

ПОПЕРЕШНЯК СВИТЛАНА

Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

<https://orcid.org/0000-0002-0531-9809>e-mail: spopereshnyak@gmail.com**ВСЧЕРКОВСЬКА АНАСТАСІЯ**

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

<https://orcid.org/0000-0003-2054-2715>e-mail: vecherkovskaia90@gmail.com**ЖИТКЕВИЧ ОЛЕКСАНДЕР**

Державний університет інформаційно-телекомунікаційних технологій

<https://orcid.org/0009-0003-9214-0771>e-mail: a.zhitkevich@isofts.kiev.ua**АНТОНЕНКО АРТЕМ**

Національний університет біоресурсів і природокористування України

<https://orcid.org/0000-0001-9397-1209>**МОНІТОРИНГ РУХУ ОБ'ЄКТІВ ЗАСОБАМИ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ**

У роботі були проаналізовані принципи створення геоінформаційних систем та визначені сфери їх можливого застосування. Одним із параметрів, що дозволяють ідентифікувати об'єкт спостереження, є його координати. У свою чергу, від точності визначення його координат безпосередньо залежить якість ідентифікації – ймовірність правильного розпізнавання об'єктів спостереження. У зв'язку зі зростанням кількості об'єктів спостереження і, відповідно, джерел радіовипромінювання, щільність їх розташування в просторі зростає, що призводить до постійного підвищення вимог до точності визначення місця розташування. Це робить актуальним завдання розробки та вдосконалення методів визначення координат об'єктів спостереження при створенні геоінформаційних систем. Мета дослідження – створення системи моніторингу рухомих об'єктів на основі геоінформаційних даних. Під час дослідження та обробки їх результатів використовувалися методи цифрового та імітаційного моделювання та програмної емуляції роботи алгоритмів. У ході дослідження проаналізовано принципи побудови геоінформаційних систем та визначено сфери їх застосування. У процесі дослідження було ретельно розглянуто технології визначення координат для мобільних об'єктів, які застосовуються у геоінформаційних системах, а також були розглянуті методи визначення координат для таких об'єктів. Проведено аналіз, порівняння методів визначення координат рухомих об'єктів, заснованих на GPS, Wi-Fi та ZigBee технологіях. У роботі наведено переваги та недоліки зазначених технологій визначення координат рухомих об'єктів у геоінформаційних системах. В результаті було обґрунтовано вибір програмного забезпечення для розробки системи моніторингу рухомих об'єктів. В рамках цієї роботи було вдосконалено метод визначення координат рухомих об'єктів шляхом поєднання даних з різних технологій визначення координат, що призвело до підвищення точності цього процесу. Крім того, було розроблено програмне забезпечення, придатне для визначення координат рухомих об'єктів у контексті створення геоінформаційних систем.

Ключові слова: координати, моніторинг об'єктів, геоінформаційні дані, GPS, Wi-Fi.

POPERESHNYAK SVITLANA V.

National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

VECHERKOVSKA ANASTASIA S.

Taras Shevchenko Kyiv National University

ZHYTEVYCH OLEKSANDR B.

State University of Information and Telecommunication Technologies

ANTONENKO ARTEM V.

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

MONITORING OF MOVEMENT OF OBJECTS USING GEOINFORMATION SYSTEMS

One of the parameters that allow you to identify the object of observation are its coordinates. In turn, the quality of identification - the probability of correctly recognizing the objects of observation - directly depends on the accuracy of determining its coordinates. In view of the growth in the number of observation objects and, accordingly, the sources of radio radiation, the density of their location in space increases, which leads to a constant increase in the requirements for the accuracy of the location of determination. This makes the task of developing and improving methods for determining the coordinates of observation objects urgent when creating geo-information systems. The purpose of the research is to create a system for monitoring moving objects based on geoinformation data. During the research and processing of their results, methods of digital and simulation modeling and software emulation of the work of algorithms were used. During the research, the principles of building geoinformation systems were analyzed and areas of their application were identified. The paper analyzes the technologies for determining the coordinates of moving objects for the construction of geoinformation systems. In the work, the methods of determining the coordinates of moving objects were investigated and a comparative analysis of the methods of determining the coordinates of moving objects based on GPS, Wi-Fi and ZigBee technology was carried out. The paper presents the advantages and disadvantages of the specified technologies for determining the coordinates of moving objects in geoinformation systems. As a result, the choice of software for developing a system for monitoring moving objects was justified. In the work, the method of determining the coordinates of moving objects was improved due to the combination of data from various coordinate determination technologies, which made it possible to increase accuracy. The developed software can be used to determine the coordinates of moving objects for the construction of geographic information systems.

Keywords: coordinates, monitoring of objects, geoinformation data, GPS, Wi-Fi.

Постановка проблеми

Геоінформаційна система (geographic information system, GIS) – це автоматизована система, призначена для збору, зберігання, обробки, відображення і поширення просторово-часових даних, які базуються на географічній інформації. Дослідження у сфері геоінформатики показали, що приблизно 80-90% інформації, що використовується в бізнесі, включає геодані - інформацію про розподілені в просторі об'єкти, явища та процеси. Важливою є задача збору та обробки даних про рухомі об'єкти для створення геоінформаційних систем.

Сучасний прогрес у науці та техніці породжує значну кількість завдань, які потребують визначення координат об'єктів спостереження, особливо мобільних об'єктів. Моніторинг передбачає виявлення та ідентифікацію об'єктів через аналіз інформації про них.

