

УДК 004.932

DOI <https://doi.org/10.32689/maup.it.2021.2.4>

Микола РУДНІЧЕНКО

кандидат технічних наук, доцент кафедри інформаційних технологій, Державний університет «Одеська Політехніка», просп. Шевченка 1, Одеса, Україна, індекс 65001 (nickolay.rud@gmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7343-8076>

Сергій ГРИШИН

кандидат технічних наук, доцент кафедри інформаційних технологій, Державний університет «Одеська Політехніка», просп. Шевченка 1, Одеса, Україна, індекс 65001 (grishin_si@ukr.net)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1933-9552>

Денис ШИБАЄВ

аспірант кафедри технічної кібернетики та інформаційних технологій, Одеський національний морський університет, вул. Мечникова 34, Одеса, Україна, індекс 65029 (denscreamer@gmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3260-5843>

Ігор ПЕТРОВ

доктор технічних наук, професор кафедри морських перевезень, Національний університет «Одеська морська академія», вул. Дідріхсона 8, Одеса, Україна, індекс 65029 (firmness@list.ru)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8740-6198>

Максим НОСОВ

студент, ПрАТ «ВНЗ «Міжрегіональна Академія управління персоналом», вул. Фрометівська 2, Київ, Україна, індекс 03039 (maxnosovgenie@gmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0213-8322-1311>

Mykola RUDNICHENKO

PhD in Technical Sciences, Associate Professor of Information Technology, Odessa Polytechnic State University, 1 Shevchenko Avenue, Odessa, Ukraine, postal code 65001 (nickolay.rud@gmail.com)

Sergey GRISHIN

PhD in Technical Sciences, Associate Professor of Information Technology, Odessa Polytechnic State University, 1 Shevchenko Avenue, Odessa, Ukraine, postal code 65001 (grishin_si@ukr.net)

Denis SHIBAYEV

Graduate student of the Department of Technical Cybernetics and Information Technologies, Odessa National Maritime University, 34 Mechnikova Street, Odessa, Ukraine, postal code 65029 (denscreamer@gmail.com)

Igor PETROV

Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Maritime Transport, National University "Odessa Maritime Academy", 8 Dirichson Street, Odessa, Ukraine, postal code 65029 (firmness@list.ru)

Maxim NOSOV

Student, Interregional Academy of Personnel Management, 2 Frometivska Street, Kyiv, Ukraine, postal code 03039 (maxnosovgenie@gmail.com)

Бібліографічний опис статті: Рудніченко М., Гришин С., Шibaєв Д., Петров І., Носов М. Проект інформаційної системи для збору, обробки та аналізу метеоданих. *Інформаційні технології та суспільство*. 2021. Вип. 2. С. 34–41. DOI: <https://doi.org/10.32689/maup.it.2021.2.4>

Bibliographic description of the article: Rudnichenko, M., Hryshyn, S., Shybaiev, D., Petrov, I., Nosov, M. (2021). Proekt informatsiinoi systemy dlia zboru, obrobky ta analizu meteodanykh [Project of information system for collection, processing and data analysis]. *Informatsiini tekhnolohii ta suspilstvo – Information technology and society*, 2, 34–41. DOI: <https://doi.org/10.32689/maup.it.2021.2.4>

ПРОЕКТ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ЗБОРУ, ОБРОБКИ ТА АНАЛІЗУ МЕТЕОДАНИХ

Анотація. Завдання точного та оперативного прогнозу погодних умов у різних географічних регіонах держав набуває все більшої актуальності та затребуваності у різних прикладних сферах людської діяльності, зокрема у аграрному, господарському, будівельному, виробничому, торговому та туристичному секторах сучасного бізнесу. **Метою** статті є розробка проекту інформаційної системи для збору, обробки та аналізу метеоданих великого обсягу. Реалізація поставленої мети передбачає вирішення низки **завдань**: 1) визначення та характеристика специфіки побудови метеорологічних прогнозів та обробки статистичних даних; 2) розробка концепції роботи системи та її архітектури; 3) формалізація та проведення тестовою обробки даних для виявлення сильних сторін у створеній інформаційній системі. **Наукова новизна.** У статті розглядається можливість використання низки алгоритмів машинного навчання, зокрема моделей штучних нейронних мереж різних архітектурних типів, для автоматизації процесу вирішення завдання регресії та при роботі з часовими рядами даних. Як **висновок**, у статті наголошується, що розроблена інформаційна система для збору, обробки та аналізу метеоданих великого обсягу реалізує повний цикл функціональних процесів з побудови прогнозів на погодний стан на декілька днів наперед. Суттєвою перевагою запропонованої системи є її веб-орієнтованість, що дозволяє зробити кінцевий програмний продукт кросплатформним, масштабованим і розподіленим програмним рішенням для використання різними типами користувачів для виконання дослідних чи прикладних завдань з обробки метеоданих. Подальшим шляхом розвитку системи може бути додавання підтримки нових типів вихідних даних про досліджувані об'єкти за різними показниками та інтеграція електронних засобів та платформ для безпосереднього отримання даних з джерел (датчиків та сенсорів).

