, методи та відносини між класами.

Діаграми класів мають важливо місце при моделюванні інформаційних систем. Вони представляють собою форму статичного описи системи з точки зору її конструкції і показують її структуру. на діаграмах класів показуються класи, інтерфейси і відносини між ними. Діаграма класів моделей представлена на рисунку 3.9.

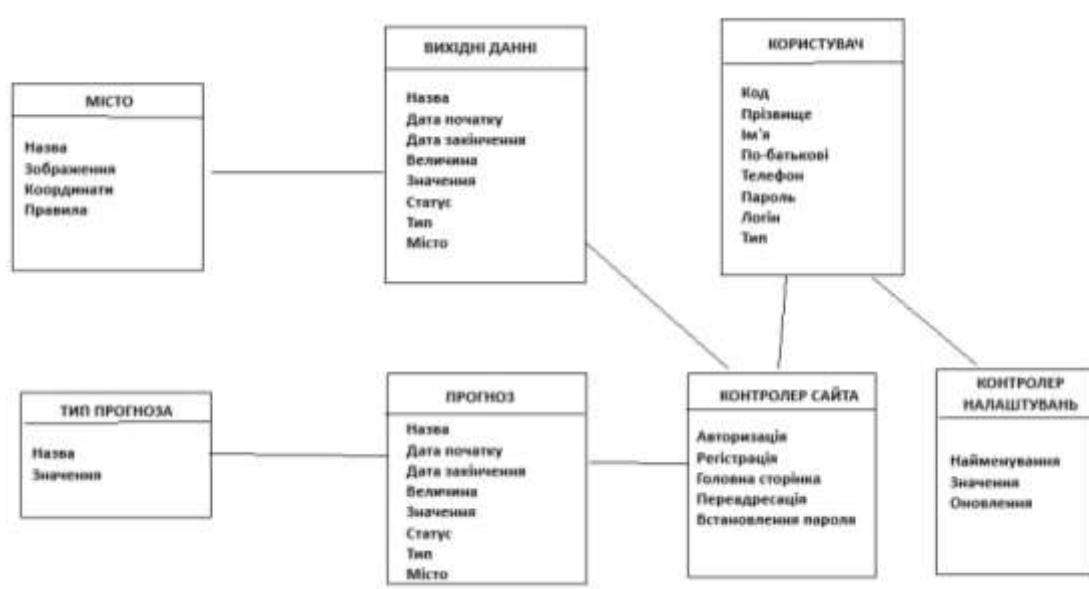


Рисунок 3.9 – Діаграма класів моделей

3.2.3 Діаграма послідовності

Діаграма послідовності призначена для моделювання відносин між об'єктами (ролями, класами, компонентами) системи в рамках одного прецеденту. Дана діаграма використовується для моделювання взаємодії об'єктів системи в часі, а також для обміну повідомленнями між ними.

Діаграма послідовності розробленою інформаційної системи прогнозування погоди наведено на рисунку 3.10.

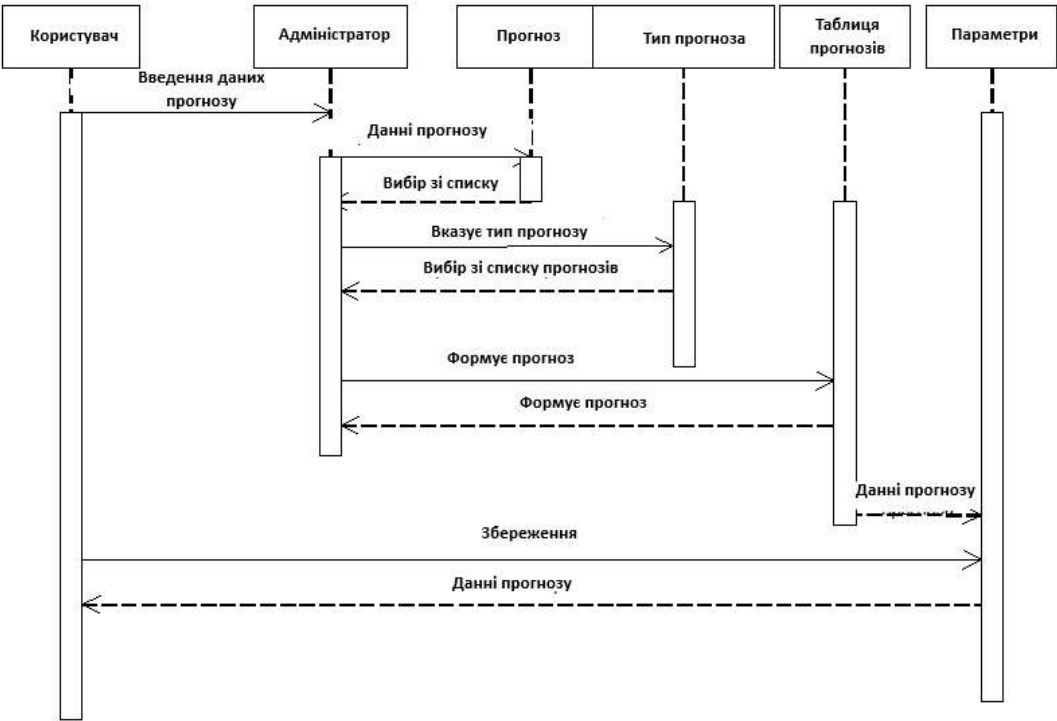


Рисунок 3.10 – Діаграма послідовності прогнозування погоди

Діаграма послідовності для отримання вихідних даних наведено на рисунку 3.11.

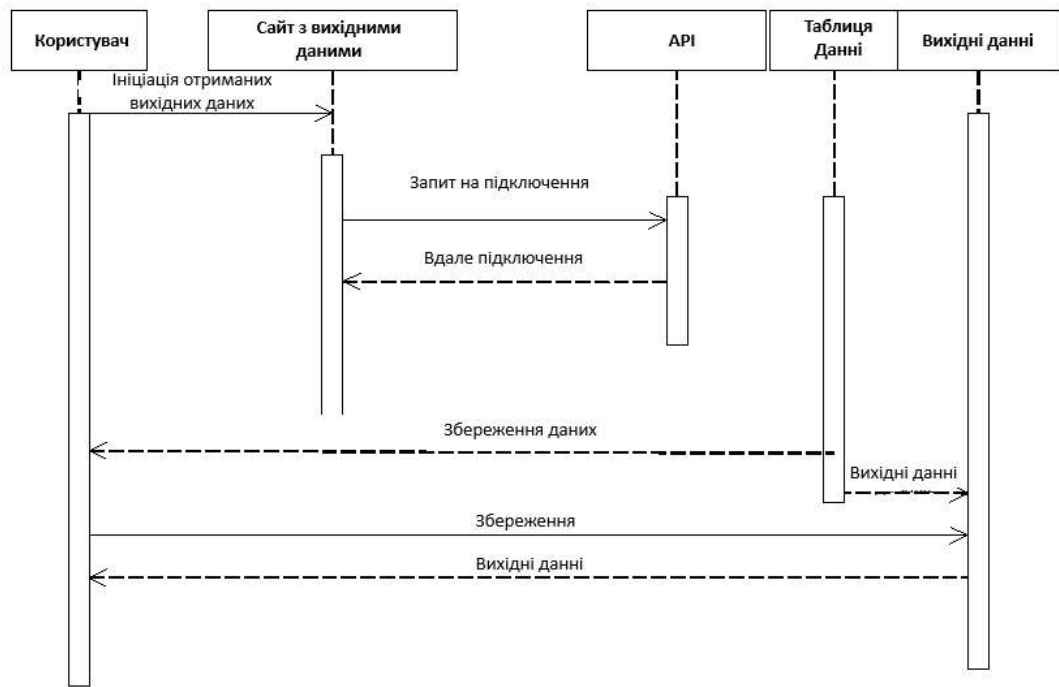


Рисунок 3.11 – Діаграма послідовності для отримання вихідних даних

Таким чином, отримання вихідних даних для формування прогнозу по погоді відбувається за допомогою використання API вихідного сайту.

3.2.4 Діаграма кооперації

Діаграма кооперації представляє собою діаграму, що показує взаємодію розроблених класів, акторів і проєктованих інтерфейсів за допомогою розроблених для класів операцій та команд.

Діаграма кооперації об'єднує в єдине ціле складники елементи моделей для опису їх взаємодії.

Діаграма кооперації представлена на рисунку 3.12.

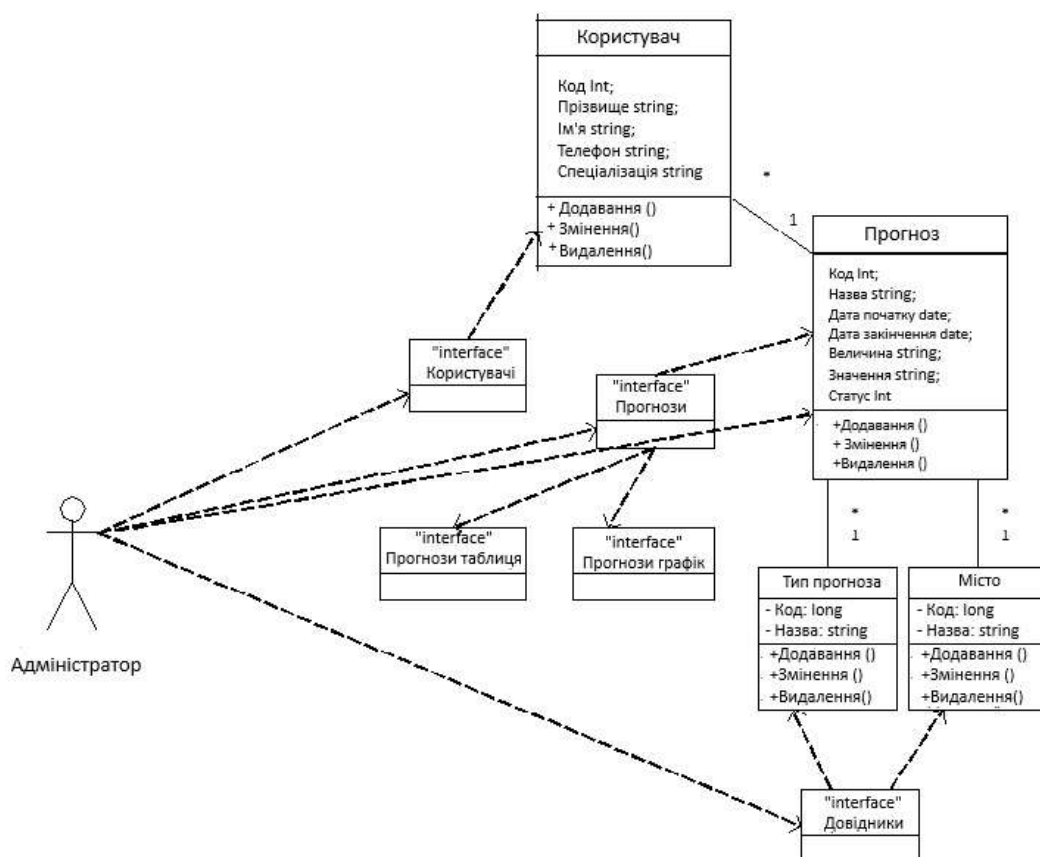


Рисунок 3.12 – Діаграма кооперації прогнозування погоди

3.2.5 Діаграма станів

Діаграма станів призначена для опису всіх можливих станів системи, в яких може перебувати об'єкт, а також описує процес зміни станів системи внаслідок зовнішньої дії. Діаграма станів представлена на рисунку 3.13.

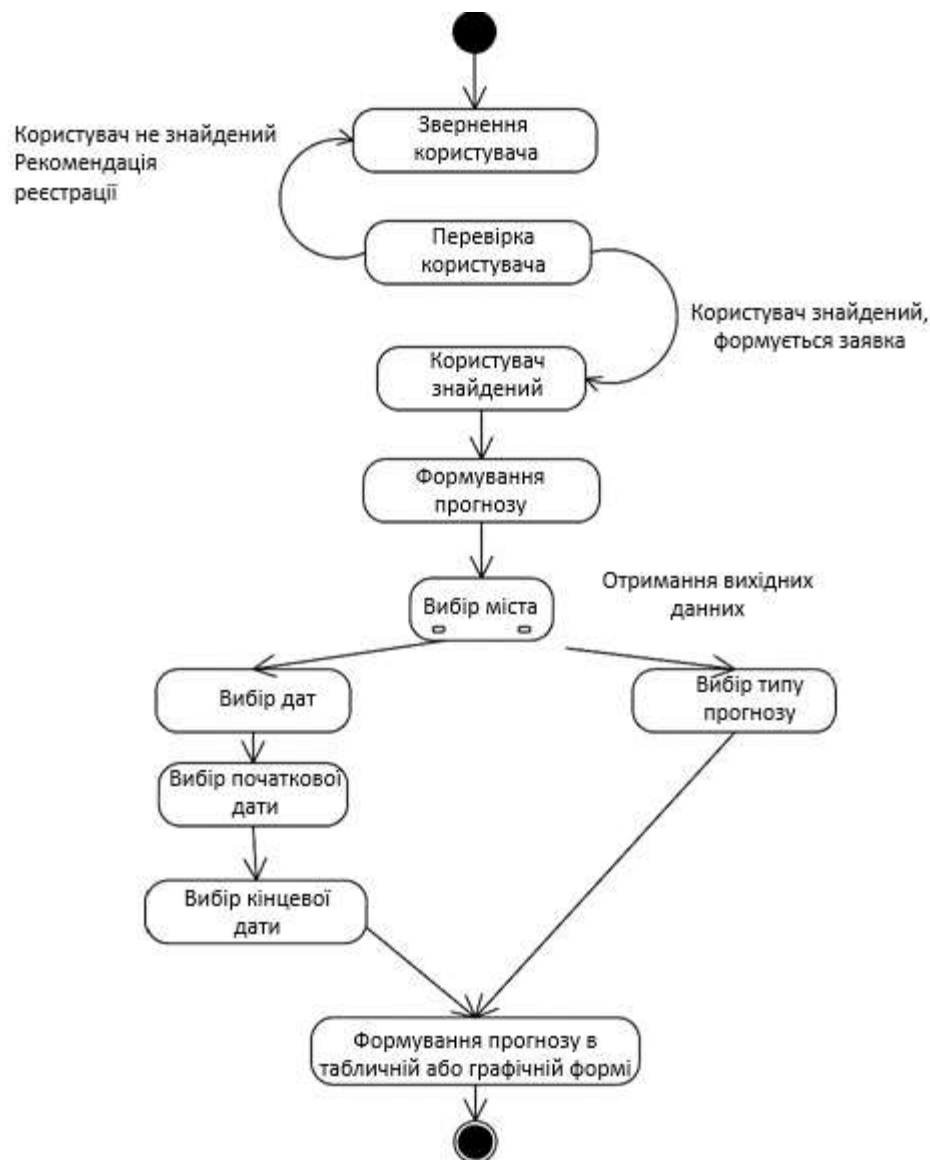


Рисунок 3.13 – Діаграма станів прогнозування погоди

3.2.6 Діаграма діяльності

Діаграма діяльності є подальшим розвитком діаграми станів по суті, цей тип діаграми можна використовувати і для відображення станів модельованого об'єкта, але основне призначення діаграми діяльності – відображення бізнес - процесів об'єкт. Цей тип діаграми дозволяє показати не тільки послідовність процесів, але і розгалуження і навіть синхронізацію процесів.