Координати є одним з параметрів для ідентифікації об'єктів спостереження, і якість цієї ідентифікації безпосередньо залежить від точності визначення координат. З урахуванням зростання кількості об'єктів і джерел радіовипромінювання, щільність їх розташування у просторі збільшується, вимагаючи постійного підвищення точності місцевизначення. Це ставить перед нами актуальну задачу розробки та вдосконалення методів визначення координат об'єктів спостереження для створення геоінформаційних систем.

Аналіз останніх джерел

Багато науковців як українського, так і зарубіжного походження, включаючи В.Г. Бурачек, О.О. Железняк, А.О. Терещенко, К.В. Доля, О.Є. Доля, В.І. Зацерковний, Л.А. Павленко, І.В. Крив'юк, В.Д. Шипулін, О.В. Грицунов, І.В. Тішаєв, І.В. Віршило, В.К. Демидов, С.В. Костріков, К.Ю. Сегіда, а також такі імена як Х. Міллер, Ші-Лун Шоу, Дж.-П. Родріге та інші, займалися науковими дослідженнями в сфері геоінформаційних систем. Аналіз сучасних наукових робіт у цій області показав, що деякі аспекти використання технологій геоінформаційних систем для моніторингу руху об'єктів потребують подальшого вивчення та розвитку. [1-8]

Метою даної роботи є створення системи моніторингу рухомих об'єктів, використовуючи геоінформаційні дані. Для проведення цього дослідження та обробки результатів застосовувалися методи цифрового та імітаційного моделювання, а також програмної емуляції роботи алгоритмів.

Отримані результати мають наступну наукову новизну: було удосконалено метод визначення координат рухомих об'єктів шляхом об'єднання даних різних технологій визначення координат, що призвело до підвищення точності.

Практичне значення одержаних результатів. Було розроблено програмне забезпечення для визначення координат рухомих об'єктів для будівництва геоінформаційних систем. Ця програмна система здійснює моніторинг та відображення руху об'єктів у межах геоінформаційних систем.

Виклад основного матеріалу

Геоінформаційна система включає п'ять ключових складових: апаратні засоби, програмне забезпечення, дані, виконавці і методи (рис. 1).

Апаратні засоби включають у себе комп'ютери, на яких працюють ГІС. На сьогоднішній день, ГІС працюють на різних типах комп'ютерних платформ, від централізованих серверів до окремих чи зв'язаних у мережі настільних комп'ютерів.



Рис.1. Складові геоінформаційної системи

Програмне забезпечення ГІС має функції та інструменти для зберігання, аналізу та візуалізації географічної (просторової) інформації. Основними складовими програмних продуктів є:

- інструменти для введення та операцій з географічною інформацією;
- система управління базою даних (СУБД);

- інструменти для підтримки просторових запитів, аналізу та візуалізації;
- графічний інтерфейс для зручного доступу користувача до інструментів і функцій.

Бази даних є одним з найважливіших компонентів ГІС. Інформація про просторове розташування (географічні дані) та пов'язані з ними табличні дані можуть бути зібрані та підготовлені користувачем або отримані від постачальників на комерційній або іншій основі. ГІС управляє просторовими даними, що включають в себе інформацію з інших джерел і типів, а також може використовувати СУБД. Це широко використовується різними організаціями для організації та підтримки даних, якими вони володіють. [9-11]

Професіонали, які працюють з ГІС, відіграють ключову роль у їх ефективному застосуванні. Вони включають технічних фахівців, що розробляють і підтримують систему, а також звичайних співробітників, для яких ГІС є важливим інструментом вирішення повсякденних справ та проблем.

Науково-методичне забезпечення потрібне для успішного та ефективного використання ГІС, що включає в себе раціонально побудований план та правила роботи, спеціально створені для розв'язання завдань конкретної організації, галузі або господарства [12].

Проведемо аналіз методів визначення координат рухомих об'єктів. Визначимо координати рухомих об'єктів на основі GPS. GPS означає Глобальна Система Визначення Місцезнаходження, представляє собою супутникову систему, складену з 24 супутників, розміщених на орбіті американським Міністерством оборони, і земних станцій, що об'єднуються у єдину мережу. Ця глобальна система працює в будь-яких метеорологічних умовах, доступна у будь-якій точці світу, функціонує цілодобово і не має жодних обмежень щодо використання для визначення координат.

Супутники системи рухаються по точним орбітам і передають інформацію на землю. Приймачі GPS отримують цю інформацію і, за допомогою методу триангуляції, обчислюють точне місце розташування користувача. Для визначення двох координат, широти та довготи, GPS-навігатор повинен отримати сигнали принаймні з трьох супутників. В разі наявності чотирьох або більше супутників, приймач може визначити третю координату, а саме висоту. Після визначення місцезнаходження користувача, система здатна обчислити додаткову інформацію, таку як швидкість, напрямок руху, відстань до пункту призначення, час сходу і заходу сонця та іншу інформацію. [13]

Залежно від області застосування, існують два види GPS-обладнання:

- GPS-трекери для відстеження транспорту призначені для створення корпоративних систем моніторингу, які дозволяють спостерігати за маршрутами руху транспортних засобів особам, таким як диспетчери та логісти, надаючи можливість отримувати актуальні дані про їхнє поточне місцезнаходження. Деякі з цих пристроїв можуть працювати в реальному часі, передаючи дані безпроводним зв'язком, або в режимі "чорного ящика", зберігаючи дані про транспортний засіб протягом певного часу для подальшого вивчення.

- Особисті GPS-трекери призначені для відстеження місцезнаходження людини (або іншого об'єкта), і більшість з них можуть передавати сигнали тривоги в разі натискання кнопки "SOS". Окремі пристрої мають можливість голосового зв'язку для прослуховування оточуючого середовища та/або отримання вхідних викликів.

