

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інформаційних технологій, обліку та фінансів
Кафедра комп'ютерних технологій
і моделювання систем

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

Колесник Вадим Валентинович

УДК 004:551.507/.524

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

МОДЕЛЬ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В УРБАНІСТИЧНОМУ ПЛАНУВАННІ

122 «Комп'ютерні науки»

Подається на здобуття освітнього ступеня бакалавр

кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей,
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

(підпис, ініціали та прізвище здобувача вищої освіти)

Керівник роботи
Молодецька Катерина Валеріївна
доктор технічних наук, професор

Висновок кафедри _____

за результатами попереднього захисту: _____

Протокол засідання кафедри _____

№ _____ від « _____ » _____ 20 _____ р.

Завідувач кафедри _____

(науковий ступінь, вчене звання)
« _____ » _____ 20 _____ р.

(підпис)

(прізвище, ім'я, по батькові)

Результати захисту кваліфікаційної роботи

Здобувач вищої освіти _____ захистив (ла)

(прізвище, ім'я, по батькові)

кваліфікаційну роботу з оцінкою:

сума балів за 100-бальною шкалою _____

за шкалою ECTS _____

за національною шкалою _____

Секретар ЕК

(науковий ступінь, вчене звання)

(підпис)

(прізвище, ім'я, по батькові)

АНОТАЦІЯ

Колесник В.В. Модель системи підтримки прийняття рішень в урбаністичному плануванні. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавра за спеціальністю 122 – комп'ютерні науки. – Поліський національний університет, Житомир, 2023.

Кваліфікаційна робота присвячена моделі системи підтримки прийняття рішень в урбаністичному плануванні. Для досягнення мети роботи у теоретичній частині проведено дослідження предметної області, особливості задач урбаністичного планування, підходи до інформатизації процесу планування. Описано архітектуру моделі системи підтримки прийняття рішень, розроблено математичні алгоритми для обчислення показників температури поверхонь у місті. У практичній частині проведено експериментальне дослідження моделі на основні емпіричних даних. Отримано результати роботи системи. Наведено рекомендації, щодо впровадження системи та її використання.

Ключові слова: система підтримки прийняття рішень, СППР, супутник, метеостанція, температура, температура поверхні, математичний алгоритм, модель підтримки прийняття рішень, урбаністика, урбаністичне планування.

SUMMARY

Kolesnyk V.V. Model of a decision support system in urban planning – Qualification work on manuscript rights.

Qualification work for obtaining a bachelor's degree in specialty 122 – Computer science. – Polissya National University, Zhytomyr, 2023.

The qualification work is devoted to the model of a decision support system in urban planning. To achieve the aim of the work, the theoretical part of the paper includes a study of the subject area, the peculiarities of urban planning tasks, and approaches to informatization of the planning process. The architecture of the decision support system model is described, and mathematical algorithms for calculating the temperature of surfaces in the city are developed. In the practice part, an experimental study of the model based on the main empirical data is carried out. The results of the system are obtained. Recommendations for the implementation of the system and its use are given.

Key words: decision support system, DSS, satellite, weather station, temperature, surface temperature, mathematical algorithm, decision support model, urban planning, urban planning.

ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інформаційних технологій, обліку та фінансів
Кафедра комп'ютерних технологій і моделювання систем
Спеціальність 122 «Комп'ютерні науки»

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Завідувач кафедри комп'ютерних
технологій і моделювання систем

_____ О. М. Николюк

“ ___ ” _____ 2023

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Колесник Вадим Валентинович

1. Тема кваліфікаційної роботи: «Модель системи підтримки прийняття рішень в урбаністичному плануванні»».

затверджена наказом № 1196/ст від «04» жовтня 2022 р.

2. Термін подання роботи: 12.06.2023.

3. Предмет дослідження – методи, математичні алгоритми обчислення температури поверхні у місті, модель системи підтримки прийняття рішень в урбаністичному плануванні.

4. Об'єкт дослідження: процес застосування методів, математичних алгоритмів обчислення температури поверхні у місті, створення та перевірка роботи моделі системи підтримки прийняття рішень в урбаністичному плануванні.

5. Методи дослідження: методи моделювання, методи аналізу, методи порівняння, методи комп'ютерного моделювання.

6. Інформаційна база дослідження: вітчизняні та зарубіжні навчально-наукові видання, інформаційні і довідникові видання, бібліографічні ресурси, інформаційні ресурси.

7. Зміст роботи: аналіз інформаційних потреб процесу прийняття рішень в урбаністичному плануванні, розроблення моделі системи підтримки прийняття рішень в урбаністичному плануванні, моделювання прийняття рішень.

8. Перелік графічного матеріалу: 2 табл., 5 рис., 2 дод., 21 джерел.

9. Дата видачі завдання: 10.10.2022.

Керівник роботи

науковий ступінь, вчене звання _____ д.т.н., проф. К. В. Молодецька

Завдання прийняв

до виконання _____ В. В. Колесник

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН РОБОТИ

№ п/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання	Примітка
1.	Вибір теми кваліфікаційної роботи	09.10.2022	виконано
2.	Розробка завдання та плану кваліфікаційної роботи. Погодження з науковим керівником	15.10.2022	виконано
3.	Написання розділу 1	10.12.2022	виконано
4.	Написання розділу 2	01.02.2023	виконано
5.	Написання розділу 3	05.03.2023	виконано
6.	Підготовка тез для участі в конференції	21.04.2023	виконано
7.	Підготовка матеріалів до друку	15.05.2023	виконано
8.	Підготовка доповіді та презентації до захисту кваліфікаційної роботи	01.06.2023	виконано

Здобувач вищої освіти _____

В. В. Колесник

Керівник роботи

науковий ступінь, вчене звання _____ д.т.н., проф. К. В. Молодецька

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	8
ВСТУП.....	9
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ІНФОРМАЦІЙНИХ ПОТРЕБ ПРОЦЕСУ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В УРБАНІСТИЧНОМУ ПЛАНУВАННІ	11
1.1 Особливості задач урбаністичного планування	11
1.2 Підходи до інформатизації процесу планування.....	13
Висновки до першого розділу	15
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБЛЕННЯ МОДЕЛІ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В УРБАНІСТИЧНОМУ ПЛАНУВАННІ	16
2.1 Архітектура моделі системи підтримки прийняття рішень в урбаністичному плануванні	16
2.2 Модель прийняття рішень	19
Висновки до другого розділу	24
РОЗДІЛ 3. МОДЕЛЮВАННЯ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ	25
3.1 Експериментальне дослідження моделі	25
3.2 Практичні рекомендації щодо впровадження системи	26
Висновки до третього розділу	27
ВИСНОВКИ	28
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	29
ДОДАТКИ	31

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

БД – база даних;

ГІС – геоінформаційна система;

СППР – система підтримки прийняття рішень;

ДЗЗ – дистанційне зондування Землі;

ПК – персональний комп'ютер.