При моделюванні поведінки проектованої системи виникає необхідність деталізації характеристик алгоритмічної і логічною реалізації

виконуваних операцій. Для цього використовується діаграма діяльності, яка представлена на рисунку 3.14.

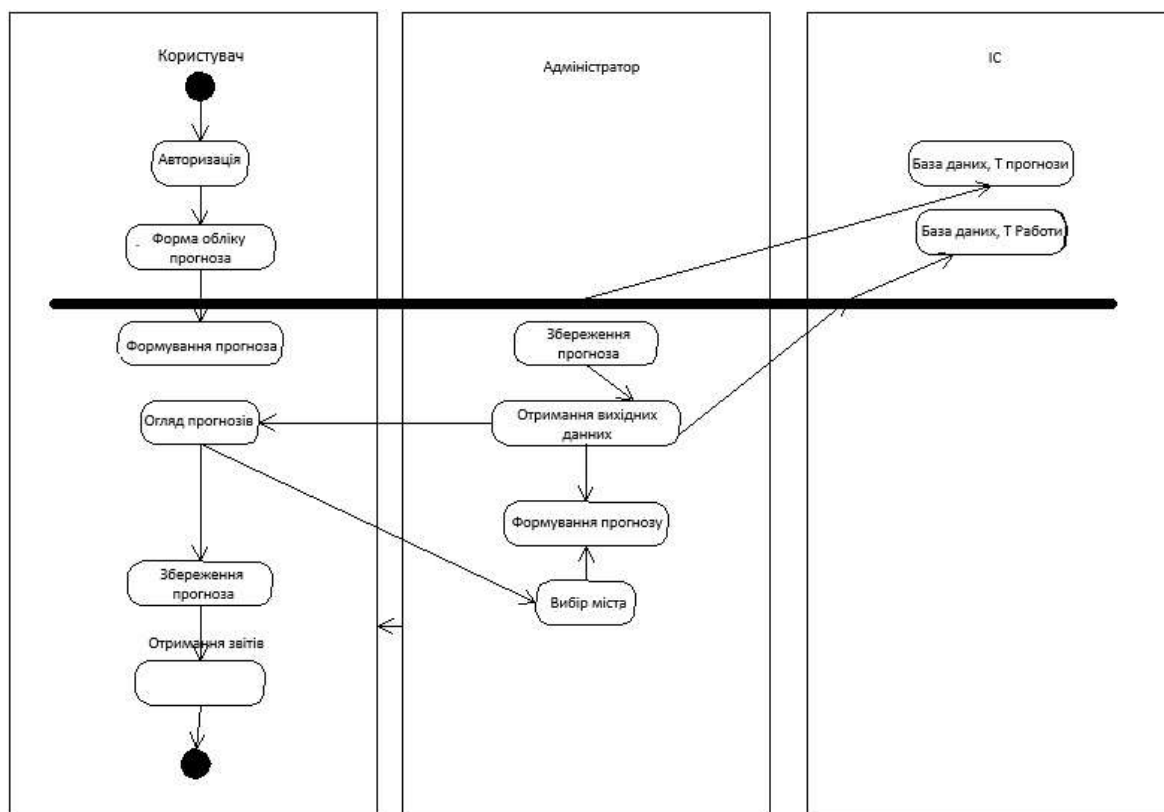


Рисунок 3.14 – Діаграма діяльності

3.2.7 Діаграма компонентів

Діаграма компонентів – це статична структурна схема, яка показує поділ програмної системи на структурні компоненти і відносини (залежності) між компонентами. Фізичними компонентами можуть бути файли, бібліотеки, модулі, що виконуються файли, пакети і т.д.

Компоненти зв'язуються через залежності, коли необхідний інтерфейс одного компонента підключається до існуючому інтерфейсу іншого компонента. Таким чином ілюструються відносини клієнт-джерело між двома компонентами.

На діаграмі компонентів представлені всі компоненти проектованої

інформаційної системи. Клієнтська частина, а саме графічний інтерфейс клієнтського місця взаємодіє з драйвером баз даних (БД) і шаблонів звіту у вигляді файлу. Клієнтське місце представляє собою виконуваний файл.

З'єднання з системи управління базами даних (СУБД) здійснюється через драйвер СУБД. Пакети для вибірки даних і внесення даних в БД, які зберігаються частково як у клієнтів і закладені в вихідному коді, так і через будівельник виразів. Діаграма компонентів представлена на рисунку 3.15.

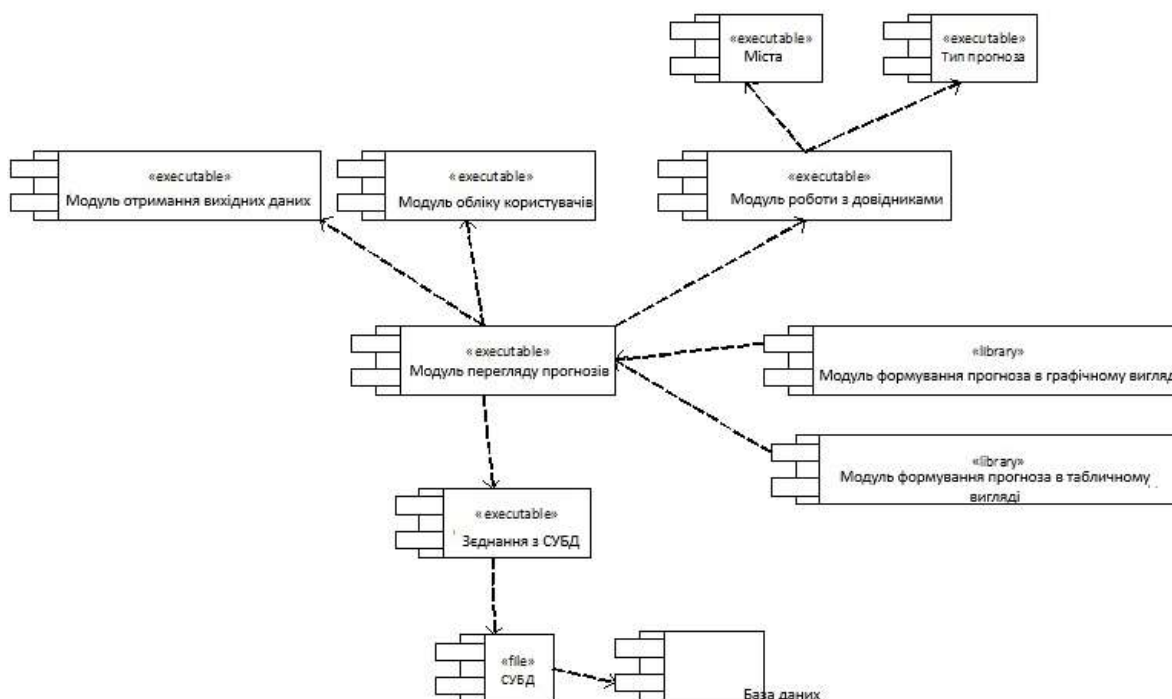


Рисунок 3.15 – Діаграма компонентів

3.2.8. Діаграма розгортання

Дана діаграма показує архітектуру виконання системи, включаючи такі вузли, як апаратні або програмні середи виконання, а також проміжне програмне забезпечення, що з'єднує їх. Вона зазвичай використовуються для візуалізації фізичного апаратного і програмного забезпечення системи.

Діаграма розгортання представлена на рисунку 3.16.

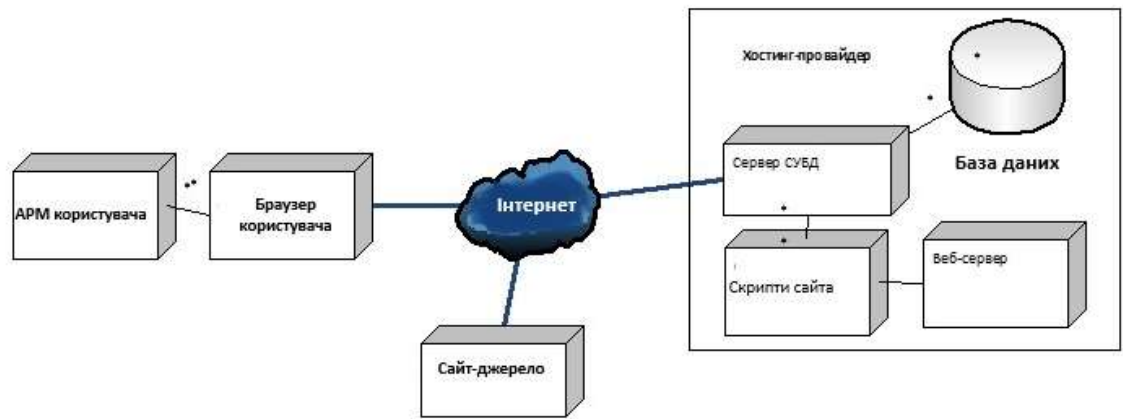


Рисунок 3.16 – Діаграма розгортання прогнозування погоди

Для розгортання розроблюваного проекту необхідно розмістити його скрипти і базу даних на хостинг-провайдер. Для використання сайту користувачеві необхідно мати автоматизоване робоче місце (АРМ), браузер.

3.3 Проектування інтерфейсу

Спроектувати інтерфейс користувача є дуже важливим процесом при створенні цифрових продуктів. Він може полягати в розробці десктопних додатків або ж розробкою вебсайту. Дана стадія грає велику роль в житті компанії, вона надає безпосередній ефект на діяльність компанії. То є від розробки даного інтерфейсу може залежати розвиток всього продукту над ринком.

Зараз є багато різних програмістів. Але мало хто може похвалитися успіхами в даній сфері. Ті інтерфейси, які є зараз, часто до кінця не продумані, в них можна знайти багато різних дрібниць, які необхідно доопрацьовувати. Саме дрібниці можуть приносити незручність користувачам, і як слідство привести до тому, що компанія втратить клієнтів [1]. Тому дану проблему можна назвати актуальною. Її необхідно вирішувати.

У якості основний завдання, яке стоїть під час підготовки інтерфейсу

можна відзначити те, що необхідно розробити таке програмне забезпечення, яке буде зрозумілим і логічним для користувачів. Розроблений інтерфейс повинен бути не тільки зрозумілим, але і зручним для користувачів, він повинен викликати довіру. Це дасть можливість не тільки якісно обслуговувати наявних клієнтів, але і залучати нових. Розроблене програмне забезпечення повинно допомагати користувачеві. Воно повинно робити роботу користувача більше зручною. Воно повинно економити час клієнта.

Підготовка програмного забезпечення є дуже складним завданням. Цей процес займає багато часу і проходить в кілька етапів. У початку необхідно виявити, що від інтерфейсу хоче сам замовник. Необхідно описати проект та скласти бізнес-план.

Для його складання необхідно зібрати багато даних, скласти конкретне технічне завдання і описати вимоги, які пред'являються до майбутнього інтерфейсу.

Також він повинен утримувати в собі інформацію о цільовій категорії, о потенційних клієнтів [2]. У ньому відбивається робоча область, тому він грає дуже велику роль, і надає безпосереднє вплив на успіх всього проекту в загалом.

На наступному етапі необхідно більше чітко і ґрунтовно вивчити цільову аудиторію (ЦА). Велике увага необхідно приділити опису ЦА для того програмного забезпечення, яке створюється. Звернути увагу необхідно і на різні нюанси, які допоможуть вирішити завдання більше ефективно як для замовника, так і для клієнта. Отримані дані зможуть створити зручний інтерфейс, при цьому можна буде врахувати переваги не тільки замовника, але і самих користувачів.

Після того як зібрані все необхідні дані можна переходити до наступному етапу, то є до безпосередньої розробці. У якості основного параметра, який надає вплив на взаємодія користувача, виступають досвід взаємодії.

Досвід взаємодії є відчуттям, яке виникає у людини при взаємодії

безпосередніми об'єктами світу. Досвід взаємодії показує, які продукти, в який період часу надають вплив на емоційні параметри потенційних клієнтів, на їх психологічні параметри [3]. Якщо даний досвід буде приймати позитивні значення, то потенційні клієнти будуть більше лояльно ставитися до компанії, буде радити компанію, тим самим придбала компанії стає більше, та компанія може розвиватись.

Існують певні якості, які необхідно враховувати і використовувати в час створення програмного забезпечення:

1. Юзабіліті. Тут мова йде о тому, що інтерфейс повинен бути зручним користувачеві, він повинен давати можливість користувачеві вирішувати ті завдання, які перед ним стоять. Правильне юзабіліті буде у тому випадку, якщо буде правильно сформована архітектура, якщо інтерфейс буде логічним, зрозумілим користувачеві, якщо контент буде читаним, якщо він буде закликати потенційного користувача здійснити певні дії.