Ключові слова: інформаційні системи, аналіз даних, обробка даних, збір даних, метеодані.

PROJECT OF INFORMATION SYSTEM FOR COLLECTION, PROCESSING AND DATA ANALYSIS

Abstract. The task of accurate and efficient weather forecasting in different geographical regions of the state is becoming increasingly important and in demand in various applied areas of human activity, including the agricultural, economic, construction, manufacturing, trade and tourism sectors of modern business. **The aim** of the article is to develop a project of an information system for the collection, processing and analysis of large-scale meteorological data. Realization of the set purpose provides the decision of a number of problems: 1) definition and the characteristic of specificity of construction of meteorological forecasts and processing of statistical data; 2) development of the concept of system operation and its architecture; 3) formalization and testing of data processing to identify strengths in the created information system. **Scientific novelty.** The article considers the possibility of using a number of machine learning algorithms, in particular models of artificial neural networks of different architectural types, to automate the process of solving the regression problem and when working with time series. In **conclusion**, the article emphasizes that the developed information system for the collection, processing and analysis of large-scale meteorological data implements a full cycle of functional processes for building weather forecasts for several days in advance. A significant advantage of the proposed system is its web orientation, which allows to make the final software product cross-platform, scalable and distributed software solutions for use by different types of users to perform research or application tasks for meteorological data processing. A further way to develop the system may be to add support for new types of source data on the studied objects on various indicators and the integration of electronic tools and platforms for direct data acquisition from sources (sensors and sensors).

Key words: information systems, data analysis, data processing, data collection, meteorological data.

Актуальність проблеми. Інформаційні технології активно використовуються в метеорології і роботі синоптиків, через те, що дозволяють не тільки автоматизувати їх роботу, а також підвищити зручність її виконання і значно підвищити точність результату [1].

Сучасна метеорологія не змогла б розвинути без впровадження в неї інформаційних технологій і особливо суперкомп'ютерів, це пов'язано з тим, що робота синоптиків, зокрема побудова прогнозу погоди, вимагає великих обчислювальних і людських ресурсів. Починаючи від простого побудови прогнозу погоди закінчуючи попередженням про насування погодних катастроф, які могли б привести до великих людських жертв і масштабних руйнувань [2].

Використання обчислювальної техніки і відповідних програм дозволяє вирішувати завдання метеорології з великою точністю, здійснювати розрахунки для великих територій за більш короткий термін. У зв'язку з цим дана галузь вкрай сильно потребує розробки зручних і високопродуктивних програмних засобів. Розвинена метеорологія дозволяє поліпшити важливі аспекти життя людей: збільшує ефективність сільськогосподарської галузі, дозволяє визначати безпечні для життя людей місця, прокладати більш оптимальні транспортні маршрути, мінімізувати наслідки природних катастроф [3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сучасних метеорологів можна розділити по виду діяльності на наступні категорії або наукові напрямки [4]:

- Фізична метеорологія, вивчає розробку радіолокаційних і космічних методів дослідження атмосферних явищ.
- Динамічна метеорологія, вивчає фізичні механізми атмосферних процесів.
- Синоптична метеорологія, наука про закономірності зміни погоди.
- Кліматологія, вивчає клімат як сукупність погодних характеристик за багаторічний період і їх зміну.
- Аерологія, вивчає верхні шари атмосфери для декількох десятків кілометрів від поверхні землі.

Для виконання аналітичної роботи необхідно взаємодіяти злагоджено і задіяти безліч фахівців по всьому світу, які кожні три години збирають інформацію про погоду зі всіх доступних джерел, далі проводять їх обробку і будують кліматичні карти, описують графічним методом поточний погодний стан атмосфери в різних регіонах [5].

Далі за отриманими картами проводиться аналіз, що виявляє необхідну інформацію, наприклад аналіз погодних аномалій для розуміння їх потенціалу до перетворення у природні катастрофи.