ВСТУП

Останні роки зростає позитивна тенденція використання урбаністичного планування під час будівництва у великих міста. Головна задача урбаністів полягає у створенні комфортних умов для мешканців міст. До цього відноситься велика кількість способів, як то продумування планів міст, налаштування логістики соціального транспорту, реновація закинутих будівель, створення планів зелених паркових зон та скверів, максимальне використання даного вільного простору у будівлях. Прикладом перетворення вільного простору, який забудовники не планували використовувати є сади на дахах багатоповерхівок.

З ростом чисельності населення все більше людей переїжджає до великих міст по різним причинам, деякі з них це: кращі умови праці, вищі зарплати, більше можливостей для самореалізації тощо [1]. Цей процес триває вже не один десяток років, як результат міста в Україні та всьому світі все більше розростаються. Це спричинює щільнішу забудову, іноді недотримання використання якісних матеріалів, нерівномірне відношення житлових масивів, доріг, магазинів тощо, до зелених зон. Як результат можна помітити уже зараз виникнення аномальних температурних зон «острівців тепла» у різних частинах міста. Причини їх виникнення можуть бути різні, проте результат один – температура на 40% і більше вища, ніж середня по місту [2]. Високі температури доволі часто можуть стати причинами дискомфорту, виникненню, або погіршенню захворювань у мешканців. З іншого боку можна спостерігати місця, в яких температурні показники зтримаються нижче середніх по місту. Це може бути за рахунок великої кількості зелених насаджень, соціально-культурних об'єктів (фонтани), різного роду накриттів [5].

Отже, актуальність теми кваліфікаційної роботи полягає у тому, що виникає потреба у локалізації зон з аномальними температурами, їх моніторингу та можливими рішеннями, щодо зниження високих показників температури поверхні, з метою покращення життя мешканців міст під час використання урбаністичного планування.

Метою кваліфікаційної роботи є підвищення ефективності міського планування шляхом дослідження зон температурних аномалій на основі даних ДЗЗ та метеостанцій.

Предметом дослідження – модель системи підтримки прийняття рішень в урбаністичному плануванні.

Об'єктом дослідження – є процес розробки та перевірки роботи системи підтримки прийняття рішень в урбаністичному плануванні.

За темою кваліфікаційної роботи було опубліковано наукові публікації:

- Колесник В.В. Перспективи застосування інформаційної системи прийняття рішень в урбаністичному плануванні : Студентські наукові читання – 2022 : зб. тез доповідей науково-практичної конференції «Студентські наукові читання – 2022» за результатами I туру Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт на факультеті інформаційних технологій, обліку та фінансів. Житомир : Поліський національний університет, 2022. 140 с.

- Колесник В.В. Алгоритм обчислення температури поверхні міста для прийняття рішень в урбаністичному плануванні: Інформаційні технології та моделювання систем : збірник праць учасників Всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти і молодих вчених, 30 березня 2023 р. Житомир : Поліський національний університет, 2023. 140 с.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ІНФОРМАЦІЙНИХ ПОТРЕБ ПРОЦЕСУ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В УРБАНІСТИЧНОМУ ПЛАНУВАННІ

1.1 Особливості задач урбаністичного планування

Забезпечення ефективного та сталого розвитку міст, з урахуванням потреб населення є основною метою урбаністичного планування. Одним з найважливіших завдань урбаністичного планування є створення правильних планів розташування будівель, доріг та інфраструктури, соціальних об'єктів, організацій надання послуг тощо [6]. Це означає, що містобудівники повинні дбати про захист природного середовища та зменшення впливу міст на довкілля. Урбаністи повинні організовувати територію, беручи до уваги багато факторів, такі як щільність населення, доступ до транспортних мереж, логістику, висадження зелених зон відстань до робочих міст і необхідних послуг, технічні та екологічні обмеження. Планування зелених зон, підвищення енергоефективності будівель і транспорту, зменшення кількості відходів та пошук способів зменшення забруднення повітря та води – є основними із задач, які виконують урбаністи.

Аналіз демографічних та економічних тенденцій, поточних трендів та прогнозування стратегії розвитку міст, які відповідають потребам різних груп населення постає задачею перед сучасними спеціалістами з урбаністичного планування. Останні роки, важливим фактором стала температура у містах. Урбаністичне планування може впливати на температуру в місті через кілька механізмів. Зокрема, планування міста може впливати на теплові ефекти в міському середовищі, забезпечуючи належне розташування зелених зон та забудови [8]. Дерев та інші рослини можуть знизити температуру за рахунок процесу евапотранспірації, при якому вода випаровується з листя рослин і поглинає тепло. Вони також можуть зменшити тепловий вплив сонячної радіації на міські поверхні, забезпечуючи тінь.

Планування будівель впливає на міську температуру. Наприклад, будівлі з великою кількістю вікон і застелених поверхонь можуть посилювати нагрівання міського середовища через свій ізолюючий ефект. Такі будівлі можуть погіршувати

міський мікроклімат, зокрема, підвищуючи температуру міської поверхні. Для визначення потенційного впливу майбутніх будівель, зелених зон, доріг, відкритих просторів міста недостатньо обирати правильні, нетоксичні, з достатньою теплопровідністю матеріали. Потрібно аналізувати уже існуючі міські рішення та приклади, опираючись на які, робити висновки щодо доцільності проведення будівельних робіт, перевірки правильності планів інфраструктури, аналізу впливу забудови на оточуюче середовище і навпаки.

Аналіз останніх даних показує, що велика площа паркових зон, зменшення кількості зелених насаджень і щільна забудова призвели до підвищення середніх температур по всьому місту [9]. Урбаністика використовується для вирішення цих проблем з метою створення міст, де люди можуть комфортно жити. Вона враховує широкий спектр факторів і передбачає як модернізацію, реконструкцію та перепланування існуючих міст і секторів, так і нове будівництво з нуля. Особливе значення має вплив зовнішнього середовища на місто і відповідне створення комфортних умов для пересування транспортних засобів, пішоходів і велосипедистів.

У цьому контексті особливого значення набуває питання ефективного моніторингу зміни клімату і, зокрема, температурних екстремумів у містах. В рамках вирішення цієї проблеми все більшої актуальності набуває наукова задача розробки інформаційних систем і технологій для такого моніторингу та використання накопичених даних для прийняття ефективних рішень в міському плануванні [1].

Станом на початок 2023 року, в Україні не існує інформаційної системи, головною метою якої був б збір, аналіз та відображення температури поверхні у місті. Найближчими конкурентами можна назвати сайти з прогнозами погоди. Вони дають основний набір даних, такі як температура повітря в місті упродовж дня, вологість, атмосферний тиск, швидкість та напрямок вітру тощо. Також вони мають можливість прогнозування цих даних на декілька днів, найчастіше у межах двох тижнів.