Деякі системи GPS-моніторингу можуть визначати місцезнаходження трекерів за допомогою ідентифікаторів станцій мобільного зв'язку (GSM), що дозволяє, хоч і з більшою похибкою, визначати розташування об'єкта в місцях, де прийом сигналів від навігаційних супутників неможливий, наприклад, у метро, підземних паркінгах, будівлях та інших місцях.

Визначимо координати рухомих об'єктів за допомогою технології Wi-Fi. Завдяки загальному використанню мобільного зв'язку, з'явилася можливість визначення місцезнаходження мобільних телефонів за сигналами базових станцій стільникових мереж. Опозиційно до системи GPS, методи визначення місцеположення через мобільні мережі є більш доступними та працюють з більшою точністю, особливо в міських зонах, де базові станції розташовані щільніше, ніж в околицях міста. Для більш докладного визначення розташування мобільних телефонів у стільникових мережах, можна використовувати різні методи, такі як латерація (обчислення відстані між джерелом і приймачем), ангуляція (визначення кутів взаємного розташування), а також методи розпізнавання образів.

Один з простих та зручних методів для мобільних мереж - це метод найближчої станції (CoO), що ґрунтується на геометричних розрахунках. Знаючи розташування базової станції, з якою наразі зв'язаний мобільний телефон, можна визначити його місце розташування з точністю від 150 метрів у міських районах (для малих комірок) до 30 кілометрів у передмістях та за межами міста. Ця точність може задовольнити певні види застосунків, але більшість додатків потребують вищої

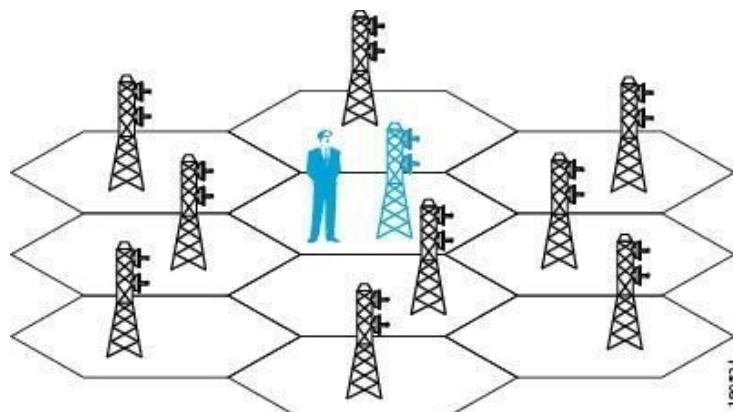


Рис. 2. Метод найближчої комірки

точності (див. рис. 2).

Обчислення відстані між джерелом та приймачем сигналу можна проводити різними способами, такими як точний час прибуття сигналу (ToA), різниця часу прибуття для різних джерел/приймачів (TDoA), або амплітуда прибуття сигналів (рис. 3).

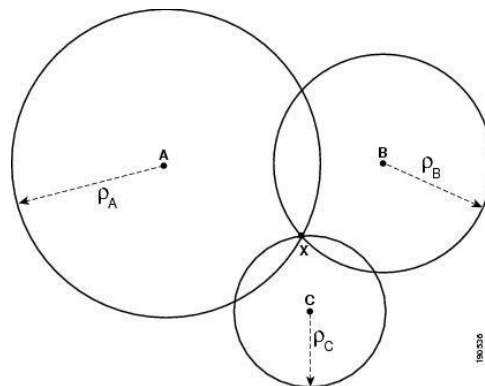


Рис. 3. Метод часу прибуття сигнал

Для використання методу ToA необхідно, щоб джерела та приймачі сигналу були точно синхронізовані за часом, подібно до роботи системи GPS, яка користується атомним годинником для синхронізації. Знаючи швидкість поширення сигналу і точний час його прибуття, можна розрахувати відстань за формулою

$$p = c(t)$$

де p - відстань, c - швидкість поширення радіохвиль (~ 300 м/мкс), t - час в мкс.

Перетин трьох кіл, окреслених від базових станцій, дозволяє точно визначити місцезнаходження мобільного клієнта в двовимірному просторі. Додавання четвертої станції може точніше визначити положення клієнта в тривимірному просторі [9].

Забезпечити точну синхронізацію всіх клієнтів мобільної мережі не завжди можливо. Для цього може бути корисним метод TDoA (метод різниці часу прибуття сигналу), який визначає місцезнаходження за відносними показниками часу, а не абсолютним, як у випадку ToA. Незважаючи на це, метод TDoA також потребує точної синхронізації часу базових станцій, які отримують сигнали від клієнтів. Знаючи відстань між базовими станціями та різницю в часі проходження сигналу від клієнта до кожної станції, можна побудувати гіперболу для будь-якої пари базових станцій, на якій може перебувати клієнт. Точне місцезнаходження клієнта визначається як результат перетину гіпербол. Так само, як і в методі ToA, для визначення місця розташування в двовимірному просторі необхідно передавати сигнал як мінімум до трьох базових станцій, а в тривимірному - до чотирьох.

Щодо методу амплітуди сигналу, він використовує прості методи вимірювання амплітуди сигналу. Відстань визначається за певною амплітудою сигналу, яка надходить і обчислюється на основі формул, що описують залежність втрат амплітуди сигналу від відстані.

$$P_l = P_{1..1m} + \lg(D_n) + S$$

де P_l - втрати сигналу, $P_{1..1m}$ - втрати сигналу в dB на відстані 1 метра (еталонна втрата сигналу), D - відстань між джерелом і приймачем сигналу, n - експонента загасання, що характеризує середовище в якій поширюється сигнал, S - інші перешкоди в dB, пов'язані з вартими на шляху перешкодами або особливостями середовища поширення.