Прикладами метеорологічних даних, що збираються для досліджень, є: місце та час коли були зняті метеодані, базова інформація яка потрібна для прив'язки метеоданих на карті, висота хмар від рівня моря, дальність видимості, вид хмар у секторі, напрям та швидкість вітру, температура повітря в час збору даних, точка роси, атмосферний тиск на рівні метеостанції, атмосферний тиск на рівні моря, максимальна та мінімальна температура за добу, погодне явище та кількість опадів [6].

На базі цих метеоданих будуються прогнози погоди та більшості з усіх метеорологічних розрахунків.

Основою для прогнозу погоди є облік періодичних і неперіодичних змін метеорологічних величин і явищ погоди [7].

Періодичні зміни тієї чи іншої метеорологічної величини обумовлюються добовим і річним ходом цієї величини, неперіодичні – еволюцією і переміщенням синоптичних об'єктів: циклонів і антициклонів, повітряних мас і атмосферних фронтів [8].

Синоптичний метод в даний час є основним при розробці довгострокового прогнозу погоди. Його суть полягає у тому, що на підставі аналізу карт погоди за кілька послідовних термінів складається прогноз синоптичного положення, який полягає в прогнозуванні виникнення, переміщення і еволюції повітряних мас, атмосферних фронтів та баричних систем.

Прогностичну карту складають на певний момент часу наступної доби. На підставі даної карти формується прогноз погоди, який є логічним продовженням прогнозу синоптичного положення і виходить з основного принципу: переміщення і еволюція синоптичних об'єктів здійснюють певні зміни та властиві умови погоди [9].

Тому за прогностичні значення метеорологічної величини в першому наближенні приймаються їх значення від району, звідки очікується переміщення синоптичного об'єкту, до району, для якого складається прогноз погоди. При такому великому обсязі роботи та даних необхідних до зберігання дана галузь не може обійтися без використання інформаційних систем (ІС) та технологій.

З кожним днем необхідних метеорологічних розрахунків стає все більше, через те, що все більше галузей виявилися залежні від інформації про стан атмосфери або про її вплив, що обумовлює необхідність в аналізі метеоданих [10]. Для ефективного виконання завдань метеорології сучасні програмні застосування повинні мати наступні властивості: високу швидкодію, гнучкість та зручність використання, достатній рівень точності розрахунків, простий процес налаштування та інтеграції.

Метою статті є розробка проекту інформаційної системи для збору, обробки та аналізу метеоданих.

Виклад основного матеріалу. Початковим етапом при розробці ІС є проектування, метою даного процесу є визначення головних функціональних можливостей програмного забезпечення, його архітектуру, складові, а також компоненти. В більшості випадків проект ІС складається з розробки головних діаграм, які в графічному вигляді дозволяють визначити усі складові. В якості засобу проектування використовується мова UML, яка є спеціалізованою мовою моделювання, яку використовують розробники для графічного представлення програмного забезпечення. Згідно проекту ІС буде мати архітектуру типового веб-застосування, що дозволяє користувачам отримувати усі функціональні можливості без інсталяції. Розроблена діаграма варіантів використання ІС наведена на рис. 1. Основними варіантами використання є:

1. Перегляд знайдених аномалій, користувачу на формі ІС необхідно вибрати пункт «перегляд аномалій». Після переходу на цю сторінку користувач бачить таблицю з усіма знайденими аномаліями в метеоданих, доступними є функції фільтрації, пошуку та сортування.

2. Перегляд зібраних метеоданих, користувачу на формі ІС необхідно вибрати пункт «метеодані».

3. Перегляд розрахованих прогнозів.

4. Перегляд даних в таблицях.

5. Пошук. Дозволяє відшукувати дані в таблицях за будь-яким ключем. Ключем може бути будь-який текст, цифри, символи.

6. Оновлення метеоданих. Після оновлення ІС активує алгоритм пошуку аномалій в даних, далі на вилучених та «чистих» вибірках система робить прогнозування метеоданих на наступні 3 доби, що використовується у якості бази прогнозування погодних явищ. Усі данні які оброблюються на даному етапі записуються в базу даних (БД).

7. Оновлення прогнозу та запуск алгоритму пошуку аномалій.

8. Можливість проведення тестування ефективності навчання штучних нейронних мереж (ШНМ) на сирих та чистих метеоданих. Процес тестування починається з того, що модель для пошуку аномалій оброблює данні, формує два списки, на яких ШНМ проходять навчання для прогнозування метеоданих та погодних явищ, після цього ці моделі проходять тестування на сирих та чистих даних для оцінки їх точності.