2. Цінність. на сьогоднішній день існує багато програмного забезпечення, але при цьому цінність даного програмного забезпечення невідома. Частіше всього це пов'язано з тим, що функція такого програмного забезпечення не відповідає потребам користувачів. Цінним буде той продукт, який максимально задовольняє потреби користувача. При цьому необхідно приділяти увага не тільки зовнішньому виду, але і функціональним можливостям.

3. Доступність. У даному випадку мова йде о тому, що програмне забезпечення повинно бути доступним для користувачів. Часто це властивість надає впливу на те, будуть чи користувачі купувати розроблене програмне забезпечення. Неправильно розроблене програмне забезпечення наводить до втрат клієнтів, а значить знижує прибуток компанії. Тому даному властивості необхідно приділяти особливе увага, необхідно заздалегідь визначити можливі проблеми, з яким доведеться зіткнутися во час реалізації програмного забезпечення, а також знайти втрати шити знайдені проблеми.

4. Привабливість. Даний аспект надає вплив на емоційну частина

взаємодії. Сьогодні є багато продуктів, які цікаво користувачам, навіть попри на те, що в них є багато недоліків. Пояснюється такий інтерес теми, що вони привабливі. У якості прикладу можна привести відеоігри. Фанати таких ігор буду витрачати багато часу на гру, яка відрізняється своєю графікою, в якій є цікавий сюжет і є спецефекти. При цьому часто і неважливо наскільки це доступно, наскільки це правильно організовано, яка цінність у даного продукту.

Далі необхідно визначити, яким функціоналом буде мати що розробляється програмне забезпечення. Для цього необхідно скласти користувальницькі історії, а також описати подорожі користувача.

Користувальницькі історії – це такий метод, який дозволяє описати ті вимоги, пред'явлені до інформаційної системи. Вони можуть виступати як в якості кількох підготовлених пропозицій, також можуть бути описані на повсякденному мовою або на мовою користувача .

Якщо говорити іншими словами то користувальницька історія – це ті наміри, які необхідно реалізувати. Сюди входять сценарії, функціональні параметри та інші параметри майбутньої системи.

Розроблена історія виступає в якості системи для подальшої розробки, їй користуються розробники. Використання даного підходу є дуже зручним та дуже інформативним не тільки для розробників, але і для самих замовників.

Дані вимоги повинні бути реалізовано. Це пов'язано з тим, що нове програмне забезпечення і його інтерфейс повинні відповідати всім вимогам, які пред'являються зі сторони користувача. То є можна говорити про те, що новий інтерфейс повинен враховувати:

- стильові особливості користувача ;
- когнітивні особливості користувача ;
- ергономічні особливості користувача .

Тому наскільки дані особливості будуть враховувати інтереси користувачів буде залежати те, наскільки ефективно зможе працювати нова система.

У ряді випадків можна використовувати знайомі користувачеві концепції.

Тоді користувач на інтуїтивному рівні буде робити певний вибір. Знайомі поняття можуть бути використані в різних елементах інтерфейсу. У цьому випадку мови йде про стереотипне сприйняття.

Особливе місце серед всього інформаційного забезпечення цього комплексу завдань займає класифікатор. Цей елемент відповідає за забезпечення скорочення примарною частини даних і обсягу інформації, який зберігається в комп'ютері. Також зменшується кількість часу, яке йде на пошук відповідних даних, які впливають на весь процес рішення певних задач. А класифікація даних і процес кодування дають можливість значно спростити обробку отриманих відомостей.

Класифікатор представляє собою унікальний набір даних, який допомагає здійснити формалізоване опис даних в ЕІС. там містяться найменування різних категорій об'єктів, класифікаційних груп і обов'язково прописані все їх кодові значення.

У залежності від сфери застосування, умовно їх можливість поділити на три категорії.

У першу увійшли загальнодержавні класифікатори. Їх застосовують во всіх галузях і во всіх рівнях управління, якщо мова йде про однаковому найменуванні об'єктів.

У другий категорії виявилися галузеві класифікатори, які застосовують лише в межах певної галузі.

У третю категорію потрапили локальні класифікатори, які застосовують в конкретній організації або навіть в цілому угрупованні організацій.

Але стандартною класифікації недостатньо для повної формалізації економічною інформації. Саме по цієї причини люди почали шифрувати інформацію. кодуванням зазвичай називають присвоєння певних умовних знаків конкретним об'єктам або цілим груп. То є, система кодування представляє собою певний склепіння правил позначення угруповань або об'єктів з застосуванням конкретних кодів.

Код є позначенням відразу для всієї групи або одиночного об'єкт. Шифр представляє собою символ або комбінацію символів, відповідних певної системі. Умовно системи кодування можливості розділити на дві категорії. Вони можуть бути як реєстраційними, так і класифікаційними.

Також є ряд критеріїв, яким зобов'язані відповідати все сучасні класифікатори. До них відносять :

- дуже високу ефективність у процесі використання класифікатора для обробки даних;
- можливість взаємодіяти з іншими класифікаторами та системами позначень;
- шанс автоматизувати весь процес кодування та класифікації;
- однозначність кодових позначень та назв всіх об'єктів;
- узгодженість ознак поділу кількох об'єктів разом з алгоритмами обробки економічних даних;
- повноту охоплення даних і ознак класифікації усіма класифікаторами.

Але такого підходу недостатньо при створенні ефективного інтерфейсу. Найчастіше необхідно використовувати більше глибокий підхід. Необхідно використовувати такі завдання інженерної технології як:

1. проводити аналіз когнітивно-стильових характеристик користувача в системі «людина-комп'ютер», вивчення структури і класифікація діяльності користувача;
2. вивчати те, як користувач сприймає інформацію;
3. використовувати принцип, який часто називають «людина-комп'ютерної» взаємодії;
4. вивчати як психологічні чинники впливають на принцип «людина-комп'ютер »;
5. проектування, створення і дослідження моделей «людина-комп'ютерної» взаємодії.

3.4 Опис структури проекту

Цей програмний додаток розроблено мовою програмування PHP з застосуванням PHP-фреймворку Yii 2, в основі якого лежить використання концепції Model – View – Controller .

Дана концепція базується на принципі поділу бізнес-логіки (моделі) від її візуалізації (Уявлення). Найбільш корисно застосування даної концепції в тих випадках, коли користувач повинен бачити ті ж самі дані одночасно в різних контекстах та/або з різних точок зору.

Важливо відзначити, що як уявлення, так і контролер залежать від моделі. Однак модель не залежить ні від уявлення, ні від контролера. Тим самим досягається призначення такого поділу: воно дозволяє будувати модель незалежно від візуального уявлення, а також створювати кілька різних уявлень для однієї моделі.

Розроблена система використовує базу даних MySQL , структура якої представлена на рисунку 3.17.

Опис структури бази даних представлено у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Опис структури бази даних

Назва	Опис таблиці
user	Користувачі
user_type	Тип користувача
city	Місто
meteo	Метеорологічні дані

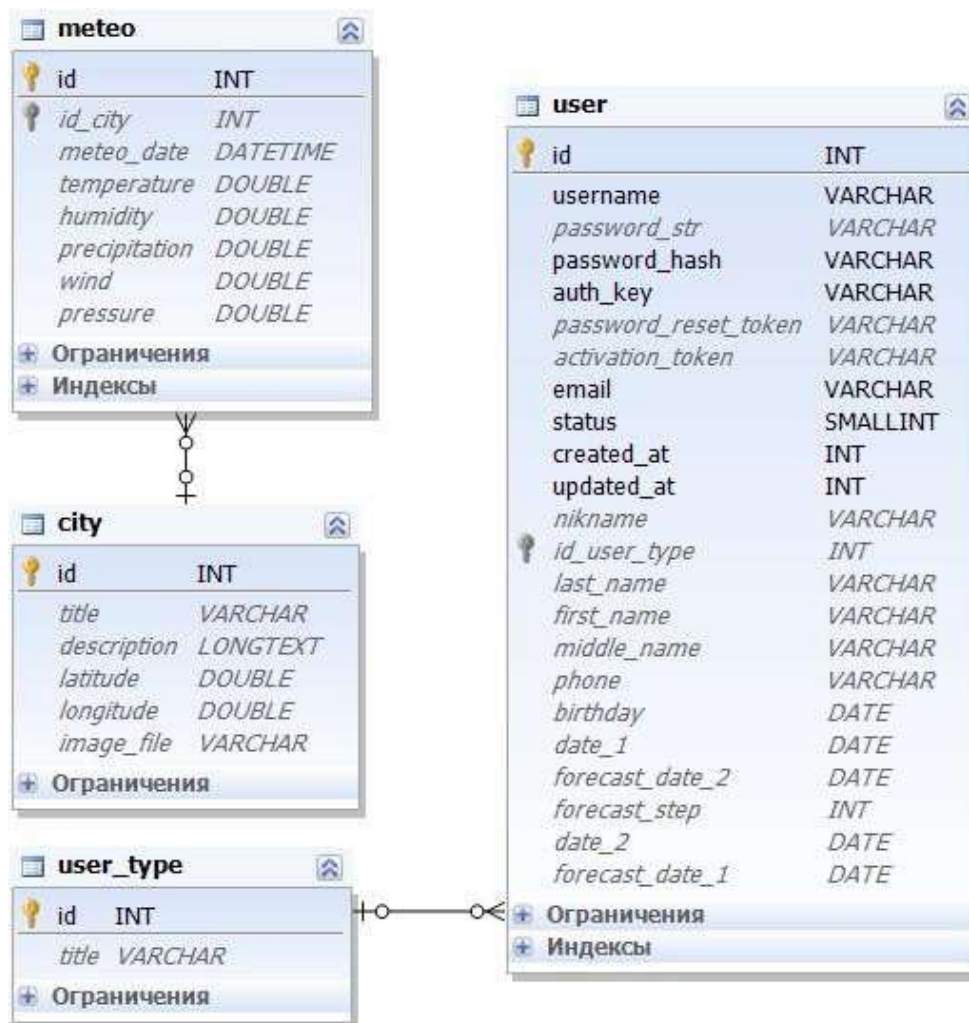


Рисунок 3.17 – Структура бази даних MySQL

Для кожної таблиці бази даних створюється модель (Model з Model – View – Controller). Співвідношення назви таблиці і моделі представлено на рисунку 3.18.

Тип модуля	Назва таблиці	Назва моделі
Довідники	user_type	UserType
	specialization	Specialization
	request_type	RequestType
	request_status	RequestStatus
Таблиці даних	user	User
	user_specialization	UserSpecialization
	request	Request
	request_answer	RequestAnswer

Рисунок 3.18 – Моделі проекту

Діаграма класів моделей представлена на рисунку 3.19.

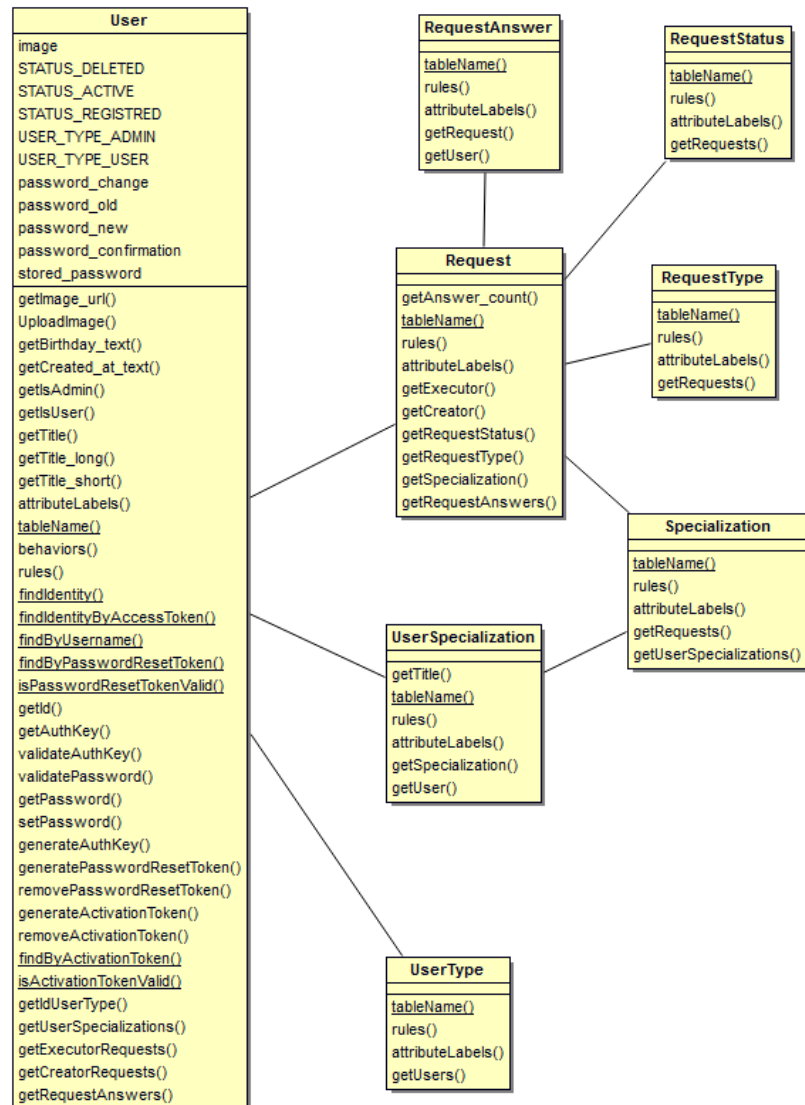


Рисунок 3.19 – Діаграма класів моделей

Дана діаграма повторює структуру бази даних. У середині кожного класу моделі повинен бути реалізований мінімальний стандартний набір методів, визначальних поведінку моделі. Використовувані методи класів моделі представлені на рисунку 3.20.