Ці методи, хоч і прості у реалізації, все ж не є повністю надійними. Зміни у навколишньому середовищі, такі як коливання температури, тиску, вологості, а також перешкоди на шляху сигналу, можуть суттєво вплинути на властивості згасання амплітуди та, відповідно, на точність визначення місцезнаходження. На практиці, методи, що базуються на вимірі амплітуди сигналу, є надійними лише в обмежених умовах - на відкритих місцях, таких як парки, поля чи великі простори в приміщеннях. [14]

Позиціонування за методом кута прибуття сигналу (також відомий як AoA) вимагає встановлення спеціальних секторних антен, що визначають напрямок приходу сигналу до мобільного клієнта або точки доступу. Для визначення місцезнаходження мобільного клієнта потрібно отримати сигнал від двох джерел, і точка їх перетину казує на місцезнаходження клієнта. У реальних умовах, сигнал може бути відображений кілька разів, спотворюючи точність визначення реального положення клієнта.

Метод розпізнавання шаблонів є унікальним для позиціонування мобільних телефонів і відрізняється від класичних радіолокаційних методів. Він ґрунтується на виявленні шаблону поведінки радіосигналу в певній точці в просторі в конкретному середовищі та створенні карти поведінки сигналів. Його перевагою є відсутність потреби в спеціальному обладнанні чи синхронізації часу передавачів у мережі; цей метод може використовуватися на боці клієнта у повному обсязі програмного забезпечення. Він ґрунтується на двох передумовах:

- Кожне можливе місцезнаходження мобільного пристрою має свій власний унікальний шаблон.
- Навіть в ідентичних приміщеннях, обладнаних однаково, характеристики сигналу можуть

виявляти різницю.

Метод використовує різні характеристики сигналу для виявлення його шаблону: амплітуду, час прибуття, різницю часу прибуття та амплітуду сигналу. Основним завданням для практичного використання цього методу є вимірювання характеристик сигналів у середовищі роботи та створення карти їх шаблонів. Необхідно провести вимірювання сигналів у певних точках, зазвичай на відстані 3-5 метрів один від одного, а потім розширити отримані дані на весь простір.

Усі описані методи мають свої обмеження, переваги та недоліки щодо визначення місцезнаходження за сигналом Wi-Fi. На практиці рекомендується застосовувати гібридний підхід методів, який підходить для конкретного завдання та середовища. Наприклад, для публічних служб і додатків, які не можуть синхронізувати пристрої за часом або встановлювати додаткове обладнання, підійдуть методи ToA, визначення місцезнаходження за амплітудою сигналу та розпізнавання образів. [15-17]

Альянс ZigBee представляє собою групу компаній (понад 300), які спільно розробляють ефективні протоколи для бездротових мереж і забезпечують сумісність різних пристроїв різних виробників. З розвитком стандарту, альянс публікує на своєму сайті (www.zigbee.org) специфікації, опис профілів програмного забезпечення та інші документи.

Мережі ZigBee, у відміню від інших бездротових мереж передачі даних, відповідають всім вимогам:

- Завдяки комірковій структурі та використанню спеціальних маршрутних алгоритмів, мережа ZigBee може відновлювати зв'язок та гарантувати доставку пакетів в разі втрати сполучення між окремими вузлами (наприклад, через перешкоди), перевантаження або відмови окремих елементів.

- Специфікація ZigBee передбачає шифрування даних, що передаються по бездротових каналах, та гнучку політику їх захисту.

- Пристрої ZigBee характеризуються низьким споживанням електроенергії, особливо кінцеві пристрої, які можуть працювати до трьох років від однієї звичайної батарейки AA або навіть AAA, завдяки режиму "сну".

- Мережа ZigBee є самоорганізованою: її структура формується автоматично через приєднання (або повторне приєднання) пристроїв до мережі. Це забезпечує простоту встановлення та розширення мережі за допомогою простого приєднання додаткових пристроїв.

- Продукти ZigBee компактні й мають доступну вартість.

Зв'язок в мережі ZigBee реалізується шляхом послідовної передачі пакетів від джерела до адресата. У мережі передбачено декілька альтернативних алгоритмів маршрутизації, які вибираються автоматично.

Технологія ZigBee дозволяє створювати складні децентралізовані ad-hoc структури. У таких мережах кожен вузол безпосередньо пов'язаний з декількома іншими вузлами, і ці зв'язки можуть оновлюватися та оптимізуватися при відключенні пристроїв від мережі або при додаванні нових. При руйнуванні існуючого маршруту (наприклад, аварії або відключення маршрутизатора від мережі) автоматично формуються нові маршрути передачі даних, обходячи відключений вузол (якщо це можливо). [12].

Технічне забезпечення складають засоби обчислювальної техніки. Для створення та демонстрації працездатності рішення використовується комп'ютер підсиленої конфігурації, продуктивності якого достатньо для нормального функціонування всіх програмних та інформаційних додатків.

В якості такої конфігурації приймається конфігурація наведена в таблиці 1.

Таблиця 1.