ІС можна розділити на два головних компоненти: інтерфейс та контролер для роботи з алгоритмами обробки моделей штучних нейромереж. Діаграма класів компонента інтерфейсу та контролеру, зображено на рис. 2. На діаграмі зображено функціональну залежність компонентів. У зв'язку з тим, що це web-орієнтована ІС, то простір класів розроблюється з точки зору окремих компонентів. На цій діаграмі можна розглянути усі задіяні класи. Класи *DataReader*, *DB* та *DataWriter* необхідні для роботи з БД, зокрема для запису та зчитування даних. Кожен з цих класів є обгорткою над інтегрованими в класами та працює з даними через спеціальний контейнер для більш зручної роботи з ними. Клас *DataReader* тісно пов'язаний з інтерфейсом сторінок, він витягує потрібні данні з БД та передає їх до головного класу контролера *DataManager*. Клас *DataReader* реалізує функціонал фільтрації, пошуку, сортування та зміни сторінок. Клас *DataWriter* реалізує функціонал запису даних в базу. Він бере данні з двох джерел, з компонента обробки та аналізу метеоданих та компонента парсингу даних з зовнішніх джерел. Клас *DB* реалізує базову логіку роботи з БД.

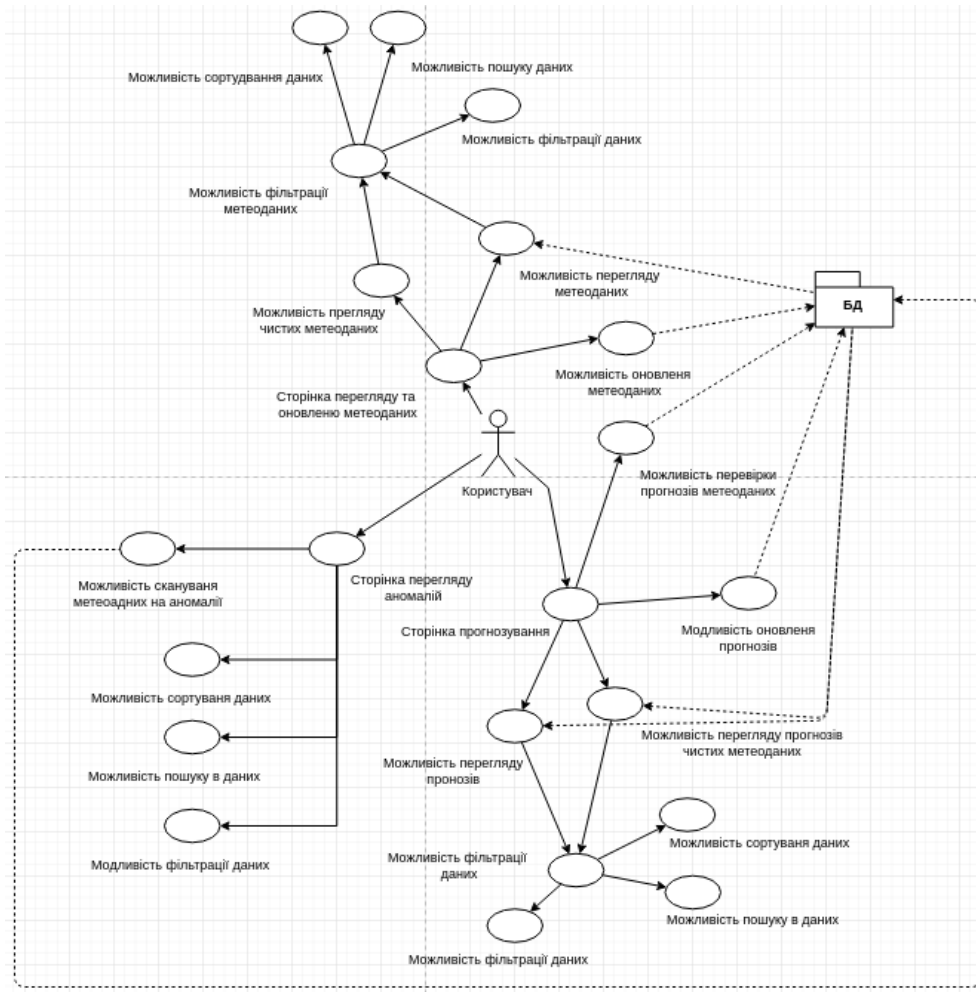


Рис. 1. Діаграма варіантів використання ІС

Підкомпонент для парсингу даних з зовнішніх джерел складається з двох класів DataMiner і Parser, останній реалізує функціонал збору даних з зовнішніх джерел, використовуючи HTTPS запити та бібліотеку BS4 для парсингу. Клас DataMiner використовується для об'єднання усіх вилучених даних в єдиний список для подальшого завантаження в БД.

