

УДК 004.02, 004.455.2

DOI: <https://doi.org/10.53920/ITS-2023-2-4>

**Олександр Андрійович ТКАЧЕНКО,**

кандидат фізико-математичних наук, доцент,  
доцент кафедри інформаційних технологій,  
Державний університет інфраструктури та технологій  
ORCID ID: [0000-0001-6911-2770](https://orcid.org/0000-0001-6911-2770)

**Богдан Юрійович ВОЛОХОНЕНКО,**

магістрант кафедри інформаційних технологій,  
Державний університет інфраструктури та технологій  
ORCID ID: [0009-0004-3031-4980](https://orcid.org/0009-0004-3031-4980)

## **ДЕЯКІ АСПЕКТИ РОЗРОБКИ ТА ВИКОРИСТАННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ В СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ**

*В наш час системи інформаційні системи використовуються в багатьох сферах економіки, науки, освіти, в нашому повсякденному житті. Особливе місце займають геоінформаційні інформаційні системи, серед задач яких, зокрема, є задачі, пов'язані з обробкою географічних даних (в тому числі й просторових). Сучасні геоінформаційні системи широко застосовуються в різних сферах, зокрема, в геології (для вивчення природних ресурсів, геологічних утворень і кліматичних змін), сільському господарстві (для управління земельними ресурсами, прогнозування врожаїв, оптимізації сільськогосподарських бізнес-процесів), міському господарстві (для планування розвитку і функціонування міст, забезпечення функціонування транспортної системи міста тощо), логістиці (для вирішення задач маршрутизації, оптимізації доставки товарів, організації оптимальних пасажиро- і вантажопотоків), медицині (для відстеження поширення епідемій та пандемій, допомоги при визначенні осередків природних катастроф, тощо).*

*Метою роботи є аналіз та дослідження проблем щодо розробки програмного забезпечення відповідної геоінформаційної системи у сільському господарстві для оптимізації процесів управління земельними ресурсами, росту врожайності та підвищення стійкості галузі до внутрішніх і зовнішніх факторів. Мета і завдання статті спрямовані на просування інноваційних підходів та технологій, які можуть підтримати стійкий розвиток сільського*

**господарства та забезпечити високий рівень продуктивності та якості продукції.**

**Використання розробленої авторської геоінформаційної системи підтримує, зокрема, такі функції, як просторовий контекст (розгляд даних в контексті їх розташування на мапі), візуалізація даних на мапі робить інформацію більш зрозумілою і доступною для широкого кола користувачів, прогнозування різних явищ (наприклад, зміни клімату, повені, врожайності), планування ресурсів (наприклад за допомогою пенетрометра можна в режимі реального часу отримувати дані про щільність і якість ґрунту). Геоінформаційні системи залишаються незамінним інструментом, який допомагає вирішувати проблеми та приймати обґрунтовані рішення з урахуванням географічного контексту.**

**Ключові слова:** геоінформаційна система, географічні дані, мапа, просторові геодані, задачі та бізнес-процеси сільського господарства, інтерфейс системи.

**Olexandr TKACHENKO**

PhD of physical and mathematical sciences, associate professor,  
associate professor at the department  
of information technologies,  
State University of Infrastructure and Technology

**Bohdan VOLOKHONENKO**

Undergraduate at the department of information technologies,  
State University of Infrastructure and Technology

## **SOME ASPECTS OF THE DEVELOPMENT AND USE OF GEOINFORMATION IN AGRICULTURE**

**Nowadays, information systems are used in many areas of the economy, science, education, and in our everyday life. A special place is occupied by geoinformation information systems, among the tasks of which, in particular, there are tasks related to the processing of geographic data (including spatial data). Modern geoinformation systems are widely used in various fields, in particular, in geology (for the research of natural resources, geological formations and climate changes), agriculture (for land management, crop forecasting, optimization of agricultural business processes), urban management (for development planning and the functioning of cities, ensuring**