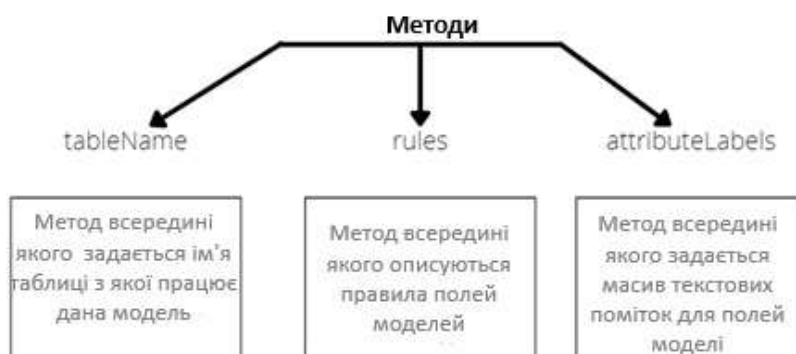


Рисунок 3.20 – Методи класів моделі

Моделі що розробляється інформаційної системи представлені на рисунку 3.21.

Назва класу	Тип класу	Опис класу
User	Модель	Клас для таблиці баз даних "Користувачі"
UserType	Модель	Клас для таблиці баз даних "Тип користувача"
City	Модель	Клас для таблиці баз даних " Місто"
MeteoData	Модель	Клас для таблиці баз даних " Метеоданні для міста"
PasswordReset RequestForm	Модель	Клас, що використовується для реалізації форми запиту на скидання паролю
LoginForm	Модель	Клас, що використовується для реалізації форми авторизації
ResetPasswordForm	Модель	Клас, що використовується для реалізації форми скидання паролю
SiteController	Контроллер	Головний контролер сайту. Реалізує такі дії як Index (головна сторінка системи), Login (вхід), Logout (вихід), Signup (реєстрація), RequesPasswordReset (відправлення користувачу на email посилання на скид пароля), ResetPassword (метод вводу нового пароля)
UserController	Контроллер	Клас-контролер, що реалізує функції редагування переліка користувачів системи
CityController	Контроллер	Клас-контролер, що реалізує функції редагування переліка міст
MeteoDataController	Контроллер	Клас-контролер, що реалізує функції редагування переліка метеоданих
SettingsController	Контроллер	Клас-контролер, що реалізує функції редагування параметрів прогнозування

Рисунок 3.21 – Моделі проекту

Серед основних моделей проекту, суттєве відмінність від решти має тільки модель " User ". Це пов'язано з тим, що дана модель використовується ядром Yii 2 для управління правами доступу користувачів при взаємодії із системою.

Опис основних дій контролерів представлено на рисунку 3.22.

Назва дії	Опис дії
Index	Метод переліку списку всіх записів
View	Метод перегляду запису
Create	Метод додавання запису
Update	Метод редагування запису
Delete	Метод видалення запису

Рисунок 3.22 – Основні методи дій контролерів

При розробці системи прогнозування погоди була використана наступна вибірка метеорологічних даних: дата і час спостереження, температура, тиск, опади, швидкість вітру, вологість. При цьому, поставимо частоту вимірювань метеоданих у вибірці рівну тридцяти хвилин.

Отже, вибірку метеорологічних даних можна описати наступним чином (див. табл. 3.2).

Таблиця 3.2 – Вибірка метеорологічних даних

Метеорологічний показник	Позначення	Значення
Температура	T	F_T (дата та час спостереження)
Тиск	P	F_P (дата та час спостереження)
Опади	R	F_R (дата та час спостереження)
Швидкість вітру	V	F_V (дата та час спостереження)
Вологість	U	F_U (дата та час спостереження)

Таким чином, значення метеорологічних показників представляють собою функції від часу. І тому, будемо створювати нейронну мережа для кожного метеорологічного показника.

Для рішення завдання прогнозування погоди з використанням штучною нейронної мережі (PHP FANN) необхідно виконати наступні завдання:

- визначити формат вхідних та вихідних даних нейронної мережі;

- визначити параметри мережі ;
- спроектувати та створити нейронну мережу;
- навчити нейронну мережу ;
- визначити значення результатів прогнозу .

Визначимо вхідні і вихідні параметри нейронної мережі. У даному випадку вхідними параметрами будуть бути тимчасові характеристики, а саме місяць, день і годину, а вихідні параметри представляють собою значення одного з метеорологічних показників (температура, тиск, опади, швидкість вітру та вологість).

Таким чином, вибірку метеорологічних даних можна уявити в наступному вигляді (Табл. 3.3).

Таблиця 3.3 – Вибірка метеорологічних даних

Метеорологічний показник	Позначення	Значення
Температура	T	F_T (Місяць , день , година)
Тиск	P	F_P (Місяць , день , година)
Опади	R	F_R (Місяць , день , година)
Швидкість вітру	V	F_V (місяць , день , година)
Вологість	U	F_U (місяць , день , година)

Визначимо параметри нейронної мережі. У даному випадку параметрами нейронної мережі будуть бути: кількість вхідних нейронів, кількість вихідних нейронів, кількість шарів і кількість нейронної в прихованім шарі. Визначення параметрів мережі представлено на рисунку 3.23.

Назва параметра	Опис	Значення
num_input	Кількість вхідних нейронів	3 (Місяць, день, година)
num_output	Кількість вихідних нейронів	1 (так як для кожного показника буде створена своя нейронна мережа)
num_layers	Призначення кількості шарів мережі	3 (вхідний шар, прихований шар, вихідний шар)
num_neurons_hidden	Кількість нейронів у прихованому шарі	50

Рисунок 3.23 – Визначення параметрів мережі

Створимо нейронну мережу. Для цього скористаємося функцією «fann_create_standard», яка створює стандартну повнозв'язну нейронну мережу. Приклад коду, описуючий алгоритм створення нейронної мережі, представлений на рисунку 3.24.

```

1 $num_input = 3;
2 $num_output = 1;
3 $num_layers = 3;
4 $num_neurons_hidden = 50;
5 $ann = fann_create_standard($num_layers, $num_input, $num_neurons_hidden, $num_output);

```

Рисунок 3.24 – Створення нейронної мережі

Навчимо нейронну мережу. Для цього скористаємося функцією "fann_train", яка служить для навчання нейронної мережі. приклад коду, описуючий алгоритм навчання нейронної мережі, представлений на рисунку 3.25.

```

1 $num_input = 3;
2 $num_output = 1;
3 $num_layers = 3;
4 $num_neurons_hidden = 50;
5 $ann = fann_create_standard($num_layers, $num_input, $num_neurons_hidden, $num_output);
6 fann_train ($ann, $data);

```

Рисунок 3.25 – Навчання нейронної мережі

Визначимо значення результатів прогнозу. Для цього скористаємося функцією «Fann_ru ». Дана функція приймає посилання на нейронну мережа і масив даних (у нашому випадку місяць, день, годину), а на виході даної функції формується масив результатів. У даному випадку масив буде перебувати з одного елемента (параметр "num_output"). Приклад коду, який описує алгоритм обчислення значень нейронної мережі, представлений на рисунку 3.26.

```

1 $num_input = 3;
2 $num_output = 1;
3 $num_layers = 3;
4 $num_neurons_hidden = 50;
5 $desired_error = 0.01;
6 $max_epochs = 500000;
7 $epochs_between_reports = 1000;
8 $ann = fann_create_standard($num_layers, $num_input, $num_neurons_hidden, $num_output);
9 fann_train ($ann, $data);
10 // $date - дата, на которую выполняется прогноз
11 // $this->GetMonth($date) - извлекает месяц
12 // $this->GetDay($date) - извлекает день
13 // $this->GetHour($date) - извлекает час
14 $input = array($this->GetMonth($date), $this->GetDay($date), $this->GetHour($date));
15 $output = fann_run($ann, $input);

```

Рисунок 3.26 – Обчислення значень нейронної мережі

Контролери та уявлення. Більшість контролерів нашого проекту (крім контролера CityController) реалізує CRUD – (англ. create, read, update, delete – «створення, читання, оновлення, видалення») скорочене найменування 4-х базових функцій, що використовуються при роботі з наборами даних.

Консоль управління Yii 2 дозволяє для конкретної моделі виконати генерацію CRUD. Генератор CRUD створює контролер, набір дій контролера («Index», «View», «Create», «Update», «Delete») і ряд видів («View») відповідних діям. Опис контролерів системи представлено рисунку 3.28.

Назва контролера	Назва моделі	Дії контролера
SiteController	Використовує різні моделі	Index (головна сторінка системи), Login (вхід), Logout (вихід), Signup (реєстрація), RequestPasswordReset (відправка користувачу на email посилання для скиду пароля), ResetPassword (метод вводу нового пароля)
UserController	User	Index, View, Create, Update, Delete
CityController	City	Index, View, Create, Update, Delete
MeteoDataController	MeteoData	Index, View, Create, Update, Delete

Рисунок 3.28 – Опис контролерів системи

Робота з системою здійснюється через звернення до діям контролерів. Тобто. в даному випадку звернення користувача до дії системи здійснюється через GET запит протоколу HTTP . Ядро Yii 2 виконує інтерпретацію даного запиту, передає запит в відповідний контролер, контролер перевіряє права доступу користувача для звернення до дії, виконує дія (Index , View Create і тощо) і видає користувачеві результат.

3.5 Результат роботи системи

Для початку роботи з системою необхідно перейти на її головну форму, представлену на рисунку вище. Після чого необхідно увійти в систему. Вікно авторизації представлено на рисунку 3.30.

Рисунок 3.30 – Сторінка авторизації

Якщо користувач системи не зареєстрований, він може зробити це, натиснувши на кнопку «Я ще не зареєстрований». Далі відкриється вікно реєстрації, представлене на рисунку 3.31.

Рисунок 3.31 – Сторінка реєстрації

Після успішно входу або реєстрації в системі, перед користувачем відкривається вікно, представлене на рисунку 3.32.



The screenshot shows a web application interface for weather data. At the top, there's a green navigation bar with 'Meteo' and 'Міста' (Cities) highlighted. Below the navigation bar, the 'МІСТА' section is active, with a 'Додати місто' (Add city) button. The main content area displays 'ХЕРСОН' (Kherson) with a photo of a park and a detailed climate description. To the right, there are input fields for 'Назва' (Name) and 'Опис' (Description), and buttons for 'Пошук' (Search) and 'Введіть дані' (Enter data).

МІСТА
Додати місто

ХЕРСОН

Клімат помірно-континентальний, характеризується відносно м'якою зимою (середні температури -1 – -3°C) і спекотним довгим літом (середні температури $+23^{\circ}$ – $+25^{\circ}\text{C}$, максимальні перевищують $+40^{\circ}\text{C}$). Середня річна температура в межах $+9,3^{\circ}$ – $+9,8^{\circ}\text{C}$. Кількість опадів у середньому близько 400 мм на рік. Клімату притаманні літні суховії – потужні вітри (більше 5 м/сек.) з низькою вологістю та високою температурою. Кількість сонячних днів складає в середньому 240 на рік.

Назва
Опис
Пошук Введіть дані

Рисунок 3.32 – Вибір міста

При бажанні, користувач може додати нові міста для прогнозування погоди. Для цього необхідно натиснути на кнопку «Додати місто» і заповнити необхідні поля. Якщо записів міст буде велике кількість, користувач може скористатися вікно пошуку міста праворуч. Крім того, користувач має можливість переглянути, редагувати, видалити місто, а також змінити метеодані міста. Можливості користувача представлені на рисунку 3.33.



The screenshot shows a row of four buttons: 'Перегляд' (View), 'Редагувати' (Edit), 'Видалити' (Delete), and 'Метеоданні' (Weather data). The 'Видалити' button is highlighted in orange, while the others are grey.

Перегляд Редагувати Видалити Метеоданні

Рисунок 3.33 – Можливості користувача

Розташування міста на карті представлено на рисунок 3.34.

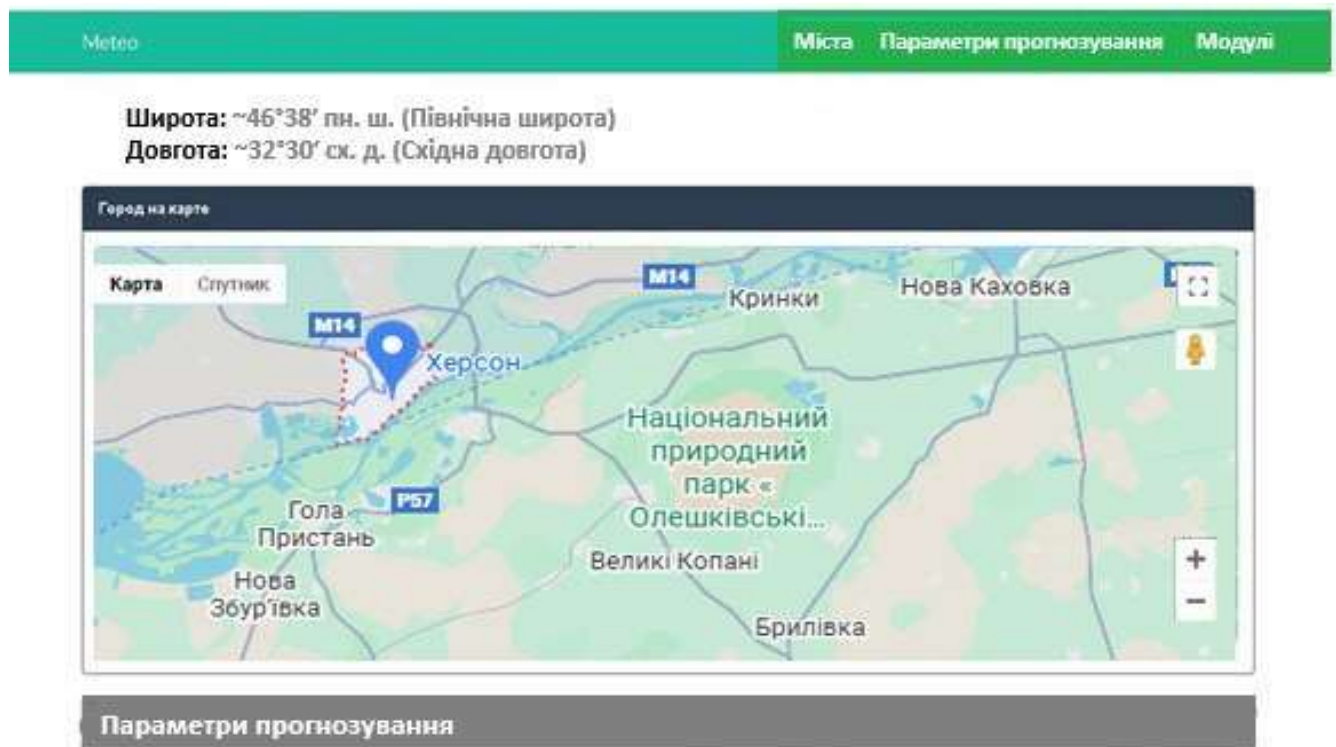


Рисунок 3.34 – Розташування міста на карті

Вихідні дані для прогнозу представлені на рисунку 3.35. Також користувач може додавати нові дані. Для цього йому необхідно натиснути на кнопку «Додати спостереження» та завантажити файл.