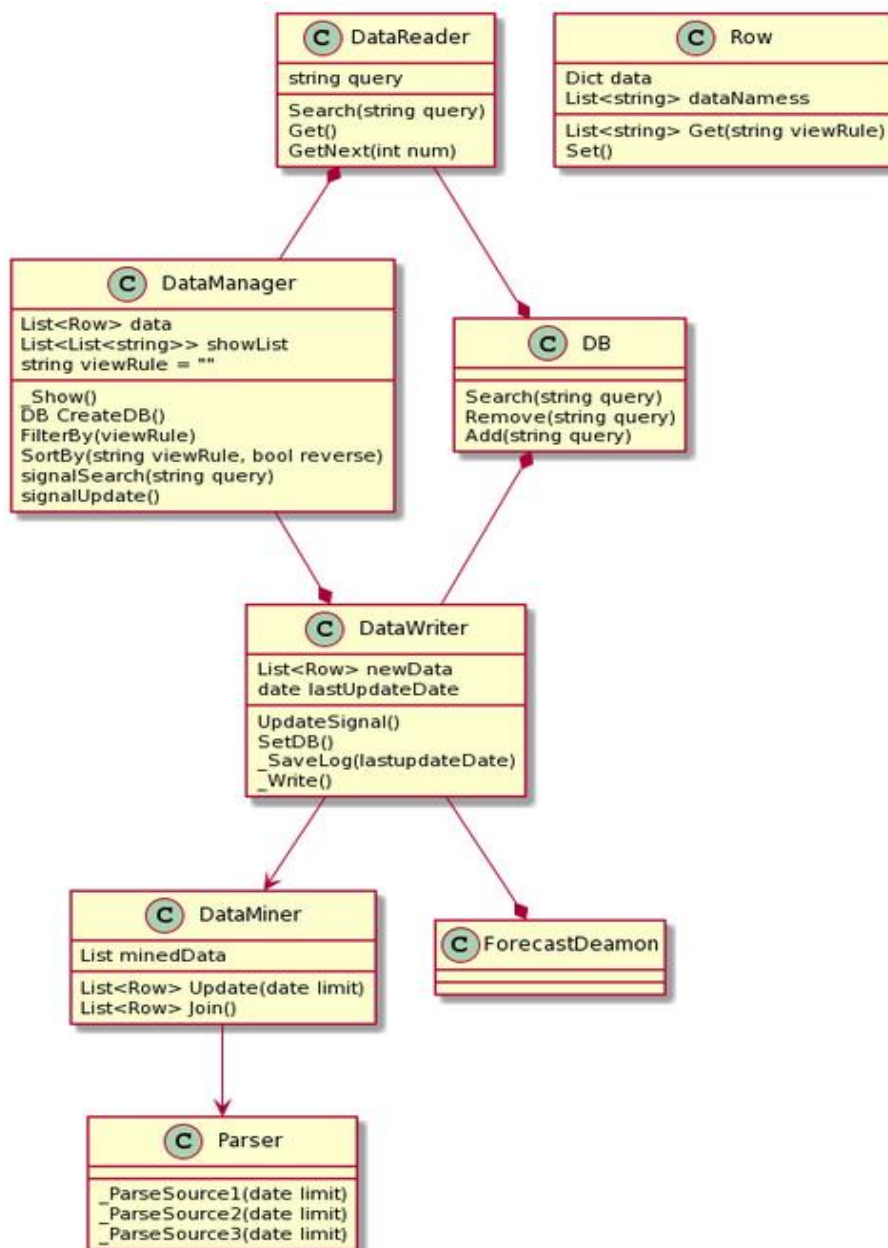


Рис. 2. Діаграма класів ІС

Блок-схема алгоритму обробки отриманих даних і побудови прогнозу на три доби наведена на рис. 3, кожен запис прогнозу містить інформацію про погоду і прогнозоване за цими даними погодні явище, різниця між записами дорівнює 3 годинам. Кроки по блок-схемі наступні:

- читання даних з обох списків;
- підготовка моделі ШНМ під ці дані;
- складання прогнозу метеоданих;
- виконання прогнозу погодного явища моделлю ШНМ;
- аналіз точність роботи всіх моделей та їх оцінка.

Базова сторінка є сторінкою перегляду метеоданих, вона складається з декількох елементів. Перший елемент, необхідний для роботи з системою, це верхня панель переходу між сторінками.

На цій панелі розташовані три кнопки для переходу між сторінками, перегляду метеоданих, перегляду прогнозів і перегляду аномалій шляхом натискання відповідних кнопок.