Також існують муніципальні сайти міст. Вони мають роль архіву різних даних, які стосуються міста, в тому числі і температури. Проте там записана температура повітря, а не поверхонь, тому постає питання розроблення такої системи, яка могла б виконувати саме функцію збору, аналізу та відображення температури поверхні міста.

1.2 Підходи до інформатизації процесу планування

Для того, щоб почати процес урбаністичного планування потрібно провести інформатизацію потрібних даних для конкретної задачі. Інформатизація може відбуватися по-різному і містити в собі різні підходи. Доволі часто урбаністи об'єднують декілька варіантів, з метою забезпечення кращого результату.

Геоінформаційні системи (ГІС) можна використовувати для надання різноманітної інформації про міські території, визначення зон міського розвитку, аналізу просторових зв'язків між різними об'єктами та оцінки впливу будь-яких змін на міське середовище. і можуть бути використані при плануванні широкого спектру проектів, таких як організація спортивних майданчиків та периферійних зон [9].

Використання алгоритмів машинного навчання. Розвиток технологій штучного інтелекту створює можливості для опрацювання великої кількості даних у найкоротший час. Алгоритми машинного навчання можна використовувати для побудови моделей для прогнозування змін у міському середовищі та розуміння того, як ці зміни вплинуть на різні аспекти міського життя. Наприклад, алгоритми машинного навчання можуть допомогти визначити найкращі місця для будівництва нових об'єктів інфраструктури та гарантувати, що вони матимуть найкращий вплив на міське середовище, або локалізувати зони з найнижчими та найвищими показниками температури у місті [10].

Інтерактивні картографічні інструменти. Інтерактивні картографічні інструменти дозволяють користувачам взаємодіяти з картами міст і візуалізувати дані про міське середовище. Ці інструменти можна використовувати для відображення структури міста, візуалізації різних елементів міського середовища,

аналізу щільності населення, вивід даних температури у місті, густота зелених насаджень та інших аспектів, важливих для міського планування. Додаткова перевага цих інструментів у тому, що вони дозволяють донести інформацію до користувачів, у максимально швидкий, візуальний, спосіб.

Big Data аналітика. Використання аналізу Big Data дозволяє збирати та аналізувати великі обсяги даних з різних джерел. Ця інформація може бути використана для розробки стратегій планування, які враховують вплив різних факторів на міське середовище, зменшення відходів та підвищення ефективності міської інфраструктури. Даний підхід потребує фахівців не тільки у сфері урбаністики, а ще й у роботі з Big Data. Цей метод, у випадку з визначенням температури, дозволяє будувати ретроспективу показників та надає можливість їх прогнозування. Це корисно у випадку знаходження зон міста, де на протязі тижнів, місяців, або ж років зберігається аномально висока температура, ніж у інших зонах міста [21].

Створення систем підтримки прийняття рішень. У системах може використовуватися різного роду алгоритми, які аналізують дані, передані їм та видають відповідний результат користувачу [16]. Результати роботи даних систем націлені на спеціалістів, щоб допомогти їм у прийнятті відповідних рішень. Часто дані системи будуються з використанням багатьох, раніше описаних, підходів, з метою побудови комплексного рішення для поставленої задачі.

Інформатизація процесу урбаністичного планування є важливим кроком у напрямку створення сталого та ефективного міського розвитку. Всі згадані підходи, що лежать в основі процесу міського планування, можуть забезпечити цілісну картину міського середовища, уможливіючи розробку стратегій і планів, які забезпечують належний розвиток міст і пом'якшують вплив на навколишнє середовище. Застосування цих підходів може зробити міста більш конкурентоспроможними та привабливими для мешканців і бізнесу, водночас забезпечуючи сталий розвиток та збереження природних ресурсів. Таким чином є можливість та підстави для розробки та впровадження моделі системи підтримки прийняття рішень в урбаністичному плануванні.

Висновки до першого розділу

Урбаністичне планування потребує роботи багатьох фахівців та великого обсягу даних, як результат створюється об'єктивна потреба у розробці спеціалізованих систем підтримки прийняття рішень, які будуть, в основному, виконувати роботу збору та аналізу великої кількості даних. На основі зібраних даних, СППР буде надавати урбаністам рішення, щодо наявних проблем та уникнення таких у майбутньому. Описано основні проблеми та завдання, які вирішують урбаністи. Наведено потенційні підходи, щодо інформатизації процесів планування. Описано, чому варто розробляти систему підтримки прийняття рішень в урбаністичному плануванні.

РОЗДІЛ 2. РОЗРОБЛЕННЯ МОДЕЛІ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В УРБАНІСТИЧНОМУ ПЛАНУВАННІ

2.1 Архітектура моделі системи підтримки прийняття рішень в урбаністичному плануванні

Урбаністичне планування є складним, ресурсозатратним процесом, який вимагає враховувати велику кількість факторів. Умовно архітектуру розроблюваної моделі системи підтримки прийняття рішень в урбаністичному середовищі, основною метою, якої буде визначення температури поверхні у місті можна розкласти на три рівні.

Перший рівень – це створення відповідних модулів, бази даних, концептів інтерфейсу користувача. Одним з основних компонентів більшості СППР є база даних [16,20]. У ній зберігатимуться дані щодо температурних показників у місті, по днях, місяцях та роках, задля подальшої побудови ретроспективи та трендів, географічні координати показників та дані конвертованих знімків супутника. Для повноцінної роботи такої системи потрібно створити певні модулі та обчислювальні алгоритми, які б виконували розрахунок та уточнення показників температури поверхні міста. Схематично роботу СППР можна відобразити у вигляді UML-діаграми послідовності (Рис. 1).