Технічний паспорт базового комп'ютера

Елемент комплектації	Конфігурація
Процесор	Intel (8p+16e)-Core i9-13900KF 3.0-5.8GHz
Система водяного охолодження	CBO MSI MPG CoreLiquid K360
Материнська плата	Материнська плата MSI MPG Z790 EDGE WIFI DDR4 s1700 Z790 4xDDR4 M.2 HDMI-DP Wi-Fi BT ATX
Пам'ять	Модуль пам'яті Kingston FURY Beast Black DDR5-5200 32Gb (KF552C40BB-32)
Монітор	SSD Samsung 870 Evo 1TB 2.5" SATA III V-NAND 3bit MLC (MZ-77E1T0BW)
Відеокарта	Відеокарта MSI Nvidia GeForce RTX 4090 GAMING TRIO 24G
Корпус	Корпус ASUS GX601 ROG STRIX HELIOS CASE White Edition (GX601/WT/AL/WITHHANDLE)
Блок живлення	Блок живлення ATX 2000W K001-AFFBP-EU COOLER MASTER

Конфігурація апаратного забезпечення для оптимального функціонування системи, враховуючи очікуване навантаження.

В таблиці 1 наведена мінімально необхідна конфігурація базового комп'ютерного комплексу, що забезпечить виконання функцій серверів та робочих станцій таких типів:

- Сервер додатків, який використовується для розміщення модулів Ідентифікації, Прогнозування, Обрахунку, Візуалізації та Нормативних довідників;

- Сервер баз даних, який призначений для розміщення системи управління базами даних та самих баз даних, таких як Об'єктна база даних, база даних Нормативних довідників та база даних нейронних мереж;
- Сервер обміну, який використовується для розміщення додатків модулів Вхідних та Вихідних повідомлень, а також для обміну внутрішніми повідомленнями;
- Робочі станції адміністраторів, такі як системний адміністратор, адміністратор СПЗ, адміністратор обміну, адміністратор безпеки, адміністратор бази даних, адміністратор нейронних мереж та адміністратор довідників;
- Робочі станції кінцевих користувачів.

На рисунку 4 представлена загальна архітектура технічних рішень.

Давайте розглянемо огляд програмного забезпечення. Склад програмного забезпечення складається з трьох основних частин: загальносистемного ПЗ, проміжного ПЗ та прикладного ПЗ.

Загальносистемне ПЗ, або системне програмне забезпечення, включає операційну систему базового комп'ютера у вигляді Linux Debian.

Проміжне ПЗ (Middleware) охоплює системи управління базами даних, такі як QuestDB, MySQL, MinIO S3, а також фреймворки Spring Boot, Spring Security платформи Kubernetes, Kafka, MLServer, та інші інструменти, які розглядаються окремо та не входять до загальносистемного ПЗ.

Прикладне ПЗ (Application software) будується частково за допомогою готових стандартних компонентів та частково за допомогою технологій розробки програмних компонентів.

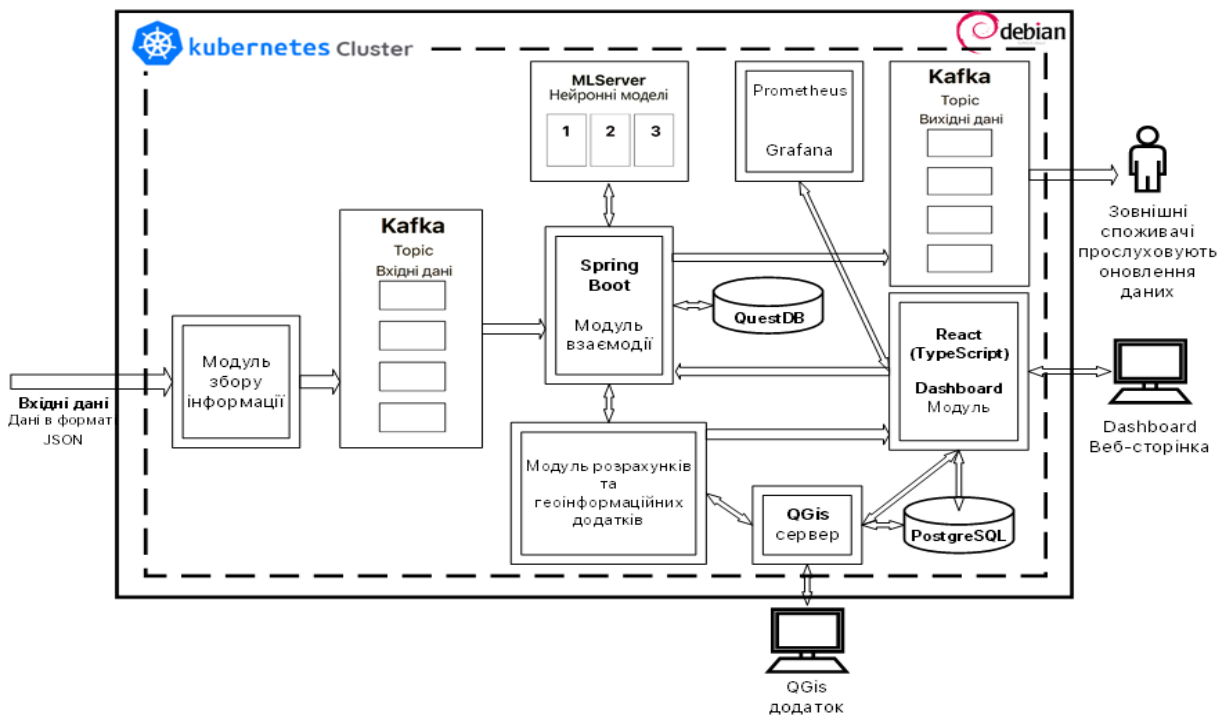


Рис. 4. Принципова архітектура технічних рішень

Склад прикладного програмного забезпечення з вказанням технологій розробки розроблено відповідно до складу програмних модулів архітектурних рішень (табл. 2).