Кнопка «Оновити дані» запускає основний алгоритм обробки даних, це основна кнопка по роботі з системою.

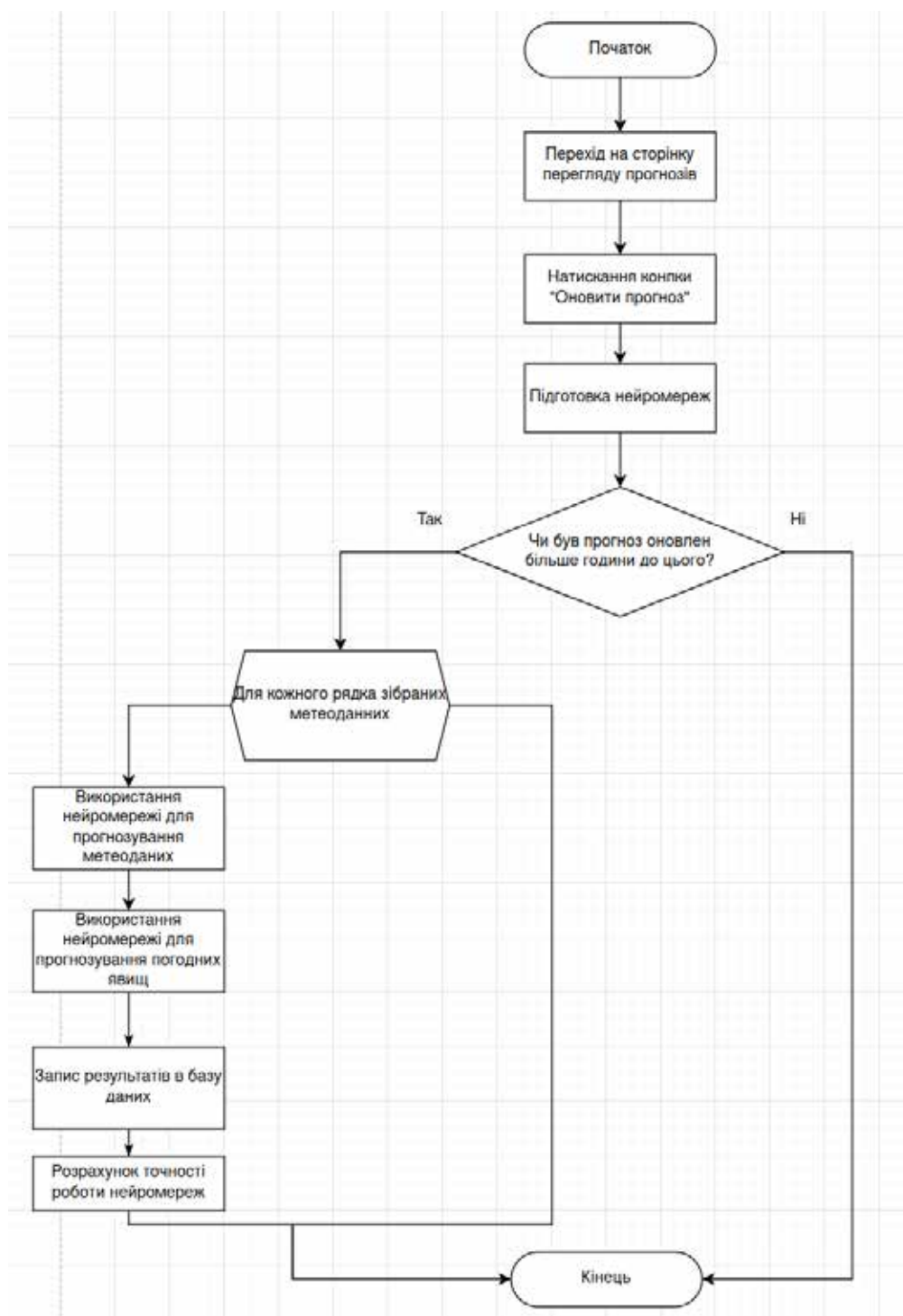


Рис. 3. Блок-схема алгоритму обробки отриманих даних і побудова прогнозу
Структура головної таблиці БД системи наведена на рис. 4.