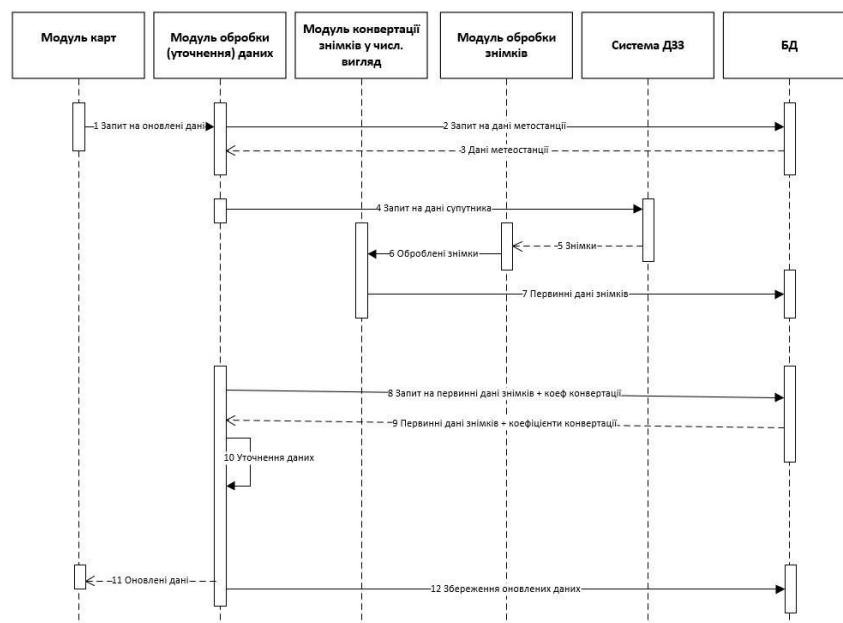


Рис. 1 – UML-діаграма послідовності

На рис. 1 перелічені основні 4 модуля, за допомогою яких буде виконуватися весь функціонал СППР, а саме:

1) Модуль карт – це інтерактивна мапа міста, на якій відображаються показники температури по всьому місту. Показники візуально відрізняються по кольорах від зеленого до червоного, тобто від найнижчого до найвищого відповідно.

2) Модуль обробки(уточнення) даних – даний модуль працює на основі математичних алгоритмів, які націлені на аналіз переданих даних та перетворенню великого масиву даних по одній точці у місті в єдиний показник температури поверхні в цій точці.

3) Модуль конвертації знімків у числовий вигляд – модуль отримує супутникові знімки, конвертує їх у числовий вигляд із збереженням координат показників, часу та дня знімку.

4) Модуль знімків – основна мета даного модуля в отриманні знімків супутника та подальшій передачі їх.

Другий рівень – це методи взаємодії користувачів із системою, тобто збір даних, проведення аналізу та отримання результатів. Адміністратор відсилає запити на дані метеостанції та супутника. Отримавши їх, проводить відповідні аналізу, використовуючи модулі системи, та виводить результат роботи. Після цього адміністратор виводить дані показників температури поверхні міста у вигляді інформаційної мапи.

Третій рівень – рівень підтримки прийняття рішень. Використовуючи результати системи, урбаністи можуть аналізувати різні варіанти розвитку міста, знаходження аномальних температурних зон.

СППР для нормального функціонування потребує бази даних для збереження інформації, щодо показників температури поверхні міста. Інфологічна модель БД виглядатиме наступним чином (Рис. 2).



Рис. 2 – Схема бази даних системи

База даних ІС складається із 4-х масивів, а саме:

- 1) Satellite – дані отримані з супутника(інфрачервоні знімки поверхні Землі);
- 2) WeatherStation – дані, отримані з метеостанції;
- 3) ConvertedSateliteData – конвертовані фотознімки супутника у числові дані;
- 4) Temperature_Data – результати роботи системи. Обчислені показники температури поверхні міста.

Детальний опис масивів наведено у Додаток Б.

Масив «Satelite» (Додаток Б, табл Б.1) зберігає інфрачервоні знімки поверхні. Далі обчислення здійснюються в спеціальному модулі. У базі даних зберігатимуться лише обраховані дані від цього модуля. Для збереження оброблених даних фотознімків супутника використовується масив «ConvertedSateliteData» (Додаток Б, табл Б.2).

Масив з конвертованими даними супутника є одним з двох головних масивів, які потрібні для проведення розрахунків і отримання числових даних показників температури поверхні міста. Другим масивом є масив метеостанції «WeatherStation» (Додаток Б, табл Б.3).

Даний масив використовується для зберігання даних метеостанції. Дані з нього передаються користувачем у модуль для обчислення температури поверхні, попередньо поєднавши їх з отриманими конвертованими даними супутника. Масив зберігає початкові дані температури метеостанції, з метою проведення початкових розрахунків та перерахунків, у випадку виникнення помилки. Збереження розрахованих даних відбувається у масиві `Temperature_Data` (Додаток Б, табл Б.4).

2.2 Модель прийняття рішень

Система базується на двох джерелах отримання інформації – це супутник та метеостанція. Для повноцінної роботи алгоритмів обчислення показників поверхні міста, на основі яких будуть виводитися певні пропозиції, щодо підтримки прийняття рішень, потрібно передати у обчислювальний модуль наступні показники:

- 1) Отримані з метеостанції:
 - a. Температуру повітря у місті, °C;
 - b. Атмосферний тиск, мм;
 - c. Вологість, %;
 - d. Вітер, м/с;
 - e. Висота над рівнем моря, м.
- 2) Отримані від супутника:
 - a. Конвертовані показники температури поверхні, °C;
 - b. Дата, час та координати показників.

Отримані дані від супутника та метеостанції, користувач імпортує у спеціальний модуль, головна мета якого – розрахунок показника температури поверхні. Загальний принцип роботи з модулем обчислень наведено на Рис. 3.