Meteo							
Міста Параметри прогнозування Модулі							
Головна / Міста / Херсон / Метеоданні							
Метеоданні							
Додати спостереження							
#	Дата/час	Температура, С	Вологість, %	Опади, мм	Вітер, м/с	Тиск	
1.	2020-11-01 00:00:00	0	100	(не задано)	4	759	🔍/📄
2.	2020-11-01 00:30:00	0	100	(не задано)	5	759	🔍/📄
3.	2020-11-01 01:00:00	0	100	(не задано)	4	759	🔍/📄
4.	2020-11-01 01:30:00	0	100	(не задано)	4	759	🔍/📄
5.	2020-11-01 02:00:00	0	93	(не задано)	4	759.7	🔍/📄
6.	2020-11-01 02:30:00	-1	100	(не задано)	4	759.7	🔍/📄
7.	2020-11-01 03:00:00	-1	100	(не задано)	3	759.7	🔍/📄
8.	2020-11-01 03:30:00	-1	100	(не задано)	4	759.7	🔍/📄
9.	2020-11-01 04:00:00	-1	100	(не задано)	3	759.7	🔍/📄
10.	2020-11-01 04:30:00	-1	100	(не задано)	3	760.5	🔍/📄
11.	2020-11-01 05:00:00	-1	100	(не задано)	2	760.5	🔍/📄

Рисунок 3.35 – Вихідні дані системи

Після завантаження вихідних даних вони подаються у вигляді діаграмі, зображених на рисунку 3.36.

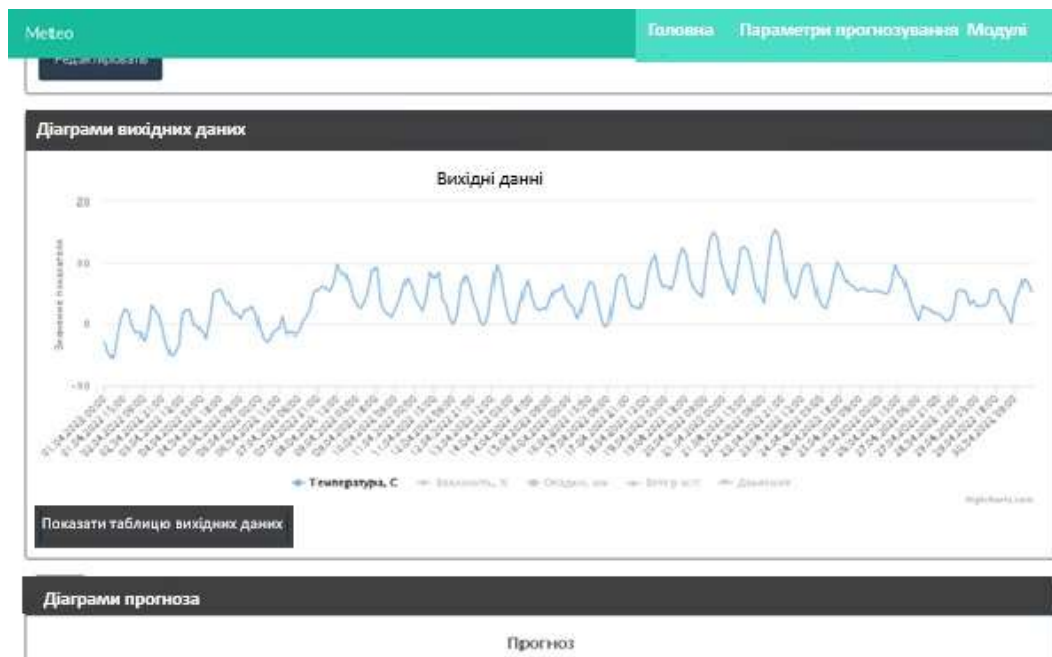


Рисунок 3.36 – Вихідні дані та прогноз погоди

Користувач може подивитися вихідні дані, натиснувши на кнопку «Подивитися таблицю вихідних даних». Після завантаження вихідних даних система будує прогноз на майбутні періоди методом аналізу сингулярного спектру, який докладно описаний в роботі. Прогноз погоди на 01.05.2022 (кожен годину) представлений на рисунку 3.37.

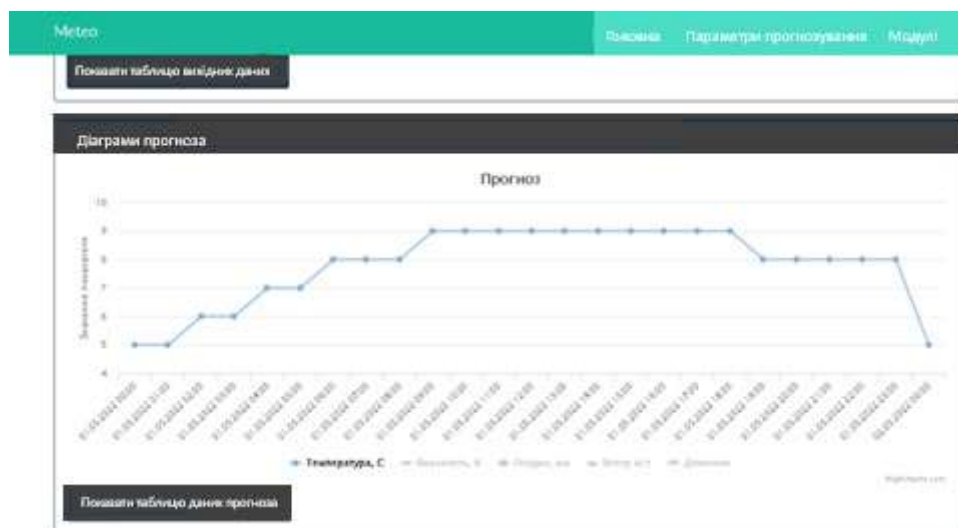


Рисунок 3.37 – Прогнозування погоди на 01.05.2024

Користувач може подивитися дані прогнозу, натиснувши на кнопку "Подивитися таблицю даних прогнозу". Прогноз погоди на 01.05.2024 – 02.05.2024 представлено на рисунку 3.38.

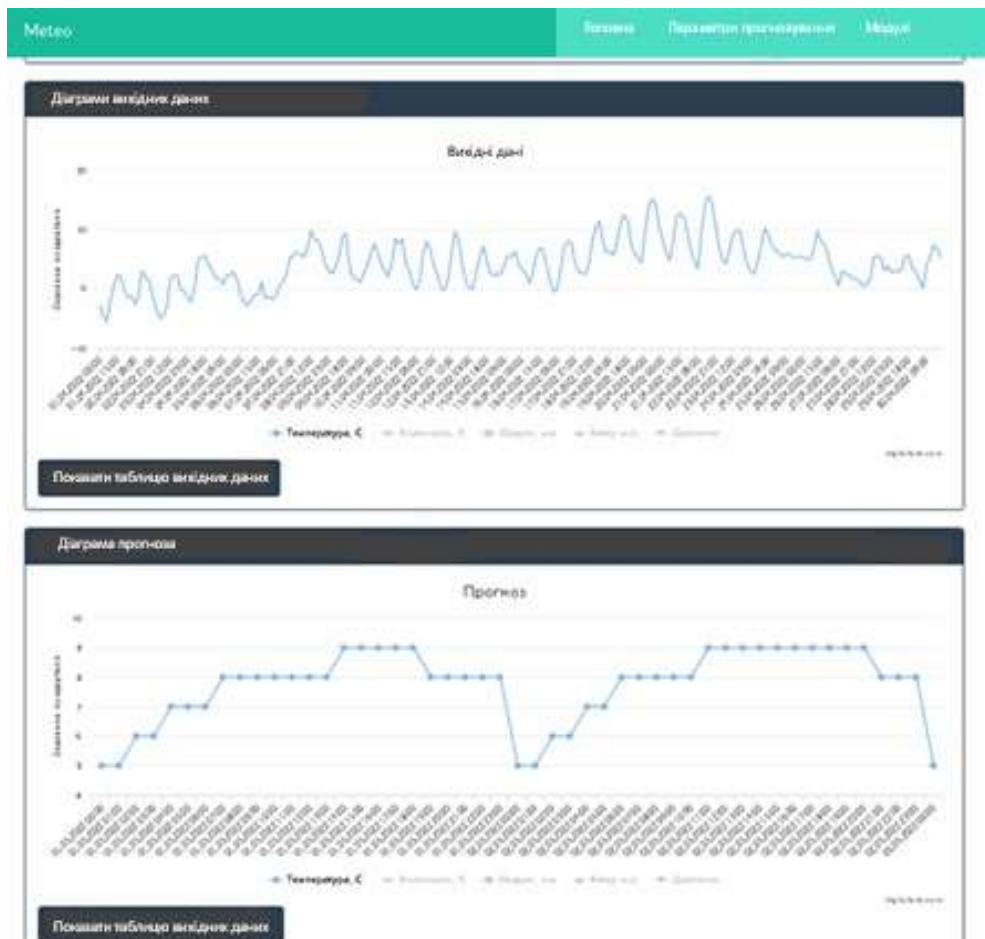


Рисунок 3.38 – Вихідні дані та прогноз погоди на 01.05.2024 – 02.05.2024

Крім температури система дозволяє прогнозувати наступні характеристики: вологість, опади, вітер і тиск. Для цього необхідно натиснути на відповідне назва під діаграми. Вихідні дані по вологості за квітень 2024 року (кожен 8 годин) і прогноз на 01.05.2024 – 02.05.2024 (кожну годину) представлені на рисунку 3.39.



Рисунок 3.39 – Прогноз погоди з вологості

Користувач має можливість змінювати параметри прогнозування. Для цього йому необхідно перейти во вкладку «Параметри прогнозування» і вказати потрібні періоди. Параметри прогнозування представлені на рисунку 3.40.

Метео	Головна	Параметри прогнозування	Модулі
Головна / Параметри прогнозування			
Параметри прогнозування			
Редагування			
Початок періоду даних	19.05.2023		
Закінчення періоду даних	29.05.2023		
Початок періода, що прогнозується	30.05.2024		
Кінець періода, що прогнозується	06.06.2024		
Крок прогнозування (година)	1		

Рисунок 3.40 – Параметри прогнозування

Для редагування параметрів прогнозування необхідно натиснути на кнопку "Редагувати". Після завершення редагування необхідно натиснути на кнопку «Зберегти» для збереження змін. Редагування параметрів прогнозування представлено на рисунку 3.41.

The screenshot shows a web application interface for editing forecasting parameters. At the top, there is a navigation bar with 'Meteo' and three tabs: 'Головна', 'Параметри прогнозування' (active), and 'Модулі'. Below the navigation bar, there is a breadcrumb trail 'Головна / Параметри прогнозування'. The main form contains several input fields with date pickers and a text input, each with a clear (X) and a calendar icon button. The fields are: 'Початок періода даних' (2023-05-19), 'Закінчення періода даних' (2023-05-29), 'Початок періода, що прогнозується' (2024-05-30), 'Закінчення періода, що прогнозується' (2024-06-06), and 'Крок прогнозування (година)' (1). At the bottom left of the form is a green 'Зберегти' (Save) button.

Рисунок 3.41 – Редагування параметрів прогнозування

3.6 Визначення точності прогнозу

Показник точності прогнозу показує, на скільки точно обрана модель прогнозування описує дані. Для визначення даного показника проаналізуємо фактичні і спрогнозовані системою дані. Візьмемо тимчасовий проміжок з 1 травня 2024 року по 15 травня 2024 року і складемо зведену таблицю 3.4.

Таблиця 3.4 – Фактичні та спрогнозовані значення

П	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Т _ф	8,1	9,1	6,8	4,6	8,5	14,8	16,0	7,7	8,3	12,5	16,3	13,9	9,0	12,8	8,6
Р _ф	765,4	760,2	751,9	762,6	766,6	764,9	760,8	762,8	770,2	767,6	756,1	747,3	748,7	751,7	753,5

П	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
R_{ϕ}	0	0	0,4	0	0	0	1	2	0	0	0	10	0	0	0,6
V_{ϕ}	2	3	6	3	1	2	4	4	3	3	5	2	4	3	4
U_{ϕ}	65,0	46,0	59,0	54,0	44,0	41,0	43,0	71,0	49,0	38,0	31,0	55,0	84,0	51,0	78,0
T_{Π}	5,0	6,0	10,0	8,0	11,0	18,0	13,0	9,0	5,0	15,0	12,0	17,0	13,0	17,0	13,0
P_{Π}	667, 0	711, 0	712, 0	683, 0	656, 0	679, 0	716, 0	724, 0	702, 0	716, 0	797, 0	794, 0	779, 0	702, 0	726, 0
R_{Π}	1	3	0	0	0	1	0	2	0	0	3	3	0	4	0
V_{Π}	3,0	4,0	6,0	2,0	1,0	3,0	4,0	5,0	2,0	3,0	5,0	3,0	3,0	2,0	2,0
U_{Π}	56,0	68,0	71,0	68,0	66,0	59,0	69,0	48,0	69,0	57,0	54,0	52,0	62,0	67,0	49,0

У даному випадку ми взяли значення параметрів по станом на 12 годин дня. Тут:

T_{ϕ} – фактична температура повітря (градуси Цельсія);

P_{ϕ} – Фактичне атмосферне тиск (мм рт. ст.);

U_{ϕ} – фактична відносна вологість (%);

V_{ϕ} – фактична швидкість вітру на висоті 10 – 12 метрів над земний поверхнею (осередкована за 10 – хвилинний період (метри в секунду);

R_{ϕ} – Фактичне кількість що випали опадів (міліметри); T_{Π} – прогнозована температура повітря (градуси Цельсія);

P_{Π} – прогнозоване атмосферне тиск (мм рт. ст.); U_{Π} – прогнозована відносна (%);

V_{Π} – прогнозована швидкість вітру на висоті 10 – 12 метрів над поверхнею землі (Осереднена за 10 – хвилинний період (метри за секунду);

R_{Π} – прогнозоване кількість що випали опадів (міліметри) .