**the functioning of the city's transport system, etc.), logistics (for solving routing problems, optimizing the delivery of goods, organizing optimal passenger and cargo flows), medicine (for tracking the spread of epidemics and pandemics, helping to identify centers of natural disasters, etc.).**

**The purpose of the work is the analysis and research of problems related to the development of software for the appropriate geoinformation system in agriculture to optimize the processes of land resource management, yield growth and increase the industry's resilience to internal and external factors. The purpose and objectives of the article are aimed at promoting innovative approaches and technologies that can support the sustainable development of agriculture and ensure a high level of productivity and product quality.**

**The use of the developed author's geoinformation system supports, in particular, such functions as spatial context (viewing data in the context of their location on the map), visualization of data on the map makes information more understandable and accessible to a wide range of users, forecasting of various phenomena (for example, climate change, floods, yield), resource planning (for example, with the help of a penetrometer, you can receive data on the density and quality of the soil in real time). Geographic information systems remain an indispensable tool that helps solve problems and make informed decisions taking into account the geographic context.**

**Keywords:** geoinformation system, geographic data, map, spatial geodata, tasks and business processes of agriculture, system interface.

**Постановка проблеми.** В наш час географічні інформаційні системи (ГІС) [1, 2] стали необхідним інструментом, модернізуючи та трансформуючи способи, якими збираються, обробляються, зберігаються та використовуються різноманітні географічні дані. ГІС – це комплекс програмних і апаратних засобів, які дозволяють аналізувати та візуалізувати інформацію на мапах, пов'язуючи її з відповідними географічними координатами [3].

Іншими словами можна сказати, що ГІС – це система збору, зберігання, обробки, аналізу та візуалізації географічних даних. Важливою властивістю ГІС є можливість представлення просторових географічних даних [4]. Це означає, що інформація відображається на мапі, де географічні об'єкти, такі як дороги, річки, міста, розміщуються згідно з відповідними координатами на по-

верхні Землі. Сучасні ГІС знайшли широке застосування в різних сферах життєдіяльності держави та суспільства, зокрема, в:

- *геології*, де ГІС використовуються для вивчення природних ресурсів, геологічних утворень та кліматичних змін;
- *сільському господарстві* для управління земельними ресурсами, прогнозування врожаїв, оптимізації різноманітних сільськогосподарських бізнес-процесів;
- *господарстві міст* при розробці планів розвитку і функціонування міст, управлінні інфраструктурою міста та забезпечення ефективного функціонування транспортної системи міста (наприклад, прокладання транспортних маршрутів, моніторингу транспортного руху);
- *логістиці* при вирішенні багатьох класів задач маршрутизації та моніторингу логістичних і транспортних систем, оптимізації доставки товарів, організації оптимальних пасажиро- і вантажопотоків;
- *екології* для здійснення моніторингу і аналізу впливу на навколишнє середовище діяльності людини (як її безпосередньої життєдіяльності, так і опосередковано діяльності промислових, енергетичних, сільськогосподарських підприємств);
- *маркетингових дослідженнях* для визначення, наприклад, потенційних ринків та місць розташування магазинів;
- *медицині* при відстеженні поширення епідемій та пандемій, допомозі при визначенні осередків природних катастроф, боротьбі з наслідками цих катастроф та визначення найбільш небезпечних (патогенних) місць їхнього виникнення.

В наш час спостерігається постійний розвиток ГІС завдяки, зокрема, використанню:

- Big Data;
- штучного інтелекту (зокрема, нейромережових технологій);
- різних технологій обробки великих обсягів даних;
- хмарним технологій [5];
- вебтехнологій;
- різних мобільних рішень та технологій.

Тому актуальність проблем, пов'язаних з розробкою сучасної ГІС для вирішення задач сільськогосподарського спрямування, не викликає сумнівів. Такі ГІС можуть використовуватися, зокрема,

для розв'язання проблем, пов'язаних зі змінами клімату, управління водними ресурсами в межах окремого регіону чи країни в цілому.