Таблиця 2.

Склад прикладного програмного забезпечення

№ з/п	Модуль
1	Модуль збору інформації
2	Модуль вихідних даних
3	Модуль взаємодії
4	Модуль візуалізації (Dashboard)
5	Модуль нейронних мереж
6	Модуль геоінформаційних додатків

Основний підхід до реалізації ґрунтується на використанні мікросервісної архітектури. Архітектура рішення представлена на рисунку 5.

Для втілення такої архітектури було вибрано платформу Kubernetes версії 1.26.3, що призначена для керування контейнерами, які містять робочі додатки та сервіси. Ця платформа має відкритий вихідний код і надає можливість налаштовувати функціонування окремих контейнерів, а також їх навантаження та

використання обчислювальних ресурсів комп'ютерної системи.

Усі використані модулі Kubernetes є опенсорсними, тобто доступними з вільного репозиторію, і не потребують витрат на придбання ліцензій чи підтримку.

Основні модулі системи підтримки реалізовані у вигляді мікросервісів (контейнерів), що має кілька переваг:

- гнучке створення та розгортання вказаних модулів (додатків);
- можливість організації слабозв'язаних, розподілених, гнучких, виділених мікросервісів замість монолітного стеку великої виділеної машини;
- підвищення спостережуваності за роботою модулів;
- відокремлення модулів (додатків) від інфраструктури;
- покращення управління та масштабування потрібних для роботи окремих модулів обчислювальних ресурсів;
- ізоляція ресурсів: передбачувана продуктивність всієї системи;
- ефективне використання ресурсів: висока продуктивність та компактність.

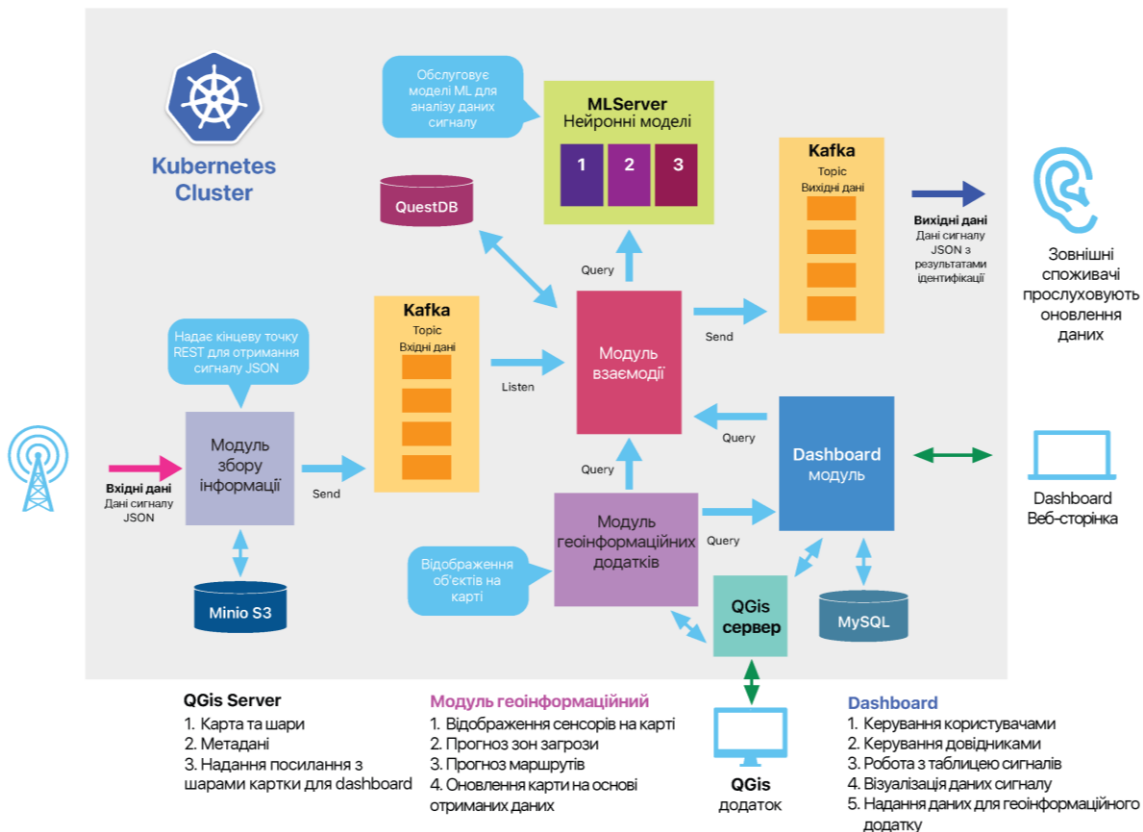


Рис. 5. Функціональна схема архітектурного рішення

Контейнери у Kubernetes подібні до віртуальних машин, але мають ізольовану операційну систему для спільного використання між додатками. Як віртуальна машина, контейнер має свою власну файлову систему, процесор, пам'ять, простір процесу та все необхідне для роботи. Проте контейнери у Kubernetes не прив'язані до базової фізичної інфраструктури.

При розгортанні середовища Kubernetes будується кластер, який складається з набору робочих машин, що називаються вузлами. На кожному вузлі запускається у рамках контейнера робоча програма, що відповідає модулю з переліку, показаного на рисунку 5.