Для визначення точності прогнозування будемо використовувати будь-які три характеристики погоди, наприклад, температуру, швидкість вітру і вологість. Графіки даних характеристик представлені на малюнках 3.42 – 3.44.

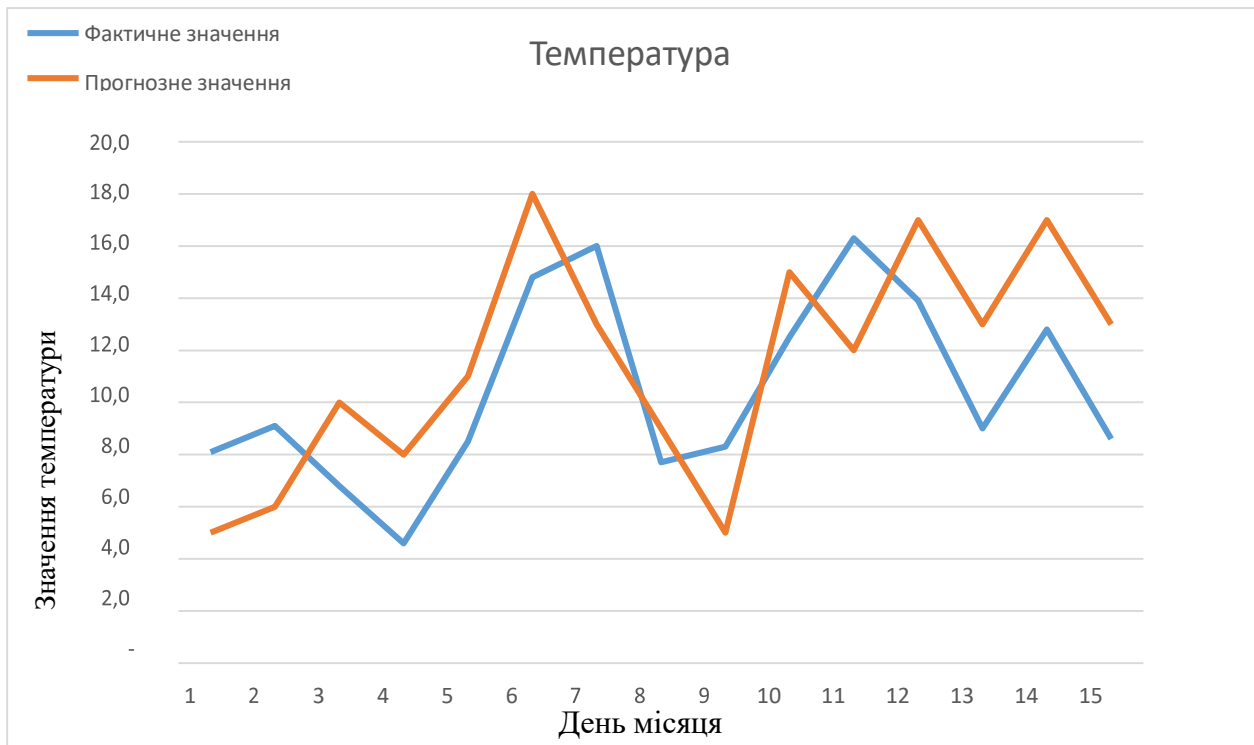


Рисунок 3.42 – Фактичне та прогнозоване значення температури

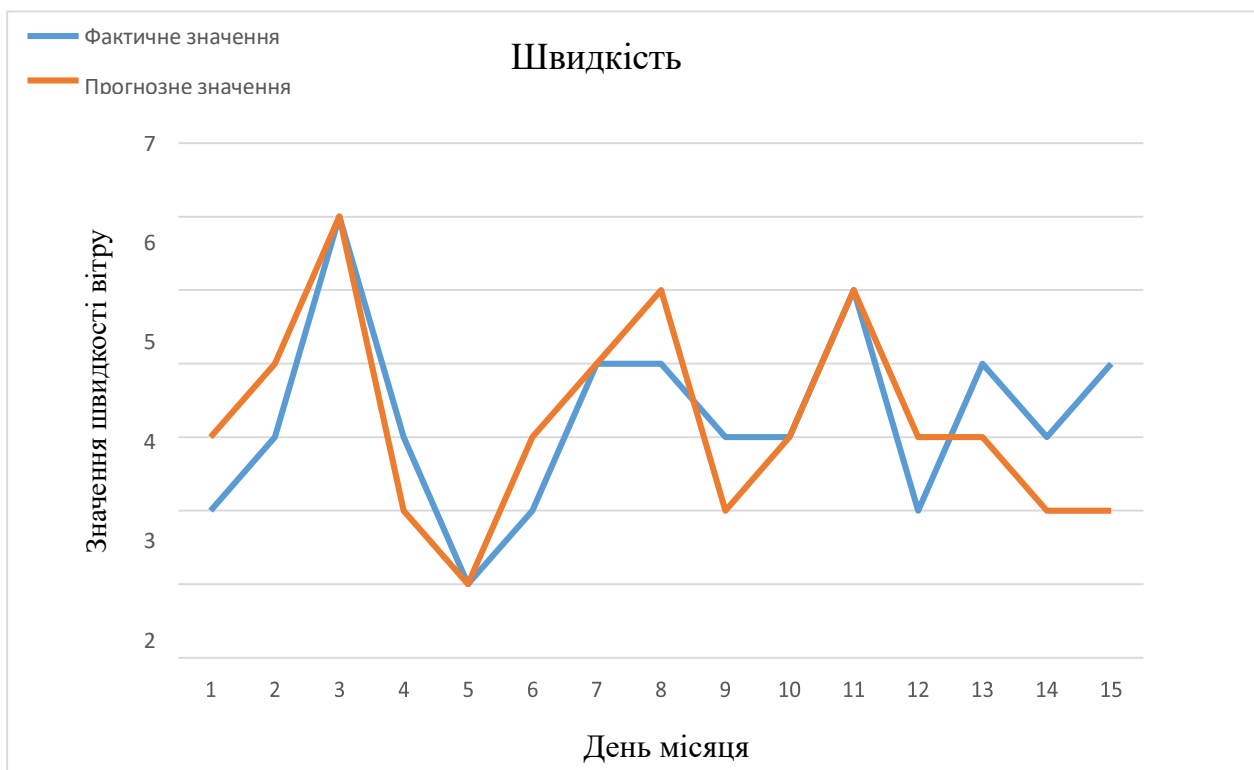


Рисунок 3.43 – Фактичне та прогнозоване значення швидкості вітру

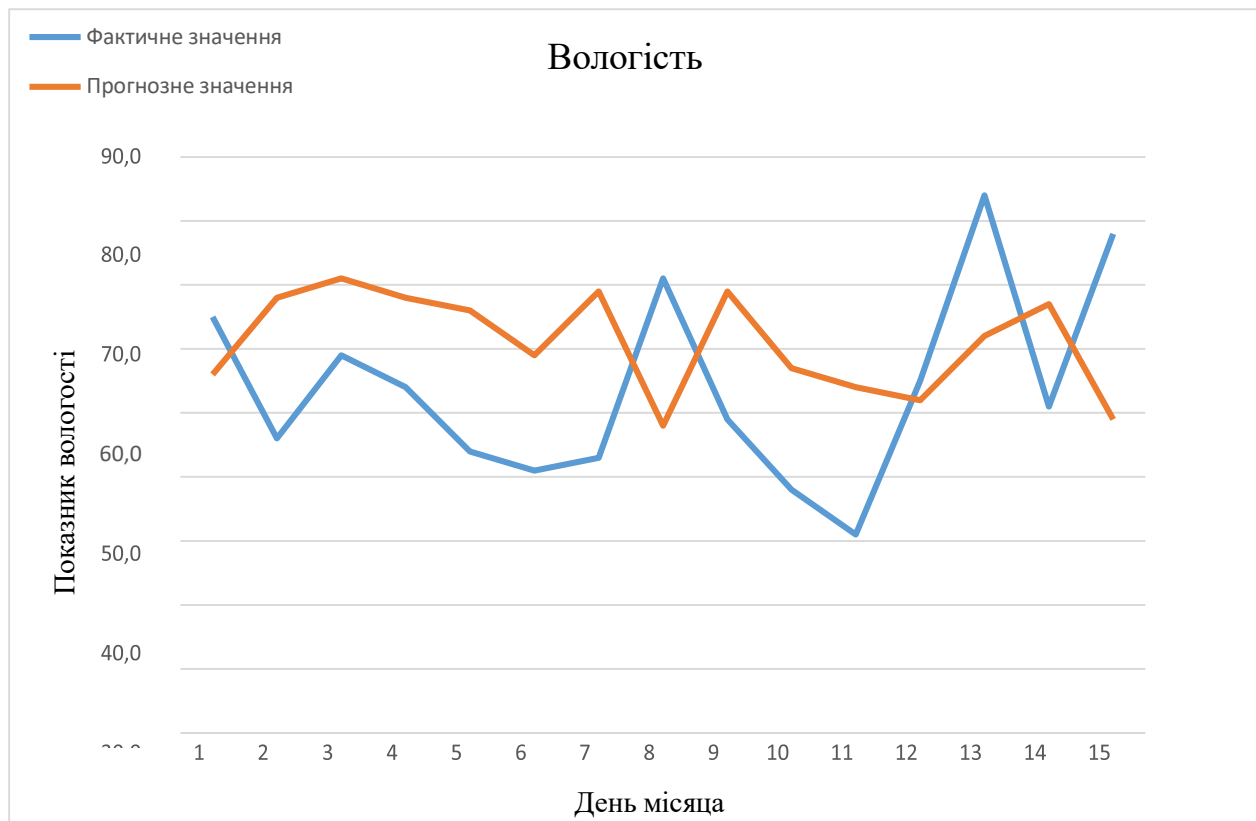


Рисунок 3.44 – Фактичне та прогнозоване значення вологості

1. Визначимо помилку моделі прогнозування. Для цього необхідно для кожного розглянутого періоду з фактичних значень відняти спрогнозовані значення. Отримані значення помилки моделі прогнозування представлені в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Розрахунок помилки прогнозних значень

П	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
T	3,1	3,1	-3,2	-3,4	-2,5	-3,2	3,0	-1,3	3,3	-2,5	4,3	-3,1	-4,0	-4,2	-4,4
V	-1,0	-1,0	0	1,0	0	-1,0	0	-1,0	1,0	0	0	-1,0	1,0	1,0	2,0
U	9	-22	-12	-14	-22	-18	-26	23	-20	-19	-23	3	22	-16	29

2. Визначимо квадратичне відхилення помилки від спрогнозованих

значень модель. Для цього необхідно для кожного розглянутого періоду квадрат помилки прогнозного значення розділити на квадрат спрогнозованого значення. Отримані значення квадратичного відхилення помилки представлені в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Розрахунок квадратичного відхилення помилки

П	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
T	0,38 440	0,26 694	0,10 240	0,18 063	0,05 165	0,03 160	0,05 325	0,02 086	0,43 560	0,02 778	0,12 840	0,03 325	0,09 467	0,06 104	0,11 456
V	0,11 111	0,06 250	0,00 000	0,25 000	0,00 000	0,11 111	0,00 000	0,04 000	0,25 000	0,00 000	0,00 000	0,11 111	0,11 111	0,25 000	1,00 000
U	0,02 583	0,10 467	0,02 857	0,04 239	0,11 111	0,09 308	0,14 199	0,22 960	0,08 402	0,11 111	0,18 141	0,00 333	0,12 591	0,05 703	0,35 027

3. Визначимо середня значення квадратичного відхилення помилки. Для цього необхідно порахувати середня значення квадратичного відхилення помилки для кожного досліджуваного параметра. Отримані значення середньоквадратичного відхилення представлені в таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 – Розрахунок середньоквадратичного відхилення помилки

Параметр	Середньоквадратичне відхилення помилки
Температура	0,13247
Швидкість вітру	0,15313
Вологість	0,11269

4. Визначимо точність прогнозу використовуваної моделі прогнозування. Для цього необхідно з одиниці відняти середньоквадратичне відхилення помилки, після чого помножити отриманий результат на 100%. Даний розрахунок застосуємо для кожного для кожного використовуваного параметра погоди. Отримані значення точності прогнозу

представлені в таблиці 3.8.

Таблиця 3.8 – Розрахунок точності прогнозу

Параметр	Точність прогнозу	Точність прогнозу у %
Температура	0,86753	86,753
Швидкість вітру	0,84687	84,687
Вологість	0,88731	88,731

Проведемо тестування обраного методу прогнозування (метод аналізу сингулярного спектру) і існуючих аналогів для визначення ступеня ефективності і точності кожного з них. Для цього протестуємо роботу кожного програми на 15 датах (з 1 травня 2024 року по 15 травня 2024 року) і визначимо точність прогнозування по одній з характеристик погоди, наприклад, по температурі і складемо зведену таблицю 3.9.