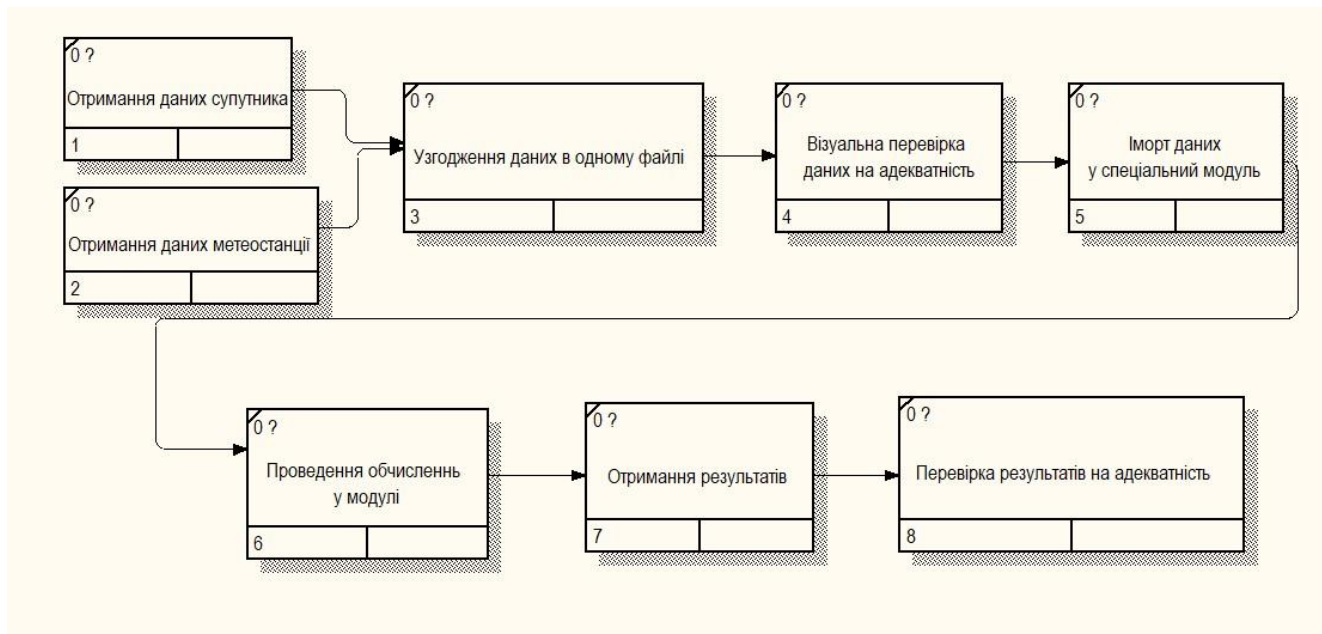


Рис. 3 – IDEF3 – модель роботи з модулем обчислення(уточнення) даних

Послідовність роботи даного модуля починається з отримання користувачем даних від метеостанції та супутника. Далі користувач повинен узгодити дані в одному excel-файлі. Після узгодження доцільно перевірити дані на адекватність, з метою можливого поверхневого знаходження аутлаєрів, або ж порожній комірок тощо. Далі потрібно запустити спеціально розроблюваний модуль для обчислення(уточнення) даних показників. Модуль автоматично обрахує дані та виведе показники температури поверхні у новому excel-файлі. Результати роботи користувачі перевіряють на адекватність та використовують їх, за умови правильності.

Алгоритм обчислення температури поверхні базується на використанні геостатичної інтерполяції (метод Крігінга) [2, 13]. Даний метод розбиває наявні дані на три рівні: загальний рівень, локальний тренд та випадкова складова. Перевагою даного методу є можливість скорегувати дані за умови відсутності певного показники. Звісно точність обчислень зменшується, проте незначно. Чим більше показників передається алгоритму, тим точніший буде результат. У загальному даний метод можна математично описати наступним чином:

$$T(x) = m + l(x) + e(x), \quad (1)$$

де $T(x)$ – значення температури поверхні землі у точці x , (°C);

m – загальний середній рівень. Сюди відносяться показники, які притаманні певній місцевості у широкому форматі, тобто в межах міста, якщо це обласний центр, в межах ОТГ, тощо;

$l(x)$ – локальний тренд. Відносяться показники для конкретизованого місця, тобто матеріал поверхні (асфальт, ґрунт, зелені насадження тощо), висота над рівнем моря;

$e(x)$ – випадкова складова. Сюди відносяться різні фактори, які не є постійними, або можуть виникнути раптово (стихійні лиха, геоморфологія, тип ґрунту тощо);

Опираючись на даний метод, створено наступну формулу для обрахунку температури поверхні міста:

$$T_{\text{поверхні}} = T_{\text{супут.}} - (T_{\text{супут.}} - T_{\text{пов.}}) * (0,1 + 0,9 * e^{-0,7 * V}) - 0,0065 * H + 0,001 * P + 0,5 * (T_{\text{роси}} - T_{\text{пов.}}) + 0,1 * (T_{\text{нас.пов.}} - T_{\text{пов.}}) * (0,1 + 0,9 * e^{-0,7 * V}), \quad (2)$$

де $T_{\text{поверхні}}$ – значення температури поверхні землі у точці x , (°C);

$T_{\text{супут.}}$ – температура, отримана із знімків супутника, (°C);

$T_{\text{пов.}}$ – температура повітря, (°C);

e – експонента, Число Ейлера, 2,718;

V – швидкість вітру, м/с;

H – висота над рівнем моря, м;

P – атмосферний тиск, мм;

$T_{\text{роси}}$ – точка роси, °C;

$T_{\text{нас.пов.}}$ – температура насиченого повітря, °C.

Точка роси ($T_{\text{роси}}$) являє собою температуру, при якій починає з'являтися конденсат з вологи, яка знаходиться у повітрі. Фактично точка роси є одним з показників вологості повітря та використовується, як одна з основних даних, які допомагають прогнозувати утворення туману, роси. Розрахувати її можна наступним чином:

$$T_{\text{роси}} = (237,7 * \ln\left(\frac{RH}{100}\right) + \frac{(17,27 * T_{\text{пов.}})}{(237,7 * T_{\text{пов.}})}) / (17,27 - \ln\left(\frac{RH}{100}\right) - \frac{17,27 * T_{\text{пов.}}}{237,7 + T_{\text{пов.}}}), \quad (3)$$

де RH – вологість повітря, %;

$T_{\text{пов.}}$ – температура повітря, (°C).

Температура насиченого повітря ($T_{\text{нас.пов.}}$) являє собою температуру, при якій повітря досягає максимального насичення вологості при певному значення атмосферного тиску. Фактично це температура, за якої повітря може насититись максимальною кількістю водяної пари. Часто використовують округлені значення показника, якщо система не потребує високої точності. Наприклад, за показника вологості близького до 50%, показник температури насиченого повітря дорівнює 10°C , за вологості у 75% – 20°C , якщо відносна вологість дорівнює 100%, то показник прирівнюється до точки роси.

Використовуючи дані формули, можливо змоделювати показники температури поверхні міста, які будуть максимально наближені до справжніх. У разі потреби алгоритм системи обчислення можна відкалібрувати реальними, фізичними вимірюваннями. На основі результатів роботи системи можна отримати таблицю показників температури поверхні (Табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Приклад результату роботи системи

Температура поверхні, $^{\circ}\text{C}$	Широта, $^{\circ}$	Довгота, $^{\circ}$	Температурний статус	Рекомендація
31,0	50,267278	28,687414	Високий	Доцільно продовжити моніторинг за даною зоною. У разі сталого розвитку, або ж зростання температури поверхні необхідно негайно вжити заходів
23,3	50,266606	28,684952	У нормі	Показник в межах норми
21,6	50,265235	28.682018	У нормі	Показник в межах норми

Урбаністи за їх допомогою можна визначити екстремуми, спостерігати чи це разове явище, чи воно відбувається на протязі довгого періоду. У свою чергу система надає інформацію про місце перегріву у вигляді полігона 10 кв.м. та координатами, які є центром даного полігону. Збереження результатів роботи системи дозволить побудувати графіки ретроспективи показників температури. У разі накопичення достатнього масиву даних, з'являється можливість покращення системи шляхом розробки і інтеграції функцій прогнозування показників температури поверхні міста.