Таким чином ГІС повинно стати потужним інструментом, який допоможе краще розуміти нашу планету і приймати обґрунтовані оптимальні рішення при вирішенні багатьох актуальних проблем.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Інформатика та геоінформатика – теоретичний фундамент ГІС, які набули масштабного, широкого застосування в сучасних інформаційних технологіях і мають стрімкий та потужний розвиток [1]. ГІС поєднали в собі апаратні та технічні засоби, програмне та інформаційне забезпечення [2].

Сучасні ГІС та геоінформаційні технології (ГІТ) стали надзвичайно популярними і розповсюдженими в усіх галузях і сферах життя. Вони використовуються для розв'язання різноманітних завдань, включаючи планування, моделювання та управління на різних рівнях, від місцевого до національного. ГІС допомагають аналізувати природно-економічний потенціал, створювати транспортні магістралі та нафтопроводи, проводити екологічний та економічний моніторинг. Важливим є ще й те, що вони надають можливість забезпечувати безпеку громадянського життя [3].

Сучасні ГІС передбачають наявність наступних підсистем [1 – 3]:

1. Підсистема збору даних в ГІС відіграє критичну роль у процесі створення та аналізу геопросторових інформаційних ресурсів, вона відповідає за збір та попередню обробку даних з різних джерел, що можуть включати, зокрема:

- аерофотознімання;
- цифрове дистанційне зондування;
- геодезичні вимірювання;
- словесні описи;
- статистичні дані.

Ця підсистема дозволяє створювати базу даних, яка містить точкові, лінійні та площинні об'єкти, їхні атрибути та географічні координати.

Завдяки використанню комп'ютерів і сучасних електронних пристроїв, таких як дигітайзери і сканери, підготовка початкових даних є більш ефективною. Це дозволяє записувати чи кодувати точки, лінії та області для подальшого використання в аналізі та

візуалізації інформації. Зокрема, можна використовувати готові цифрові мапи, цифрові моделі рельєфу, цифрові ортофотознімки та інші цифрові ресурси для підвищення точності та обсягу геопросторових даних [4].

Таким чином, створення підсистеми збору даних у ГІС є ключовим етапом у отриманні та управлінні географічною інформацією, яка використовується у багатьох галузях: від містобудування до наукових досліджень.

*2. Підсистема зберігання і вибірки даних в ГІС дозволяє, зокрема:*

- ефективно зберігати геопросторових даних;
- оновлювати та редагувати геопросторові дані;
- формулювати запити, щоб отримувати потрібну та контекстно-пов'язану інформацію [5].

Основна функція цієї підсистеми полягає в перенесенні уваги із загального аналізу інформації на точне формулювання запитів. Основна функція підсистеми – збереження геометричних координат, лінійних і площадкових об'єктів, а також їхні відповідні атрибути. Підсистема забезпечує зручний доступ до цих даних та можливість виконання різних операцій над ними.

*3. Підсистема обробки і аналізу даних в ГІС виконує різноманітні завдання, базуючись на наданих різноманітних даних. Вона впорядковує, розподіляє, встановлює параметри та обмеження, а також проводить моделювання. Підсистема аналізу розроблена для спрощення та полегшення процесу обробки просторових даних, усуваючи потребу в ручних розрахунках та сприяючи автоматизації цього процесу для користувача.*

*4. Підсистема виведення даних в ГІС відображає геопросторову інформацію у різних форматах, включаючи табличний, діаграмний та картографічний. Ця підсистема перетворює дані у зручний для користувача вигляд, незалежно від того, чи має справу це з паперовою картографією, чи з цифровою картографією, використовуючи комп'ютерні засоби.*

Головним результатом роботи підсистем є створення мап та інших візуалізацій географічних даних.