Таблиця 3.9 – Порівняльна характеристика точності прогнозування

Прогноз	Дати та точність прогнозу у %															Підсумок
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
meteoinfo.ru	95	87	89	87	87	67	79	76	76	87	92	84	87	88	96	85,1
foreca.ru	87	67	89	76	89	97	90	88	87	56	89	90	87	78	93	84,2
intellicast	74	68	90	87	90	88	99	69	87	90	88	99	76	85	94	85,6
gismeteo.ru	90	88	99	85	99	92	75	90	97	99	92	81	90	87	91	90,3
rp5.ru	99	92	73	90	87	67	86	87	67	91	84	90	87	79	85	84,3
meteoweb.ru	78	90	90	99	69	85	90	79	74	90	87	85	73	75	88	83,4
accuweather	77	69	98	78	90	88	99	90	88	99	59	99	90	86	83	86,2
яндекс.погода	92	94	90	87	99	92	80	99	92	83	90	78	99	94	87	90,4
розроблене додаток	61	73	90	82	95	97	95	98	56	97	87	97	90	94	88	86,6

Таким чином, розроблене додаток по ефективності і точності прогнозу, йде нарівні з популярними аналогами прогнозування погоди. У окремих

випадках, навіть перевершує деякі з них по точності прогнозу. А в результаті аналізу точності прогнозування, в залежності від аналізованої характеристики погоди, точність прогнозу моделі аналізу сингулярного спектру варіюється від 85 до 90%, що визначається як високий рівень точності.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних та лікувально-профілактичних заходів і засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я та працездатності людини в процесі трудової діяльності.

Умови праці – сукупність факторів виробничого середовища і трудового процесу, які впливають на здоров'я і працездатність людини під час виконання нею професійної діяльності.

Шкідливий виробничий фактор – виробничий фактор, вплив якого на працівника може призвести до погіршення стану здоров'я або зниження працездатності.

Охорона праці базується на законодавчих, директивних та нормативно-правових документах. Під час управління охороною праці не допускаються рішення та заходи, що суперечать чинному законодавству, державним нормативним актам про охорону праці, стандартам безпеки праці, правилам та нормам охорони праці.

До основних функцій управління охороною праці належать:

- прогнозування і планування робіт, їх фінансування;
- організація та координація робіт;
- облік показників стану умов і безпеки праці;
- аналіз та оцінка стану умов і безпеки праці;
- контроль за функціонуванням системи управління охороною праці.

Основні завдання управління охороною праці:

- навчання працівників безпечним методам праці та пропаганда питань охорони праці;
- забезпечення безпеки технологічних процесів, виробничого устаткування, будівель і споруд;
- нормалізація санітарно-гігієнічних умов праці;
- забезпечення працівників засобами індивідуального захисту;

- забезпечення оптимальних режимів праці та відпочинку;
- організація лікувально-профілактичного обслуговування;
- професійний добір працівників за певними професіями;
- удосконалення нормативної бази з питань охорони праці.

Охорона праці відіграє важливу роль як суспільний чинник, оскільки жодні трудові досягнення не можуть компенсувати втраченого здоров'я чи життя. Тому вивченню питань охорони праці приділяється значна увага. Представники багатьох наук досліджують проблеми створення безпечних та нешкідливих умов праці, адже саме за таких умов людина здатна працювати високопродуктивно, створюючи матеріальний добробут суспільства.

Основоположним законодавчим документом у сфері охорони праці є Закон України «Про охорону праці» (від 14 жовтня 1992 року № 2694-ХІІ, з подальшими змінами). Цей Закон поширюється на всі підприємства, установи та організації незалежно від форми власності та видів діяльності, на всіх громадян, які працюють або залучаються до праці на цих підприємствах. Закон визначає основні положення щодо реалізації конституційного права працівників на охорону їхнього життя і здоров'я в процесі трудової діяльності, на належні, безпечні та здорові умови праці, регулює відносини між роботодавцем і працівником з питань безпеки, гігієни праці та виробничого середовища, встановлює єдиний порядок організації охорони праці в Україні.

4.1 Аналіз потенційно небезпечних і шкідливих факторів у приміщенні відділу кадрів

Класифікація шкідливих та небезпечних виробничих факторів наведена в таблиці 4.1.

Розглянемо основні вимоги до приміщень, де встановлені комп'ютери. Залежно від орієнтації вікон рекомендується таке забарвлення стін і підлоги приміщення:

- вікна орієнтовані на південь – стіни зеленувато-блакитного або світло-блакитного кольору; підлога – зелена;
- вікна орієнтовані на північ – стіни світло-оранжевого або оранжево-жовтого кольору; підлога – червонувато-оранжева;
- вікна орієнтовані на схід – стіни жовто-зеленого кольору; підлога – зелена або червонувато-оранжева;
- вікна орієнтовані на захід – стіни жовто-зеленого або голубувато-зеленого кольору; підлога – зелена або червонувато-оранжева.

Освітлення приміщень з комп'ютерами повинно бути змішаним.

Вимоги до освітленості в приміщеннях, де встановлені комп'ютери: при виконанні зорових робіт високої точності загальна освітленість повинна становити 300 лк, комбінована – 750 лк; для робіт середньої точності – 200 і 300 лк відповідно (згідно з ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення»).

Таблиця 4.1 – Класифікація шкідливих та небезпечних виробничих факторів

Види потенційно можливих небезпечних і шкідливих виробничих факторів	Наявність факторів
1	2
1. Фізичні небезпечні і шкідливі виробничі фактори: – шум, – вібрація, – підвищене виділення тепла, – підвищена вологість, – наявність електромагнітних полів, – наявність електростатичних полів, – небезпека вибуху, – небезпека виникнення пожежі, – небезпека ураження електрострумом, – підвищена загазованість, – відкрито рухаються й обертаються частини машин.	+ - - - + + - + + - -
2. Хімічні небезпечні і шкідливі виробничі фактори: – токсичні речовини: пари ртуті, пари свинцю і його сполук та ін., – подразнюючі речовини: пральні засоби, кислоти, луги, розчинники, кислі гази, – канцерогенні речовини: сполуки алюмінію, бензин, гас, 3,4-бензапирен (міститься у вихлопних газах автомобілів).	- - -
3. Біологічні небезпечні і шкідливі виробничі фактори: – мікроби, віруси, бактерії, – комахи, – гриби, найпростіші, – інші мікроорганізми.	+ + - -

Продовження табл. 4.1

1	2
4. Психофізіологічні небезпечні і шкідливі виробничі фактори:	
– малорухомість роботи,	+
– фізична утомля,	+
– нервова напруга,	+
– напруга аналізаторів (зорового-слухового-тактильного)	+
– напруга рук, ніг, спини	+

4.1.1 Електробезпека

У приміщенні відділу кадрів використовуються персональні комп'ютери та інші електричні прилади, які повинні бути встановлені з дотриманням вимог Правил улаштування електроустановок (ПУЕ, затверджені наказом Міненерго України від 21.07.2017 № 476).

Вимоги електробезпеки для електронно-обчислювальних машин і персональних комп'ютерів відображені в чинних нормативних документах, зокрема ПУЕ, Правилах пожежної безпеки в Україні (НАПБ А.01.001-2014) та експлуатаційній документації виробника.

ПК, периферійні пристрої та устаткування повинні відповідати класу зони за ПУЕ, мати апаратуру захисту від короткого замикання та інших аварійних режимів.

Лінія електромережі для живлення ПК виконується як окрема групова трипровідна мережа з фазовим, нульовим робочим та нульовим захисним провідниками. Нульовий захисний провідник використовується для заземлення (занулення) електроприймачів.

У приміщенні, де експлуатується більше п'яти ПК, на доступному місці встановлюється аварійний вимикач для відключення живлення (крім освітлення). ПК підключаються до електромережі тільки через справні штепсельні з'єднання заводського виготовлення з захисним контактом.

Забороняється підключення до двопровідної мережі, використання саморобних подовжувачів, пошкодженої ізоляції, нестандартного обладнання для опалення тощо.

4.1.2 Пожежна безпека

Для приміщень з ПК застосовуються Правила пожежної безпеки в Україні (НАПБ А.01.001-2014, затверджені наказом МВС України від 30.12.2014 № 1417).

Приміщення відноситься до категорії Д за вибухопожежною небезпекою (негорючі речовини в холодному стані).

Сховища інформації розміщуються в відокремлених приміщеннях з негорючими матеріалами. Звукопоглинальне облицювання – з негорючих або важкогорючих матеріалів.

Приміщення оснащується автоматичною пожежною сигналізацією та вуглекислотними вогнегасниками (2 шт. на 20 м²).

Не рідше одного разу на квартал очищаються агрегати від пилу.

Для поліпшення пожежної безпеки в приміщенні відділу кадрів встановлена підлога з негорючих матеріалів, папір зберігається в металевих шафах, наявні вуглекислотні вогнегасники ОУ-5 та димові датчики; проводиться регулярне вологе прибирання та вентиляція.

4.1.3 Освітлення

Освітлення в приміщенні з ПК здійснюється природним і штучним відповідно до ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення». Допускається змішане освітлення.

Штучне освітлення – система загального рівномірного освітлення. Допускається комбіноване (з місцевими світильниками).

Для загального освітлення застосовуються світильники з розсіювачами та високочастотними пускорегулювальними апаратами. Забороняється використання світильників без розсіювачів.

Як джерело світла рекомендуються люмінесцентні лампи типу ЛБ. Рівень освітленості на робочому столі – 300–500 лк.

Світильники розташовуються збоку від робочого місця, паралельно лінії зору, для уникнення відблисків.

4.1.4 Захист від шуму та вібрації

Шум несприятливо впливає на організм людини. Норми шуму для приміщень з ПК – відповідно до ДСН 3.3.6.037-99 (для розумової праці – 45–55 дБА, для роботи з ПК – до 65 дБА).

Джерела шуму – вентилятори, принтери. Заходи: розміщення принтерів в окремих приміщеннях, звукоізолюючі екрани, шумопоглинальні матеріали (негорючі або важкогорючі).

Вібрація шкідлива для організму. Рівні вібрації не повинні перевищувати значення за ДСН 3.3.6.039-99.

Заходи: амортизуючі прокладки, раціональне планування.

4.1.5 Виробничий мікроклімат

Приміщення обладнується системами опалення, кондиціювання або припливно-витяжною вентиляцією.

Параметри мікроклімату на робочих місцях з ПК відповідають ДСН 3.3.6.042-99 та ГОСТ 12.1.005-88 (таблиці 4.2, 4.3).

Таблиця 4.2 – Нормовані параметри мікроклімату для приміщень з ВДТ та ПК

Пора року	Категорія робіт	Температура повітря, °С оптимальна	Відносна вологість повітря, % оптимальна	Швидкість руху повітря, м/с оптимальна
Холодна	Легка - 1а	22–24	40–60	0,1
Холодна	Легка - 1б	21–23	40–60	0,1
Тепла	Легка - 1а	23–25	40–60	0,1
Тепла	Легка - 1б	22–24	40–60	0,2

Таблиця 4.3 – Рівні іонізації повітря приміщень при роботі на ВДТ та ПК

Рівні	Кількість іонів в 1 см ³ повітря n ⁺	n ⁻
Мінімально необхідні	400	600
Оптимальні	1500–3000	3000–5000
Максимально допустимі	50000	50000

Для підтримки норм – установки зволоження, іонізації або кондиціонування.

4.1.6 Організація робочого місця

Робоче місце – місце постійного або тимчасового перебування працівника в процесі трудової діяльності. Організація робочого місця з ПК повинна відповідати ергономічним вимогам.

Площа на одне робоче місце з ПК – не менше 6 м², об'єм – не менше 20 м³.

Робочі місця розміщуються так, щоб природне світло падало збоку (переважно зліва).

Вимоги до розміщення:

- відстань від стін зі вікнами – не менше 1 м;
- між бічними поверхнями моніторів – не менше 1,2 м;
- між тильною поверхнею одного монітора та екраном іншого – не менше 2,5 м;
- прохід між рядами – не менше 1 м.

Висота робочої поверхні столу – 680–800 мм. Робочий стілець – підйомно-поворотний, регульований за висотою, нахилом сидіння та спинки, з підлокітниками.

Екран монітора – на відстані не ближче 600 мм від очей. Клавіатура – на відстані 100–300 мм від краю столу, з нахилом 5–15°.

4.2 Розрахунок освітлення

Розрахунок КПО попереднім методом для виробничого приміщення з боковим одностороннім освітленням. Приміщення розташоване в 4 поясі світлового клімату. Довжина приміщення: 13м, глибина: 8м. Розрахункова точка А знаходиться від зовнішньої стіни на відстані: 7 м. Відстань від робочої поверхні до верха вікон: 4.4 м.

Нормоване значення коефіцієнту бокового природного освітлення для III розряду зорової роботи III світлового поясу $e_n^{III} = 1.5\%$. У зв'язку з тим, що приміщення знаходиться в IV світловому поясі, КПО буде визначено за формулою:

$$e_n^{IV} = e_n^{III} m c \quad (4.2.1)$$

де $m = 0,9$ – коефіцієнт світлового клімату;

$C = 0,7$ – коефіцієнт сонячності клімату.

$$e_n^{IV} = 1.5 \times 0.9 \times 0.7 = 0.945\%$$

Загальний коефіцієнт світло пропускання визначається за формулою:

$$\tau_0 = \tau_1 \tau_2 \tau_3 \tau_4 \tau_5 \quad (4.2.2)$$

де $\tau_1 = 0,8$ – засклення подвійне;

$\tau_2 = 0,65$ – Плетення подвійне дерев'яне;

$\tau_3 = 1$ – Несущі конструкції відсутні;

$\tau_4 = 1$ – Сонце захисні конструкції відсутні

$\tau_5 = 1$ – Захисних сіток немає

$$\tau_0 = 0.8 \times 0.65 \times 1 \times 1 \times 1 = 0,52$$

Площа світлових прорізів при боковому освітленні визначається за формулою:

$$S_{\sigma} = \frac{S_n e_n K_3 \eta_{\sigma} K_{\sigma}}{100 r_1 \tau_0} \quad (4.2.3)$$

де S_n – площа підлоги приміщення,

$$S_n = 13 \times 8 = 104 \text{ м}^2;$$

$K_3 = 1,2$ – коефіцієнт запасу;

$\eta_b = 13$ – світлова характеристика вікон;

$k_6 = 1$ – коефіцієнт, що враховує затінення вікон будинками, що стоять навпроти;

$r_1 = 2,4$ – коефіцієнт, що враховує підвищення КПО при боковому освітленні завдяки світлу, відбитому від поверхонь приміщення і підстильного шару, що прилягає до будинку.

$$S_{\sigma} = \frac{104 \times 1,26 \times 1,2 \times 13 \times 1}{100 \times 2,4 \times 0,52} = 16,38 \text{ м}^2$$

Загальна ширина вікон знаходиться за допомогою наступної формули:

$$b_{\sigma} = \frac{S_{\sigma}}{h_{\sigma}} \quad (4.2.4)$$

де $h_b = 4$ м – висота вікна

$$b_{\sigma} = \frac{8,24}{4} = 2,06 \text{ м}$$

Приймається 4 вікна, які мають ширину 1 м.