id	datetime	place	placeName	wind_way	wind_speed	air_pressure	water_pressure	weather	temperature
int	timestamp with time zone	text	varchar(255)	text	double precision	double precision	double precision	text	double precision
1	4064709	2017-11-01 02:00:00+02	33267	Руса Рускан	2	0	760	760 [шт]	3.8821811331818076
2	4064710	2017-11-01 05:00:00+02	33267	Руса Рускан	0	0	760	760 [шт]	3.8821811331818076
3	4064711	2017-11-01 08:00:00+02	33267	Руса Рускан	2	0	760	760 [шт]	3.8821811331818076
4	4064712	2017-11-01 11:00:00+02	33267	Руса Рускан	2	0	760	760 [Морск (ж)]	3.8821811331818076
5	4064713	2017-11-01 14:00:00+02	33267	Руса Рускан	2	0	760	760 [Колониста...]	3.8821811331818076
6	4064714	2017-11-01 17:00:00+02	33267	Руса Рускан	0	0	760	760 [шт]	3.8821811331818076
7	4064715	2017-11-01 20:00:00+02	33267	Руса Рускан	2	0	760	760 [шт]	3.8821811331818076
8	4064716	2017-11-01 23:00:00+02	33267	Руса Рускан	0	0	760	760 [шт]	3.8821811331818076
9	4064717	2017-11-02 02:00:00+02	33267	Руса Рускан	2	0	760	760 [Ливень]	3.8821811331818076
10	4064718	2017-11-02 05:00:00+02	33267	Руса Рускан	0	0	760	760 [Ливень]	3.8821811331818076
11	4064719	2017-11-02 08:00:00+02	33267	Руса Рускан	2	0	760	760 [Колониста...]	3.8821811331818076
12	4064720	2017-11-02 11:00:00+02	33267	Руса Рускан	0	0	760	760 [шт]	3.8821811331818076
13	4064721	2017-11-02 14:00:00+02	33267	Руса Рускан	2	0	760	760 [шт]	3.8821811331818076
14	4064722	2017-11-02 17:00:00+02	33267	Руса Рускан	0	0	760	760 [Ливень]	3.8821811331818076
15	4064723	2017-11-02 20:00:00+02	33267	Руса Рускан	2	0	760	760 [Ливень]	3.8821811331818076
16	4064724	2017-11-02 23:00:00+02	33267	Руса Рускан	0	0	760	760 [Ливень]	3.8821811331818076
17	4064725	2017-11-03 02:00:00+02	33267	Руса Рускан	2	0	760	760 [Ливень]	3.8821811331818076

Рис. 4. Структура таблиці БД по зібраних метеоданих

Форма додання нового запису метеоданих включає в себе наступні поля:

- Id, поле цілочисельного типу, зберігає унікальний номер запису;
- Datetime, зберігає дату та час виконання запису;
- Place, зберігає назву регіону в якому був зроблений запис;
- placeNumber, зберігає номер регіону, в якому був зроблений запис;
- temperature, зберігає значення температури, що була зафіксована в момент запису;
- wind_way, зберігає напрямок вітру;
- wind_speed, зберігає значення швидкості вітру;
- air_pressure, зберігає значення атмосферного тиску;
- water_pressure, зберігає значення атмосферного тиску на рівні моря.

Концепція роботи системи є наступною. Першим етапом ІС завантажує інформацію про погоду, в разі якщо дані частково були завантажені раніше то система оновить їх, вибравши тільки ті, що з'явилися з дати останнього запису.

Далі дані передаються на обробку моделі ШНМ з пошуку аномалій, яка записує їх в два списки, «чистий» (в якому знаходяться всі записи, які пройшли перевірку) і «сирий» (в нього входять всі отримані дані про погоду), а усі знайдені аномалії заносяться в окрему таблицю в БД.

Наступним етапом є підготовка моделі ШНМ для прогнозування, після чого обидві пари проходять свої списки і будують прогноз метеоданих і погодних явищ. В процесі обробки даних система збирає статистику алгоритмів прогнозування для подальшого порівняння ефективності моделей.

По завершенні цього процесу відбувається запис розрахованих прогнозів до БД, прогноз пари, яка робила розрахунок на чистих даних, записується в список чистого прогнозу.

Прогноз другої пари записується у повний список прогнозів. Після завершення процесів обробки даних користувач переходить на відповідну сторінку, де зображена стовпчаста діаграма з коефіцієнтами оцінки точності алгоритмів, виводиться кількість отриманих записів і число знайдених в них аномалій, а також загальні витрати часу на процеси обчислень.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Розроблена інформаційна система для метеорологічних центрів дозволяє робити автоматичний короткостроковий прогноз погоди та проводити аналіз метеоданих завдяки інструментам створення графіків. Головна перевага даної системи в тому, що вона дозволяє задіяти та оцінити різні алгоритми прогнозування і пошуку аномалій, зокрема різних моделей ШНМ. Подальшим шляхом розвитку системи є підвищення якості прогнозування та збільшення підтримуваних обсягів даних для обробки.