Модель системи підтримки прийняття рішень працює на основі масиву показників за певний період для визначеної території. Доцільно використовувати дані щонайменше за сім днів, з метою виявлення закономірності аномальний температур. СППР аналізує обчислені показники температури, робить їх розподіл, та виявляє дані які виходять за наступні рамки (Табл. 2.2)

Таблиця 2.2 – Правила прийняття рішень

Відхилення від середнього значення по місту	Якісна шкала	Рекомендація	Існує загроза
(+15, +30] °С	Надвисокий	Терміново звернути увагу на дану температурну зону. Потребує негайних заходів, щодо зниження температури.	1
(+5;+15] °С	Високий	Потрібно вжити заходів, щодо зниження температури.	1
[-5;+5] °С	У нормі	Показники в межах норми	0
[-10;-5) °С	Занижений	Показники нижчі від середніх значень.	0
[-30;-10) °С	Наднизький	Потрібно вивчити природу даних показників, з метою визначення чинників, які впливають на низьку температуру.	0

Використовуючи результати системи, урбаністи можуть визначати причини, чому виникає перегрів у певній точці міста. Причина може бути як і одноразова, так і постійна, у разі постійного виникнення островців тепла, система показує на графіках ретроспективи зміну показників температури. Опираючись на це, урбаністи можуть приймати рішення, вирішення проблеми перегріву, шляхом використання зелених насаджень, перепланування простору, або використання інших матеріалів під час нового будівництва.

Висновки до другого розділу

Створено та описано архітектуру розроблюваної системи підтримки прийняття рішень в урбаністичному плануванні. Розписано UML-діаграму послідовності роботи системи. Запропонований підхід до реалізації бази даних, з необхідними таблицями та їхнім детальний описом. Розроблено алгоритм обчислення показників температури поверхні, використовуючи дані метеостанції та фотознімки супутника. Створено IDEF3 – модель роботи даного алгоритму. Описано принцип прийняття рішень, спираючись на результатах роботи СППР та запропоновано можливі шляхи використання цих даних.

РОЗДІЛ 3. МОДЕЛЮВАННЯ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

3.1 Експериментальне дослідження моделі

Для проведення розрахунків потрібно передати системі наступні дані:

1. Супутник:
 - a. конвертовані числові показники температури;
 - b. координати (довгота широта);
 - c. висота над рівнем моря, м.
2. Метеостанція:
 - a. температура повітря, °С;
 - b. швидкість вітру, м/с;
 - c. висота над рівнем моря, м;
 - d. атмосферний тиск, мм;
 - e. вологість, %.

Висота над рівнем моря отримується від супутника та метеостанції. Це зумовлено тим, що центри полігонів можуть опинитися на кришах будівель, тому варто враховувати цю можливість. Показники необхідно згрупувати у один файл формату .xlsx (Рис.4).

	A	B	C	D	E	F	G	H
	Температура, ковертованих знімків супутника, °С	Температура повітря, °С	Швидкість вітру, м/с	Висота над рівнем моря, м	Атмосферний тиск, мм	Вологість, %	Широта	Довгота
1								
2	35	20	3	246	748	39	50.267278	28.687414
3	25	20	3	221	748	39	50.266606	28.684952
4	23	20	3	221	748	39	50.265235	28.682018

Рис. 4 – Приклад форматування початкових даних

Важливо зауважити, що система починає обчислення для кожного рядка з даними, за умови наявності температури конвертованих знімків супутника. У разі відсутності даного показника, система пропускає рядок для обчислення наступного, якщо він є. Аргументація даного рішення полягає у тому, що супутникові знімки використовуються як основа, для обчислення(уточнення) даних показників температури поверхні міста, а широта і довгота є центральною

точкою даного полігона розмірністю 10x10 кв.м., що зумовлено максимальною роздільною здатністю супутника.

Система адаптована до можливої відсутності певного показника, або групи показників отриманих від метеостанції, проте точність таких обчислень знижується та не рекомендовано для використання.

Для перевірки коректності роботи системи створено масив емпіричних даних показників супутника та метеостанції (Додаток А Рис.А.1). Даний масив у вигляді файлу із розширенням .xlsx імпортується у додаток та проводяться розрахунки. У разі успішного виконання система покаже сповіщення, що все успішно та збереже результати у новий файл з дописом до назви оригінального файлу «_result». Приклад проведених обчислень наведено на Рис. 5

	A	B	C	D	E
1	Температура поверхні, °C	Довгота	Широта	Статус	Рекомендація
2	30,99583822	30,99584	23,26045	У нормі	Показники в межах норми.
3	23,26044607	23,26045	21,68087	У нормі	Показники в межах норми.
4	21,68086764	21,68087	30,99584	Занижені	Показники нижчі від середніх значень. Доцільно вивчити їх природу.
5	27,20939215	50,26567	28,68469	У нормі	Показники в межах норми.
6	39,84601958	50,26467	28,68238	Високий	Потрібно вжити заходів, щодо зниження температури.
7	30,368549	50,26404	28,68166	У нормі	Показники в межах норми.
8	23,26044607	50,26302	28,67842	У нормі	Показники в межах норми.
9	36,68686272	50,26031	28,67249	Високий	Потрібно вжити заходів, щодо зниження температури.
10	35,10728429	50,25847	28,66647	Високий	Потрібно вжити заходів, щодо зниження температури.
11	30,368549	50,25821	28,66601	У нормі	Показники в межах норми.
12	10,62381864	50,25751	28,66537	Невизначений	Потрібно вивчити природу даних показників, з метою визначення чинників, які впливають на нижчу температуру.

Рис. 5 – Результат роботи системи

Варто зауважити, що аутлаери помічаються додатково фіолетовим кольором та у графі «Статус» написано «Невизначений».

3.2 Практичні рекомендації щодо впровадження системи

Для правильної роботи СППР в урбаністичному плануванні потрібно аналізувати дані за певний період. Рекомендується проводити щоденний моніторинг хоча б на протязі семи днів, з метою визначення сталої закономірності високих та низьких показників температури поверхонь. Можливе створення хибних рішень, якщо опиратися на результати системи лише за один день, адже можливе виникнення аномальних температурних зон за рахунок одноразової людської діяльності. Наприклад проведення ремонтних робіт, фестиваль, масова акція, протести тощо. Такого роду явища не я постійними, тому доцільно

відштовхуватися від результатів за певний період і тоді прицільно вивчати природу температурних зон.

Система позиціонується, як СППР в урбаністичному плануванні, тому рекомендується її використання для вже існуючих проблем з температурою поверхонь в містах. Визначивши чинники перегріву можна створити плани нових будівель, кварталів, перепланування вже існуючих, опираючись на уникнення причини, які зумовлюють перегрів. Дану СППР можна налаштувати під роботу для будь-якого міста по всьому світу, за умови співпраці з науково-дослідними інститутами та організаціями, які можуть надати дані супутника та метеостанції.