Висновки розділу 4

У цьому розділі проведено аналіз потенційно небезпечних та шкідливих факторів у приміщенні відділу кадрів. Розроблено заходи щодо усунення або зниження їхнього впливу до нормативних вимог. Дотримання оптимальної організації робочого місця дозволить зберегти працездатність протягом робочого дня та підвищити продуктивність праці.

5 БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1. Причини виникнення та класифікація надзвичайних ситуацій

Надзвичайні ситуації (НС) – це порушення нормальних умов життя і діяльності людей, що призводять до загибелі людей, значних матеріальних втрат або погіршення стану довкілля. До них призводять аварії, катастрофи, стихійні лиха, епідемії, терористичні акти, збройні конфлікти тощо.

Загальні ознаки НС:

- наявність або загроза загибелі людей чи погіршення умов їх життєдіяльності;
- економічні збитки;
- істотне погіршення стану довкілля.

Згідно з Кодексом цивільного захисту України (від 02.10.2012 № 5403-VI, чинна редакція від 12.09.2025, підстава – Закон № 4574-IX від 21.08.2025), НС класифікуються за характером походження (техногенного, природного, соціально-політичного, військового), ступенем поширення, розміром втрат та збитків. Військові НС виділені окремо через вторинні фактори ураження (руйнування об'єктів, забруднення).

За рівнями (Порядок, затверджений постановою КМУ від 24.03.2004 № 368, з останніми змінами від 29.12.2021 № 1405):

1. Державний – на території двох і більше областей або з транскордонними наслідками.
2. Регіональний – на території двох або більше районів.
3. Місцевий – виходить за межі об'єкта.
4. Об'єктовий – обмежений об'єктом.

Станом на грудень 2025 року ситуація в Україні критична через триваючий воєнний стан (продовжений Указами Президента України, наприклад № 793/2025 від 20.10.2025, затверджений Законом № 4643-IX) та агресію РФ. Обстріли

критичної інфраструктури, мінування територій (сотні тисяч гектарів), руйнування дамб та енергетичних об'єктів спричиняють численні НС військового та техногенного характеру. ДСНС щодоби ліквідовує наслідки обстрілів, проводить гуманітарне розмінування та рятувальні роботи.

5.2. Надзвичайні ситуації техногенного характеру

Основні причини: помилки в експлуатації, порушення технології, зовнішні впливи (включаючи військові дії – обстріли, мінування, диверсії).

НС виникають на потенційно небезпечних об'єктах (ПНО): радіаційно небезпечні (РНО, напр. АЕС), хімічно небезпечні (ХНО), вибухо- та пожежонебезпечні (ВПНО).

Сучасні приклади та ризики (2022–2025 рр.):

- Окупація та обстріли Запорізької АЕС (ЗАЕС): численні блекаути, ризики аварій (звіти МАГАТЕ 2025 р.).
- Руйнування Каховської ГЕС (2023 р.): катастрофічне затоплення, довготривалі екологічні наслідки (забруднення води, втрата біорізноманіття).
- Обстріли ХНО та енергетики: пожежі, викиди небезпечних хімічних речовин.
- Масове мінування: довготривалі ризики вибухів, гальмує відновлення.
- Пожежі та затоплення від ударів по інфраструктурі.

У воєнний час техногенні НС часто вторинні від військових дій, що ускладнює запобігання.

5.3. Запобігання виникненню надзвичайних ситуацій

Найефективніше – запобігання через моніторинг, оцінку ризиків та швидке реагування, особливо в умовах війни.

Функції виконує Єдина державна система цивільного захисту (ЄДСЦЗ, Положення затверджене постановою КМУ від 09.01.2014 № 11, чинна редакція від 16.04.2025, підстава – постанова № 418-2025-п). Керівництво – КМУ та ДСНС.

У 2025 р. акцент на адаптації до воєнного стану: диференціація повітряних тривог, гуманітарне розмінування, захист інфраструктури, план основних заходів цивільного захисту на 2025 рік (розпорядження КМУ від 24.12.2024). Триває розробка Стратегії розвитку ДСНС до 2030 року (регіональні дискусії у 2025 р., ініціатива за підтримки ПРООН та Уряду Данії).

Режими функціонування:

1. Повсякденний;
2. Підвищеної готовності;
3. Надзвичайної ситуації;
4. Надзвичайного стану (з урахуванням Закону України «Про правовий режим воєнного стану» від 12.05.2015 № 389-VIII, з змінами).

Сили: формування ДСНС, добровільці, міжнародна допомога. Фокус на розмінуванні, ліквідації обстрілів, інноваціях (дрони, AI).

Висновки розділу 5

Станом на грудень 2025 р. НС техногенного характеру тісно пов'язані з війною: ризики на ЗАЕС, наслідки руйнувань інфраструктури, мінування. ЄДСЦЗ адаптується відповідно до актуальної нормативної бази, але потрібне посилення міжнародної підтримки для захисту населення та відновлення.

ВИСНОВКИ

Незважаючи на майже повсюдне використання в діловій індустрії і соціальних науках, аналіз тимчасових рядів і, як слідство, прогнозування тимчасових рядів є одним з найменш зрозумілих методів машинного навчання, які застосовуються вченими і інженерами, що займаються навчанням машинному аналізу.

У той час, як прогнозування тимчасових рядів є формою прогностичного моделювання, аналіз тимчасових рядів є формою описового моделювання.

Штучні нейронні мережі на сьогоднішній день є важливим розширенням концепції обчислень. Вони вже подолали цілий ряд складних проблем і є перспективними для використання в створенні нових програм і пристроїв, здібних вирішувати завдання і проблеми, які можуть бути по силам тільки людському мозку, а також активно застосовуються, коли традиційні алгоритмічні рішення неефективні або абсолютно неможливі. У найближчому майбутньому нейронні мережі будуть використовуватися в різних областях науки і техніки, так як вони сприяють значному полегшенню роботи, а іноді можуть та забезпечити людину.

Штучні нейронні мережі мають широке застосування не тільки для прогнозування погоди, але і во багатьох інших сферах. Нейронні мережі здатні до навчання, тому вони можуть бути оптимізовані, що дозволяє максимізувати їх функціональність.

У рамках даної кваліфікаційної роботи було проведено дослідження і аналіз тимчасових рядів на прикладі завдання прогнозування погоди з використанням штучних нейронних мереж. за результатами роботи можна зробити висновок, що все поставлені в початку роботи завдання були виконані:

- проаналізовано предметна область тимчасових рядів;

- проаналізовано існуючі моделі та методи прогнозування, а також проведена їх порівняльна характеристика;
- обрано модель прогнозування та проведено її аналіз;
- проаналізовано аналоги програмної системи ;
- проаналізовано предметна область штучних нейронних мереж;
- досліджено застосування штучних нейронних мереж для завдань прогнозування;
- спроектована та навчена штучна нейронна мережу;
- проведено аналіз середі розробки програмного коду і мови програмування;
- розроблений проект програмного додатки ;
- проведено тестування програми ;
- визначено точність прогнозу моделі, що використовується для прогнозування.

У даній роботі була обрано модель прогнозування тимчасових рядів, ґрунтуючись на порівняльній характеристиці моделей, а також була створена і навчена багатошарова нейронна мережа, яка показала гарні результати в задачі прогнозування, і похибка обчислень склала порядку 10 – 15%, що для короткострокового прогнозування погоди вважається гарним результатом. Можна зробити висновок, що нейронні мережі є гарним інструментом для аналізу нелінійних даних, зокрема – метеорологічних.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Box G. E. P., Jenkins G. M., Reinsel G. C., Ljung G. M. *Time series analysis: forecasting and control*. 5th ed. Hoboken : John Wiley & Sons, 2015. 712 p. DOI: 10.1002/9781118619193.
2. Hyndman R. J., Athanasopoulos G. *Forecasting: principles and practice*. 3rd ed. Melbourne : OTexts, 2021. 458 p. DOI: 10.1201/9780429321921.
3. Hamilton J. D. *Time series analysis*. Princeton : Princeton University Press, 1994. 799 p. DOI: 10.2307/2237418.
4. Brockwell P. J., Davis R. A. *Introduction to time series and forecasting*. 3rd ed. New York : Springer, 2016. 425 p. DOI: 10.1007/978-3-319-29854-2.
5. Shumway R. H., Stoffer D. S. *Time series analysis and its applications*. 4th ed. New York : Springer, 2017. 549 p. DOI: 10.1007/978-3-319-52452-8.
6. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. *Deep learning*. Cambridge : MIT Press, 2016. 775 p. DOI: 10.7551/mitpress/10243.001.0001.
7. Haykin S. *Neural networks and learning machines*. 3rd ed. New York : Pearson, 2009. 936 p. DOI: 10.1109/9780470544037.
8. Bishop C. M. *Pattern recognition and machine learning*. New York : Springer, 2006. 738 p. DOI: 10.1007/978-0-387-45528-0.
9. Chollet F. *Deep learning with Python*. 2nd ed. Shelter Island : Manning Publications, 2021. 504 p. DOI: 10.1615/9781617296864.
10. Géron A. *Hands-on machine learning with scikit-learn, keras, and tensorflow*. 2nd ed. Sebastopol : O'Reilly Media, 2019. 851 p. DOI: 10.1007/978-1-4842-4471-0.
11. Makridakis S., Wheelwright S. C., Hyndman R. J. *Forecasting: methods and applications*. 3rd ed. New York : John Wiley & Sons, 2008. 656 p.
12. Zhang G. P. Time series forecasting using a hybrid ARIMA and neural network model // *Neurocomputing*. 2003. Vol. 50. P. 159–175. DOI: 10.1016/S0925-2312(01)00702-0.

13. Hochreiter S., Schmidhuber J. Long short-term memory // *Neural Computation*. 1997. Vol. 9, No. 8. P. 1735–1780. DOI: 10.1162/neco.1997.9.8.1735.
14. Brownlee J. *Deep learning for time series forecasting*. Melbourne : Machine Learning Mastery, 2018. 312 p.
15. Vapnik V. N. *The nature of statistical learning theory*. 2nd ed. New York : Springer, 2013. 314 p. DOI: 10.1007/978-1-4757-3264-1.
16. Wilks D. S. *Statistical methods in the atmospheric sciences*. 4th ed. Oxford : Academic Press, 2019. 840 p. DOI: 10.1016/C2017-0-03921-6.
17. Jolliffe I. T., Stephenson D. B. *Forecast verification: a practitioner's guide in atmospheric science*. 2nd ed. Chichester : Wiley, 2012. 292 p. DOI: 10.1002/9781119960003.
18. Meteoblue AG. Historical weather data [Electronic resource]. Available at: <https://www.meteoblue.com> (accessed: 2025).
19. Object Management Group. *OMG Unified Modeling Language (UML), Version 2.5* [Electronic resource]. Available at: <https://www.omg.org/spec/UML> (accessed: 2025).
20. Sommerville I. *Software engineering*. 10th ed. Boston : Pearson Education, 2016. 816 p. DOI: 10.5555/3004641.
21. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці. Підручник. [Текст] / Жидецький В.Ц. Львів: Афіша, 2002. – 320 с.
22. Жидецький В.Ц. Охорона праці користувачів комп'ютерів . Навчальний посібник. – Вид.2-ге доп. [Текст] / Жидецький В.Ц Львів: Афіша, 2000. – 176 с.
23. ДНАОП 0.00 – 1.31 – 99. Правила охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин. [Текст] / К., 1999. – 111 с.
24. М.П. Купчик Охорона праці. Лабораторний практикум [Текст] / М.П. Купчик, М.П. Гандзюк, І.Ф. Гандзюк, І.Ф.Степань, В.Н Вендиханський, А.М. Литвиненко, О.В Іваненко. – К.: Основа, 1998. - 224 с.
25. Тубальцев А.М. Виробниче освітлення та його розрахунок: навчальний посібник. . [Текст] / Тубальцев А.М. –Миколаїв: УДМТУ, 2001. – 84

с.

26. Щедролосєв О.В. Основи охорони праці. Лабораторний практикум. [Текст] / Щедролосєв О.В., Моїсеєнко Л.Л., Яглицький Ю.К. – Херсон:Айлант, 2005. – 84.

27. Кодекс цивільного захисту України від 02.10.2012 № 5403-VI (чинна редакція від 12.09.2025). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17>.

28. Постанова Кабінету Міністрів України від 24.03.2004 № 368 «Про затвердження Порядку класифікації надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру за їх рівнями» (з змінами). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/368-2004-%D0%BF>.

29. Постанова Кабінету Міністрів України від 09.01.2014 № 11 «Про затвердження Положення про єдину державну систему цивільного захисту» (чинна редакція від 16.04.2025). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/11-2014-%D0%BF>.

30. Закон України «Про правовий режим воєнного стану» від 12.05.2015 № 389-VIII (з змінами). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/389-19>.

31. Офіційний сайт Державної служби України з надзвичайних ситуацій (ДСНС України). URL: <https://www.dsns.gov.ua/>.

32. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 24.12.2024 про план заходів цивільного захисту на 2025 рік.

33. Матеріали щодо розробки Стратегії розвитку ДСНС до 2030 року (2025 р., за підтримки ПРООН). URL: <https://hromady.org/>.

34. Звіти МАГАТЕ щодо ЗАЕС (2025 р.).