Список використаних джерел:

1. Бондар О.І. Вступ до кліматології і метеорології: екологічні аспекти. Херсон : Олді-плюс, 2011. 220 с.
2. Братков В.В., Воронин А.П. Метеорологія і кліматологія. М. : МИИГАиК, 2015. 209 с.
3. Гринченко Н.Н., Потапова В.Ю., Тарасов А.С. Алгоритми прогнозування погодних умов в системах збору і обробки метеорологічних даних. *Известия Тульського державного університету. Технічні науки.* 2018. № 2. С. 113–119.
4. Костров Б.В., Гринченко Н.Н., Потапова В.Ю., Тарасов А.С. Разработка сетевой версии системы сбора метеоданных для прогнозирования ночных заморозков. *Известия Тульського державного університету. Технічні науки.* 2017. № 2. С. 89–95.
5. Глаголев В.А. Разработка информационной системы оценки и прогнозирования пожарной опасности растительной территории по метеорологическим условиям. *Современные научные исследования и инновации.* 2014. № 4. С. 56–67.

6. Алексеев Г.В. Метеорологические и геофизические исследования. М. : Paulsen, 2011. 352 с.
7. Арсенюк С.Ю. Метеорология и климатология. Алчевск : ДонГТУ, 2005. 162 с.
8. Барашкова Н.К., Кижнер Л.И., Кузевская И.В. Атмосферные процессы: динамика, численный анализ, моделирование. Томск : Томский государственный университет, 2012. 312 с.
9. Богаткин О.Г., Тараканов Г.Г., Основы метеорологии. СПб. : РГГМУ, 2006. 232 с.
10. Боголюбова Е.В., Сулейменова Г.Т. Основы динамической метеорологии. Алматы : Қазақ университеті, 2017. 174 с.

References:

1. Bondar, O.I. (2011). *Vstup do klimatologii i meteorologii: ekologichni aspekti [Introduction to climatology and meteorology: environmental aspects]*. Herson: Oldi-pljus [In Ukrainian].
2. Bratkov, V.V., Voronin, A.P. (2015). *Meteorologija i klimatologija [Meteorology and climatology]*. M: MIIGAIK [In Russian].
3. Grinchenko, N.N., Potapova, V.Ju., Tarasov, A.S. (2018). Algoritmy prognozirovanija pogodnyh uslovij v sistemah sbora i obrabotki meteorologicheskikh dannyh [Algorithms for forecasting weather conditions in systems for collecting and processing meteorological data]. *Izvestija Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tehnicheskie nauki – Proceedings of Tula State University. Technical sciences*, no. 2, pp. 113–119 [In Russian].
4. Kostrov, B.V., Grinchenko, N.N., Potapova, V.Ju., Tarasov, A.S. (2017). Razrabotka setevoj versii sistemy sbora meteoannyh dlja prognozirovanija nochnyh zamorozkov [Development of a network version of the meteorological data collection system for forecasting night frosts]. *Izvestija Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tehnicheskie nauki – Proceedings of Tula State University. Technical sciences*, no. 2, pp. 89–95 [In Russian].
5. Glagolev, V.A. (2014). Razrabotka informacionnoj sistemy ocenki i prognozirovanija pozharnoj opasnosti rastitel'noj territorii po meteorologicheskim uslovijam [Development of an information system for assessing and forecasting the fire hazard of the vegetation area according to meteorological conditions]. *Sovremennye nauchnye issledovanija i innovacii – Modern scientific researches and innovations*, no. 4, pp. 56–67 [In Russian].
6. Alekseev, G.V. (2011). *Meteorologicheskie i geofizicheskie issledovanija [Meteorological and geophysical research]*. M.:Paulsen [In Russian].
7. Arsenjuk, S.Ju. (2005). *Meteorologija i klimatologija [Meteorology and climatology]*. Alchevsk: DonGTU [In Russian].
8. Barashkova, N.K., Kizhner, L.I., Kuzhevskaja, I.V. (2012). *Atmosfernye processy: dinamika, chislennyj analiz, modelirovanie [Atmospheric processes: dynamics, numerical analysis, modeling]*. Tomsk: Tomskij gosudarstvennyj universitet [In Russian].
9. Bogatkin, O.G., Tarakanov, G.G. (2006). *Osnovy meteorologii [Meteorology and climatology]*. SPb.: RGGMU [In Russian].
10. Bogoljubova, E.V., Sulejmenova, G.T. (2017). *Osnovy dinamicheskoj meteorologii [Auleymenova GT Fundamentals of dynamic meteorology]*. Almaty: Kazakh University [In Russian].