У структурі ГІС інформація організована у вигляді різних інформаційних шарів. Кожен шар є сукупністю геопросторових об'єктів, пов'язаних з певною темою чи класом об'єктів на певній території та в системі координат, яка є спільною для всіх шарів [6].

Під час створення ГІС важливо вибрати базові дані, які будуть використовуватися для об'єднання всіх даних.

Підсистема ГІС також надає можливість обробки польових геодезичних даних, включаючи імпорт даних з різних джерел та їх подальший аналіз. Це дозволяє вирішувати проблеми землеустрою та геодезії більш ефективно та точно.

ГІС є потужним інструментом організації, аналізу та візуалізації географічних даних, що знаходять широке застосування у різних сферах: від геології до містобудування.

Перевагою ГІС над звичайними «паперовими» методами досліджень є автоматизація, створення і використання просторових тривимірних моделей даних [7].

**Мета статті** полягає в аналізі та дослідженні проблем розробки програмного забезпечення ГІС та використання ГІТ і ГІС у сільському господарстві для оптимізації процесів управління земельними ресурсами, росту врожайності та підвищення стійкості галузі до внутрішніх і зовнішніх факторів.

Досягнення цієї мети забезпечується вирішенням, зокрема, наступних завдань:

- визначення потреб сільського господарства у відповідних ГІС та ГІТ;
- визначення класів задач, які можуть бути вирішені більш ефективно за допомогою відповідної ГІС;
- дослідження інструментарію, програмного забезпечення та технологій, адекватних потребам та можливостям сільськогосподарського сектора, що дозволяють збирати, аналізувати та використовувати географічні дані для покращення ефективності сільськогосподарського виробництва;
- розробка авторської ГІС для вирішення низки проблем сільського господарства (зокрема, проблем планування та розміщення різних сільсько-господарських об'єктів, проблем управління земельними ресурсами, проблем моніторингу стану посівів, тощо).

Мета і завдання статті спрямовані на просування інноваційних підходів та технологій, які можуть підтримати стійкий розвиток сільського господарства та забезпечити високий рівень продуктивності та якості продукції.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Важливою властивістю ГІС є можливість робити різні обчислення та аналіз

географічних даних, використовуючи спеціальні просторові функції, які дозволяють виконувати різні обчислення, в залежності від систем координат (наприклад, такі як обчислення площі, довжини, периметру, кутів, тощо).

Також важливою властивістю геоінформаційного забезпечення є можливість створення тривимірних просторових моделей для подальшого аналізу та візуалізації геоданих.

Зміст інформації, яка не є базовою та яку включають до предметно-орієнтованих ГІС, визначається за їхнім призначенням. Обробляючи та аналізуючи географічні дані, ГІС використовуються для вирішення різних проблем, зокрема, таких як:

- аналіз земельних ресурсів;
- міське планування;
- екологічний моніторинг;
- моделювання в транспортній сфері.

Просторові дані являють собою інформацію, яка пов'язана з конкретними географічними об'єктами або місцями на Землі і містить в собі інформацію про їхнє розташування, форму, розмір, атрибути та взаємодію.

Просторові дані можуть бути представлені у різних форматах і включати:

- *Геометричну інформацію*, яка є частиною просторових даних, описує геометричні аспекти об'єктів, такі як координати точок, ліній і полігонів, їхні розміри, форми і відношення до інших об'єктів. Геометричні дані дозволяють ГІС розуміти просторову структуру та географічні відносини між об'єктами.
- *Атрибутивну інформацію* – дані про характеристики об'єктів, такі як назви, описи, категорії, числові значення, дати та інші властивості. Атрибутивна інформація дозволяє ГІС виконувати аналіз і запити до даних, робити вибірку і фільтрацію об'єктів за їхніми властивостями.
- *Зв'язані дані* – дані, які встановлюють взаємозв'язки між різними об'єктами в просторі. Наприклад, це можуть бути лінії доріг, які з'єднують точки розташування, або полігони, що представляють адміністративні межі регіонів.
- *Часові дані*. Деякі просторові дані також містять інформацію про час, пов'язаний з об'єктами. Це може включати в себе час створення або зміни об'єкту, та інші часові параметри, які можуть бути важливі для аналізу динаміки подій.