Для проведення моніторингу немає обмежень у часі. Урбаністи можуть виконувати обчислення показників температури поверхні щоденно на протязі потрібного їм часу. На основі великого періоду виникає можливість побудови графіків тренду температури. Це створює можливість для прогнозування показників та моніторингу зміни вже існуючих у результаті певних дій, щодо зниження температурного режиму.

Висновки до третього розділу

Проведено експериментальне дослідження моделі на основі емпіричних даних. Отримано задовільні результати проведених обчислень. Перевірено роботу всіх температурних статусів, згідно описаних вимог. Описано практичні рекомендації, щодо впровадження СППР в урбаністичному плануванні. Наведено пропозиції, щодо використання системи урбаністами.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі описано актуальність розробки та впровадження системи підтримки прийняття рішень в урбаністичному плануванні, основною метою якої є виявлення аномальних температурних зон. Проведено аналіз інформаційних потреб, визначено предметну область дослідження, описано особливості задач урбаністичного планування. Визначено мету, об'єкт та предмет кваліфікаційної роботи. Описано існуючі підходи до процесів інформатизації процесів планування.

Створено та описано архітектуру моделі системи підтримки прийняття рішень в урбаністичному плануванні. Розроблено модель підтримки прийняття рішень. Розроблено математичний алгоритм обчислення температури поверхонь у містах. Реалізовано даний алгоритм у вигляді настільного додатку для ПК.

Проведено перевірку працездатності системи на основі емпіричних даних показників супутника та метеостанції. Отримано задовільні результати показників температури поверхонь у місті. Перевірено усю функціональність СППР в урбаністичному плануванні. Наведено рекомендації, щодо практичного використання розроблюваної системи. Описано можливості її застосування.

На практиці, дана робота може стати однією з фундаментальних для сучасного урбаністичного планування. Розроблений функціонал системи дозволяє локалізувати наявні проблеми з перегрівом поверхонь у містах, вести моніторинг та надавати певні рішення. У майбутньому СППР можливо розширити, з метою додавання функцій прогнозування температури та аналізу причин перегріву. Це дозволить розширити список можливих рішень, наданих системою, та зменшити вплив спеки на життя мешканців міст

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Колесник В.В. Перспективи застосування інформаційної системи прийняття рішень в урбаністичному плануванні : Студентські наукові читання – 2022 : зб. тез доповідей науково-практичної конференції «Студентські наукові читання – 2022» за результатами I туру Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт на факультеті інформаційних технологій, обліку та фінансів. Житомир : Поліський національний університет, 2022. 140 с.
2. Колесник В.В. Алгоритм обчислення температури поверхні міста для прийняття рішень в урбаністичному плануванні: Інформаційні технології та моделювання систем : збірник праць учасників Всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти і молодих вчених, 30 березня 2023 р. Житомир : Поліський національний університет, 2023. 140 с.
3. Психологія міста. Історії українців, які переїхали в інші країни та з одного міста в інше.: веб-сайт. URL: <http://surl.li/hvrbn> (дата звернення: 20.11.2022).
4. Аномальна спека: температура б'є рекорди, сягаючи +35 градусів.: веб-сайт. URL: <http://surl.li/hvrjt> (дата звернення: 20.11.2022).
5. Розплавлене місто. Чому в мегаполісах спекотніше і як їх охолодити : веб-сайт. URL: <http://surl.li/hwgfe> (дата звернення: 20.11.2022).
6. National Geographic. Urban Planning: веб-сайт. URL: <http://surl.li/hwgtx> (дата звернення 21.11.2022).
7. The Impact of Urban Form Configuration on the Urban Heat Island: The Case Study of Baghdad, Iraq: веб-сайт. URL: <http://surl.li/hwhop> (дата звернення 21.11.2022).
8. Дослідження показало, що зелені насадження зменшують температуру повітря у місті у спеку: веб-сайт. URL: <http://surl.li/hwhqe> (дата звернення 21.11.2022).
9. Reviews of Geospatial Information Technology and Collaborative Data Delivery for Disaster Risk Management: веб-сайт. URL: <https://www.mdpi.com/2220-9964/4/4/1936> (дата звернення 22.11.2022).
10. A beginner's guide to machine learning: What it is and is it AI?: веб-сайт. URL: <http://surl.li/hwibn> (дата звернення 22.11.2022).

11. Statistical analysis of surface urban heat island intensity variations: A case study of Babol city, Iran: веб-сайт. URL: <http://surl.li/hwihs> (дата звертання 23.11.2022).
12. Validation of land surface models using satellite-derived surface temperature: веб-сайт. URL: <http://surl.li/hwije> (дата звернення 24.11.2022).
13. Dr Fred Prata, Land Surface Temperature Measurement from Space: AATSR Algorithm Theoretical Basis Document. Aspendale, Australia : 2002, 34с.
14. Evaluation of Split-Window Land Surface Temperature Algorithms for Generating Climate Data Records: веб-сайт. URL: <http://surl.li/hwjdq> (дата звернення 01.12.2022).
15. C# reference. Docs.microsoft.com: веб-сайт. URL: <http://surl.li/hwjxy> (дата звернення: 03.12.2022).
16. Системи і методи підтримки прийняття рішень: веб-сайт. URL: <http://surl.li/hwpuh> (Дата звернення: 06.12.2022)
17. Автоматизовані інформаційні системи підтримки прийняття управлінських рішень у галузі екологічної безпеки: веб-сайт. URL <http://surl.li/hwpxu> (дата звернення 10.12.2022)
18. Бази даних. Навчально-практичний посібник для самостійної роботи студентів: веб-сайт. URL: <http://surl.li/hwpzf> (дата звернення 14.01.2023)
19. Новий урбанізм: у пошуках виходу з урбаністичного колапсу: веб-сайт. URL: <http://surl.li/hwqac> (дата звернення 16.01.2023)
20. 11 типів сучасних баз даних: короткий опис, схеми і приклади БД: веб-сайт. URL: <http://surl.li/csqwx> (дата звернення 21.01.2023)
21. Big Data and Urban Informatics: Innovations and Challenges to Urban Planning and Knowledge Discovery: веб-сайт. URL: <http://surl.li/hwqbb> (дата звернення 21.01.2023)