У кожному вузлі мережі запускаються процеси-менеджери, які керують чергами завдань, створенням та запуском нових завдань, їх завершенням, обміном повідомленнями та ідентифікацією. При створенні нового завдання відбувається ініціалізація нового процесу в межах поточного вузла на поточному комп'ютерному кластері. Контейнери використовуються для забезпечення ізоляції робочого середовища цих процесів, забезпечуючи необхідні файли, вхідні дані та інші програмні пакети, щоб кожен елемент був самодостатнім. Усі дочірні процеси створюються з тим самим зображенням контейнера, що й батьківський процес, для забезпечення послідовності робочого середовища. Оскільки кожен процес є частиною кластера, його життєвий цикл аналогічний будь-якому завданню в цій мережі.

Основним у комплексі досліджень є ідентифікація об'єктів загроз на основі нейроеволюційних алгоритмів розпізнавання. Прототипи інтерфейсу кінцевого користувача для застосування цих досліджень в процесах ідентифікації, прогнозування та візуалізації описано в документі "Рішення щодо організаційного забезпечення Технічного проекту".

На модуль збору інформації надходять пакети даних у форматі JSON з різних джерел. Кожен канал отримання даних передає пакети на свій серверний шлюз (REST API). Після перевірки пакети даних передаються у Модуль вхідних даних (Kafka Topic Вхідні дані) для подальшої обробки. Цей модуль працює на фреймворку Apache Kafka в асинхронному режимі, що дозволяє ефективно обробляти дані на всіх етапах, забезпечуючи відмовостійкість, послідовність подій, нульову втрату даних та ефективну доставку.

Модуль геоінформаційних додатків відображає картографічну інформацію про розташування статичних та динамічних об'єктів поточної обстановки, а також результати ідентифікації об'єктів загроз та прогнозування подій та рівня небезпеки.

При потребі модуль геоінформаційних додатків запитує дані про нові пакети даних з результатами Ідентифікації та Прогнозування та оновлює інформацію на картах та шарах, що знаходяться на сервері QGIS. Ці карти та шари використовуються для відображення інформації користувачам за їх запитом.

Адміністратор ГІС може, за допомогою додатка QGIS, вносити статичні зміни на карти та шари, додавати чи змінювати сталі об'єкти та оновлювати дані на картах за необхідності.

Для оновлення додатка QGIS та його баз даних у випадках відсутності прямого доступу до мережі Інтернет використовується поетапний процес:

Завантаження нової версії QGIS чи плагіну з офіційного сайту розробника на окремому комп'ютері, який має доступ до Інтернету.

Збереження завантаженого файлу на зовнішній носій та його перевірка на наявність можливих загроз або вірусів.

Завантаження файлів оновлення QGIS з зовнішнього носія на комп'ютер у локальній мережі.

Модуль Dashboard використовується для взаємодії користувачів із СПЗ через веб-сторінку та забезпечує візуалізацію даних. Користувачі, після авторизації, отримують доступ до інтерактивного функціоналу в залежності від їхніх прав доступу. Модуль складається з п'яти основних розділів: Моніторинг, Ідентифікація, Прогнозування, Налаштування та Допомога.

Розділ Моніторингу відповідає за стеження за поточною обстановкою. Під час вибору проміжку часу на карті відображаються дані про отримані пакети з результатами ідентифікації.

Розділ Ідентифікації відображає результати ідентифікації об'єктів у табличному вигляді з можливістю фільтрації. Для кожного пакету є можливість докладного розгляду отриманих даних у форматі JSON та різноманітних графічних представлень. Окремі пакети даних, які є цікавими для подальшого аналізу або навчання нейронної мережі, можна зберегти в довіднику сигналів.

Розділ Прогнозування показує результати прогнозування розвитку подій загроз.

Розділ Налаштування відповідає за роботу з довідниками та класифікаторами.

Розділ Допомоги призначений для отримання інформації про роботу з Програмного забезпечення.

Висновки

В роботі розв'язано актуальну задачу розробки системи моніторингу рухомих об'єктів на основі геоінформаційних даних. У роботі була вирішена актуальна проблема розробки системи моніторингу рухомих об'єктів, використовуючи геоінформаційні дані. Це призвело до отримання наступних результатів: проведений аналіз основних принципів побудови та визначена сфера застосування геоінформаційних систем; оцінено різні технології визначення координат рухомих об'єктів для розробки геоінформаційних систем; проведено порівняльний аналіз методів визначення координат рухомих об'єктів, зокрема за допомогою GPS, Wi-Fi та ZigBee, у контексті їх переваг та недоліків для використання у геоінформаційних системах та обґрунтовано вибір програмного забезпечення для створення системи моніторингу рухомих об'єктів. Досліджено методи визначення координат рухомих об'єктів та визначено можливі напрямки подальшого розвитку, зокрема створення програмних продуктів та систем моніторингу рухомих об'єктів.

Література

1. Зацерковний В.І., Бурачек В.Г., Железняк О.О., Терещенко А.О. 2014, Геоінформаційні системи і бази даних: монографія. Ніжин: НДУ ім. М. Гоголя. 492 с.
2. Геоінформаційні системи. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.geoguide.com.ua/survey/survey.php?part=gis>.
3. Костріков С.В., Сегіда К.Ю. 2016. «Економічна та соціальна географія», Географічні інформаційні системи: навчально-методичний посібник для аудиторної та самостійної роботи студентів за спеціальностями «Географія». Харків. 82 с.
4. Зацерковний В.І. Тішаєв І.В. Віршило І.В. Демидов В.К. 2016. Геоінформаційні системи в науках про Землю. Ніжин: НДУ ім. М. Гоголя. 510 с.
5. Шипулін В.Д.. Основні принципи геоінформаційних систем: навч. посібник, Харків: ХНАМГ. 2010. 313 с.
6. Rodrigue Jean-Paul. 2020. The Geography of Transport Systems. New York: Routledge. Third edition. pp 456.
7. П.І. Біда. Використання ГІС-технологій у землевпорядному проектуванні. Український журнал прикладної економіки. Т. 2. № 2. 2017. 120–128 с.