Просторові дані у ГІС дозволяють збирати, зберігати, аналізувати та відображати інформацію про реальний світ на мапі. Вони використовуються в різних галузях, таких як геологія, сільське господарство, містобудування, екологія, транспортне планування, маркетинг та багато інших, для вирішення різноманітних проблем та прийняття відповідних управлінських рішень на основі географічних даних (рис. 1).



**Рис. 1. Просторові дані в ГІС ArcGIS**

Джерело: [7]

Існує багато ГІС з різними можливостями та різним функціоналом для роботи з просторовими даними. Найбільш поширеними ГІС є: ArcGIS [7], Esri Ukraine [8] та QGIS [9].

ArcGIS – комерційна система від компанії Esri, яка підтримує широкий спектр функцій та має багато можливостей по роботі з просторовими геоданими. ArcGIS має багато користувачів, але є досить дорогою.

QGIS є безкоштовною та відкритою системою, що має меншу кількість функцій, ніж ArcGIS, але спектр її функцій можна розширити за допомогою плагінів. QGIS є популярним вибором для некомерційної та дослідницької роботи.

Якщо порівнювати ці дві сучасні ГІС, то можна дійти висновку, що ArcGIS має фк переваги, так і недоліки, зокрема:

- багатофункціональний інтерфейс та інтуїтивне користувацьке середовище;
- великий спектр функціоналу, а саме:
  - геопроцесінг;
  - аналіз та візуалізація даних;
  - підтримка різних форматів даних;

- обмежену безкоштовну версію;
- високу вартість ліцензії;
- високі вимоги до обладнання та ресурсів комп'ютера;
- складне налаштування та розгортання системи.

QGIS в цьому плані має, зокрема:

- безкоштовну версію;
- легко налаштовується та розгортається;
- підтримує великий вибір форматів даних;
- функціонал надає підтримку геопроектингу, візуалізації та аналізу даних.

QGIS має не такий багатофункціональний та менш інтуїтивний інтерфейс порівняно з ArcGIS, ірму може виникати проблема з сумісністю з деякими форматами даних. Менш відомою та використовуваною є ГІС GRASS GIS [16].

GRASS GIS – безкоштовна та відкрита система, яка зосереджується на аналізі та обробці геоданих. Вона є потужною та гнучкою, але для її використання необхідні спеціалізовані знання та навички роботи з геоданими та іншими ресурсами.

Описані вище системи можуть співпрацювати з просторовими даними, але не підходять під вирішення проблеми для сільського господарства. Тому виникла проблема розробки авторської ГІС для вирішення широкого кола практичних завдань в сільському господарстві.

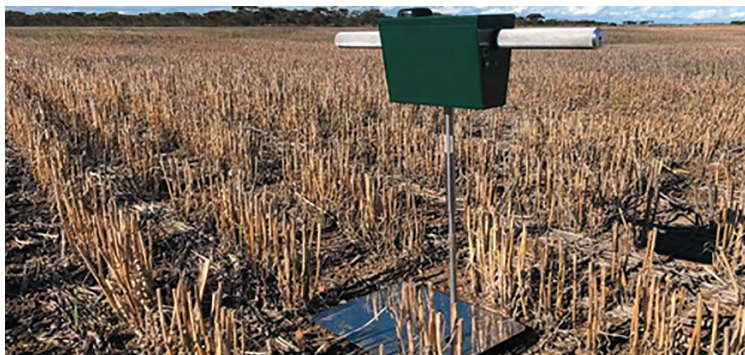
Просторові дані в ГІС мають великий потенціал для застосування в сільському господарстві і можуть бути використані для вирішення різноманітних завдань та оптимізації процесів у цій галузі [10].