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

	А	В	С	Д	Е	F	G	Н
1	Температура, ковертованих знімків супутника, °С	Температура повітря, °С	Швидкість вітру, м/с	Висота над рівнем моря, м	Атмосферний тиск, мм	Вологість, %	Широта	Довгота
2	35	20	3	246	748	39	30,99584	23,26045
3	25	20	3	221	748	39	23,26045	21,68087
4	23	20	3	221	748	39	21,68087	30,99584
5	38	20	3	221	748	39	50,26567	28,68469
6	42	20	3	221	748	39	50,26467	28,68238
7	17	20	3	221	748	39	50,26404	28,68166
8	25	20	3	221	748	39	50,26302	28,67842
9	27	20	3	221	748	39	50,26031	28,67249
10	43	20	3	221	748	39	50,25847	28,66647
11	17	20	3	221	748	39	50,25821	28,66601
12	25	20	3	221	748	39	50,25751	28,66537
13	24	20	3	221	748	39	50,25675	28,66461
14	33	20	3	230	748	39	50,25599	28,66385
15	33	20	3	230	748	39	50,25523	28,66309
16	33	20	3	230	748	39	50,25447	28,66233
17	34	20	3	230	748	39	50,25371	28,66157
18	42	20	3	221	748	39	50,25295	28,66081
19	29	20	3	221	748	39	50,25204	28,6599
20	25	20	3	221	748	39	50,25113	28,65899
21	39	20	3	221	748	39	50,25022	28,65808
22	28	20	3	221	748	39	50,24931	28,65717
23	25	20	3	221	748	39	50,2484	28,65626
24	44	20	3	236	748	39	50,24749	28,65535
25	43	20	3	236	748	39	50,24658	28,65444
26	43	20	3	236	748	39	50,24567	28,65353
27	45	20	3	238	748	39	50,24482	28,65268
28	39	20	3	221	748	39	50,24397	28,65183
29	17	20	3	221	748	39	50,24312	28,65098
30	22	20	3	221	748	39	50,24227	28,65013
31	43	20	3	221	748	39	50,24142	28,64928
32	36	20	3	221	748	39	50,24057	28,64843
33	38	20	3	221	748	39	50,23972	28,64758

Рис. А.1 – Масив початкових емпіричних даних

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	I
1	Температ	Довгота	Широта	Статус	Рекомендація											
2	30,99584	30,99584	23,26045	У нормі	Показники в межах норми.											
3	23,26045	23,26045	21,68087	У нормі	Показники в межах норми.											
4	21,68087	21,68087	30,99584	Занижені	Показники нижчі від середніх значень. Доцільно вивчити їх природу.											
5	27,20939	50,26567	28,68469	У нормі	Показники в межах норми.											
6	39,84602	50,26467	28,68238	Високий	Потрібно вжити заходів, щодо зниження температури.											
7	30,36855	50,26404	28,68166	У нормі	Показники в межах норми.											
8	23,26045	50,26302	28,67842	У нормі	Показники в межах норми.											
9	36,68686	50,26031	28,67249	Високий	Потрібно вжити заходів, щодо зниження температури.											
10	35,10728	50,25847	28,66647	Високий	Потрібно вжити заходів, щодо зниження температури.											
11	30,36855	50,25821	28,66601	У нормі	Показники в межах норми.											
12	10,62382	50,25751	28,66537	Високий	Потрібно вивчити природу даних показників, з метою визначення чинників, які впливають на нижчу температуру.											
13	35,10728	50,25675	28,66461	Високий	Потрібно вжити заходів, щодо зниження температури.											
14	29,52026	50,25599	28,66385	У нормі	Показники в межах норми.											
15	31,88963	50,25523	28,66309	Високий	Потрібно вжити заходів, щодо зниження температури.											
16	26,3611	50,25447	28,66233	У нормі	Показники в межах норми.											
17	12,93469	50,25371	28,66157	Занижені	Показники нижчі від середніх значень. Доцільно вивчити їх природу.											
18	18,52171	50,25295	28,66081	Занижені	Показники нижчі від середніх значень. Доцільно вивчити їх природу.											
19	41,4256	50,25204	28,6599	Високий	Потрібно вжити заходів, щодо зниження температури.											
20	31,94813	50,25113	28,65899	Високий	Потрібно вжити заходів, щодо зниження температури.											
21	20,89108	50,25022	28,65808	Занижені	Показники нижчі від середніх значень. Доцільно вивчити їх природу.											
22	24,05024	50,24931	28,65717	У нормі	Показники в межах норми.											
23	14,57276	50,2484	28,65626	Занижені	Показники нижчі від середніх значень. Доцільно вивчити їх природу.											
24	17,63442	50,24749	28,65535	Занижені	Показники нижчі від середніх значень. Доцільно вивчити їх природу.											
25	16,05484	50,24658	28,65444	Занижені	Показники нижчі від середніх значень. Доцільно вивчити їх природу.											
26	32,64042	50,24567	28,65353	Високий	Потрібно вжити заходів, щодо зниження температури.											
27	22,36016	50,24482	28,65268	У нормі	Показники в межах норми.											
28	9,834029	50,24397	28,65183	Високий	Потрібно вивчити природу даних показників, з метою визначення чинників, які впливають на нижчу температуру.											
29	38,26644	50,24312	28,65098	Високий	Потрібно вжити заходів, щодо зниження температури.											
30	23,26045	50,24227	28,65013	У нормі	Показники в межах норми.											
31	15,36255	50,24142	28,64928	Занижені	Показники нижчі від середніх значень. Доцільно вивчити їх природу.											
32	20,10129	50,24057	28,64843	Занижені	Показники нижчі від середніх значень. Доцільно вивчити їх природу.											
33	37,47665	50,23972	28,64758	Високий	Потрібно вжити заходів, щодо зниження температури.											
34	35,89707	50,23887	28,64673	Високий	Потрібно вжити заходів, щодо зниження температури.											
35	15,36255	50,23819	28,64605	Занижені	Показники нижчі від середніх значень. Доцільно вивчити їх природу.											
36	16,94213	50,23751	28,64537	Занижені	Показники нижчі від середніх значень. Доцільно вивчити їх природу.											

Рис. А. 2 – Результати роботи системи на основі емпіричних даних.

ДОДАТОК Б

Таблиця Б.1 – Масив «Satelite»

Satelite		Назва масиву
PK	id	Ключ таблиці
	Photo	Супутникові знімки

Таблиця Б.2 – масив «ConvertedSateliteDate»

ConvertedSateliteData		Назва масиву
PK	id	Ключ таблиці
	Satelite_ID	ID для приєднання даних супутника (фотознімка)
	Time	Час, знімку
	Day	День
	Month	Місяць
	Year	Рік
	Coordinates	Координати місця, зображеного на знімку
	Temperature	Температурний показник, отриманий у результаті конвертації фотознімка супутника, прив'язаний до координат

Таблиця Б.3 – Масив WeatherStation

WeatherStation		Назва масиву
PK	id	Ключ масиву
	Time	Час
	Day	День
	Month	Місяць
	Year	Рік
	Coordinates	Координати місця
	Temperature	Температура у градусах по Цельсію

Таблиця Б.4 – Масив Temperature_Data

Temperature_Data		Назва масиву
PK	id	Ключ таблиці
	Satelite_Data	Конвертовані дані фотознімків супутника
	WeatherStation_Data	Дані метеостанції
	Delta_value	Отримані, в результаті обрахунків, дельта-значення.