8. Stefan Steiniger, Moritz Neun and Alistair Edwardes. Foundations of Location Based Services, CartouCHel. Lecture Notes on LBS. V. 10. 2015.
9. Cisco Systems, Inc. Wi-Fi Location-Based Services-Design and Deployment Considerations, Cisco Documentation: Cisco Integrated Networking Solutions 2014
10. Доля К.В., Доля О.Є. 2018, Геоінформаційні системи на транспорті, Харків: ХНУМГ ім. О.М. Бекетова. 230 с.
11. Shaw Shih-Lung. Geographic information systems for transportation: from a static past to a dynamic future, annals of GIS. 2010. Vol. 16. pp. 129–140.
12. Твердохліб А.О., Коротін Д.С. Ефективність функціонування комп'ютерних систем при використанні технології блокчейн і баз даних. Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки. 2022.
13. Цвик О.С. Аналіз і особливості програмного забезпечення для контролю трафіку. Вісник Хмельницького національного університету. Серія: Технічні науки, (1). 2023.
14. В.Г. Бурачек, В.І. Зацерковний. Основи системного аналізу. Конспект лекцій, Чернігів: ЧДІЕУ, 2009, 152 с.
15. Бондаренко Е.Л. Геоінформаційна схема картографування – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://archive.nbuv.gov.ua/portal/natural/ktvsh/2011_1/8.pdf.
16. Морозов В.В. Геоінформаційні системи в агросфері: Навч. посіб. В.В. Морозов, Н.М. Шапоринська, О.В. Морозов. К.: Аграрна освіта. 2010, 269 с.
17. Дубінін М.Ю., Костикова А.М. Геоінформаційні системи. «Компьютера». 2008. 740-749с.

References

1. Zatserkovnyi V.I., Burachek V.H., Zhelezniak O.O., Tereshchenko A.O.. 2014. Heoinformatsiini systemy i bazy danykh: monohrafiia. Nizhyn: NDU im. M. Hoholia, pp 492.
2. Heoinformatsiini systemy. – [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu: <http://www.geoguide.com.ua/survey/survey.php?part=gis>.
3. Kostrikov S.V., Sehida K.Iu. 2016. Heohrafichni informatsiini systemy: navchalno-metodychnyi posibnyk dlia audytornoї ta samostiinoї roboty studentiv za spetsialnostiamy «Heohrafiia», «Ekonomichna ta sotsialna heohrafiia». Kharkiv. pp 82.
4. Zatserkovnyi V.I., Tishaiev I.V., Virshylo I.V., Demydov V.K. 2016. Heoinformatsiini systemy v naukakh pro Zemliu. Nizhyn: NDU im. M. Hoholia. pp 510.
5. Shypulin V.D., Osnovni pryntsy py heoinformatsiinykh system: navch. posibnyk., Kharkiv: KhNAMH. 2010. pp 313.
6. Rodrigue Jean-Paul. 2020. The Geography of Transport Systems. New York: Routledge. Third edition. pp 456.
7. P.I. Bida, Vykorystannia HIS-tekhnohii u zemlevporiadnomu proektuvanni, Ukrainskyi zhurnal prykladnoї ekonomiky, T. 2. № 2. 2017. pp 120–128.
8. Stefan Steiniger, Moritz Neun and Alistair Edwardes. Foundations of Location Based Services, CartouCHel. Lecture Notes on LBS. V. 1. 0, 2015.
9. Cisco Systems, Inc. Wi-Fi Location-Based Services-Design and Deployment Considerations, Cisco Documentation: Cisco Integrated Networking Solutions. 2014
10. Dolia K.V., Dolia O.Ie. 2018. Heoinformatsiini systemy na transporti. Kharkiv: KhNUMH im. O.M. Beketova. pp 230.
11. Shaw Shih-Lung. Geographic information systems for transportation: from a static past to a dynamic future, annals of GIS. 2010. Vol. 16. pp 129–140, DOI: 10.1080/19475683.2010.513155.
12. Tverdokhlib A.O., Korotin D.S. Efektyvnist funktsionuvannia kompiuternykh system pry vykorystanni tekhnologii blokchein i baz danykh. Tavriiskyi naukovyi visnyk. Serii: Tekhnichni nauky, 2022, (6) [in Ukrainian].
13. Tsvyk O.S. Analiz i osoblyvosti prohramnoho zabezpechennia dlia kontroliu trafiku. Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. Serii: Tekhnichni nauky, 2023, (1) [in Ukrainian].
14. V.H. Burachek, V.I. Zatserkovnyi, Osnovy systemnoho analizu. Konspekt lektzii. Chernihiv: ChDIEU, 2009. pp 152.
15. Bondarenko E.L., Heoinformatsiina skhema kartohrafuvannia / E.L. Bondarenko. – [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu: http://archive.nbuv.gov.ua/portal/natural/ktvsh/2011_1/8.pdf.
16. Morozov V.V. Heoinformatsiini systemy v ahrosferi: Navch. posib., V.V. Morozov, N.M. Shaporynska, O.V. Morozov. K.: Aharna osvita. 2010. pp 269.
17. Dubinin M.Iu., Kostykova A.M. Heoinformatsiini systemy. «Kompiuterra». 2008, pp 740-749.