На основі проведеного аналізу використання сучасних ГІС та з урахуванням класів проблем, які треба вирішувати у сільському господарстві, була розроблена авторська ГІС.

Завдяки просторовим даним і створено авторської системи були вирішені, зокрема, такі проблеми сільського господарства:

*Землевпорядкування і управління земельними ресурсами.*  
Геоінформаційна система дозволила детально проаналізувати земельні ділянки, їхні характеристики, вологість, відстань до водних джерел і багато інших параметрів [11]. Завдяки цій інформації, система допомагає сільським господарствам раціонально використовувати землю, планувати вирощування рослин і встановлювати оптимальні межі сільськогосподарських ділянок.

Під час дослідження був використаний пенетрометр (рис. 2).



**Рис. 2. Ґрунтовий пенетрометр Superagronom**

Джерело: [12]

*Пенетрометр* – пристрій для інженерно-геологічних досліджень, який дозволяє вивчати щільність ґрунту на різних глибинах. Завдяки пенетрометру ми маємо можливість проконтролювати міцність і якість ґрунту перед зведенням житлових, промислових та агрономних об'єктів [12].

Принцип роботи пенетрометра полягає в визначенні проникності ґрунту на основі глибини проникнення стандартного інструмента при підведенні певного навантаження. Пенетрометр може точно вимірювати проникність ґрунту в міліметрах, що дозволяє отримати докладний профіль ґрунтових шарів на певній ділянці.

Існують два основних типи ґрунтових пенетрометрів: статичні, які використовують статичне навантаження для вимірювання опору ґрунту, і динамічні, в яких вимірювальний інструмент занурюється в ґрунт через серію ударів.

Пристрій надсилає виміряну щільність, опір ґрунту на сервер, який зберігає надіслані дані і відображає отриману інформацію на мапі.

*Моніторинг стану посівів.* Створена авторська ГІС дозволила вести моніторинг врожайності та стану посівів на польових ділянках.

За допомогою датчиків можна вчасно виявляти проблеми, такі як шкідники, хвороби або стресові умови для рослин і вживати заходів для їхнього контролю. Користувач самостійно вводить інформацію про стан посівів та врожайності і отримує аналіз.

*Оптимізація використання добрив і ресурсів.* ГІС дозволила проаналізувати різні параметри ґрунту і води, щоб розрахувати

оптимальні дози добрив і розташування систем поливу. Це потенційно зменшує витрати та підвищує врожайність.

Під час розрахунку внесення добрива враховується наступні фактори:

- врожайність,
- необхідний рівень якості продукту;
- родючість ґрунту;
- тип ґрунту;
- обробка поживних решток.

Метод прямого використання результатів польових дослідів є точним, якщо родючість ґрунтів наукової установи та господарства однакова [12]. Через різницю у ґрунтовій родючості на окремих полях, рекомендовані дози добрив для сільськогосподарських культур обчислюються за допомогою відповідних коефіцієнтів. Це потребує витрат часу та коштів на проведення дослідів і обмежує застосування цього методу за зональними межами. Однак існують інші методи розрахунку норм добрив, які включають, зокрема:

а) *Метод елементного балансу*, який базується на розрахунку норм добрив на основі вмісту поживних речовин у ґрунті та очікуваного вносу цих елементів сільськогосподарськими культурами.

б) *Метод розрахунку норм добрив* на основі підвищення врожайності.

Суть методу з використанням елементного балансу полягає в тому, що дози добрив визначаються як різниця між виносом поживних елементів планованим врожаєм культур та можливим їх використанням із ґрунту. При цьому враховується доступність поживних елементів у ґрунті та добрив.

Вказані вище методи дозволяють більш точно визначити добривні норми для підвищення врожайності сільськогосподарських культур [13]. Дози добрив обчислюються за формулою:

$$D_y = B - (P - K_n) / K_y ,$$

де  $D_y$  – доза елемента добрива, кг/га,

$B$  – винос елемента живлення плановим уражаєм, кг/га,

$P$  – вміст рухомих форм елемента в шарі ґрунту, кг/га,

$K_n$  – коефіцієнт використання елемента рослинами з ґрунту,

$K_y$  – коефіцієнт використання елемента рослинами з добрива

Метод достатньо простий, але точність визначення оптимальної дози елемента добрива не є високою, оскільки усі показники, які були використані для розрахунку норми, варіюються.

Наприклад, коефіцієнти використання елементів живлення з ґрунту і добрив та їх витрати значно варіюють в залежності від декількох факторів: сортові особливості рослини, погодні умови, родючість ґрунту. Варіювання параметрів може досягати до 35%, а в деяких випадках навіть до 50%.

*Маркетинг та аналіз ринку.* Авторська ГІС дозволила проаналізувати ринки збуту для сільськогосподарської продукції та визначити найбільш прибуткові регіони для постачання. Авторська ГІС допомагає визначити також попити, пропозиції та тенденції на ринку [14].

Дослідження та аналіз ринку відбувається за відповідним планом:

- на першому етапі аналізується загальний стан ринку – аналіз тенденцій ринку, розрахунок ємності ринку, загальні показники, сегментація та структуризація ринку, сировинна база [15];
- на другому етапі після отримання загальної характеристики ринку відбувається державне регулювання галузі, яке передбачає основні закони, що регулюють галузь, податки та збори на ринку, принципи проведення державних закупівель.

Виробництво та динаміка реалізацій має цілу низку показників, зокрема таких, як обсяг виробництва та реалізації в кількісних та вартісних показниках, а також динаміка зростання виробництва і реалізації товарів та послуг.

- на третьому етапі після аналізу первинної інформації, йде глибокий аналіз операторів ринку:
  - перелік основних операторів;
  - структурування операторів;
  - частки ринку операторів;
  - ступінь конкуренції, ризику;
  - факторний аналіз часток ринкових конкурентів.

Обсяг продажів на ринку є головною метою дослідження ринку – експорт та імпорт (аналіз обсягів, структури, цін, географії поставок по країнах). Завдяки аналізу ціноутворень на ринку в авторській ГІС можна вирахувати майбутні ціни на продукти: динаміка цін на продукцію, опис факторів що впливають на формування цін, собівартість продукції та її рентабельність.

- на четвертому етапі після глибокого аналізу ринку, проводиться аналіз різних категорій споживачів та їхніх вподобань, зокрема:

- формування портрету споживача;
  - визначення вподобань різних категорій щодо того чи іншого товару;
  - аналіз інтернет-аудиторії в конкретній галузі;
  - аналіз державних тендерних закупівель (обсяги, структури по регіонам, організатори та учасники, сегментація споживання, потреба у товарі та ступінь задоволеності споживачів).
- на п'ятому етапі після дослідження ринку виконується підведення підсумків, зокрема:
    - генеруються прогностичні тенденції розвитку ринку;
    - формуються гіпотези розвитку ринку;
    - надаються рекомендації щодо розвитку на ринку.

*Планування і моніторинг інфраструктури.* Авторська ГІС допомагає планувати розміщення ферм, доріг, зерносховищ і інфраструктури для сільського господарства (рис. 3, рис.4). Вона також дозволяє здійснювати моніторинг стану сільськогосподарської інфраструктури для забезпечення ефективного її функціонування.



**Рис. 3. Приклад відображення збережених на сервері даних з пенетрометра**

Джерело: авторська система



**Рис. 4. Планування розміщення ферм**

Джерело: авторська система

*Управління різними видами культур.* Авторська ГІС дозволяє сільським господарствам визначати найкращі види культур для конкретних умов, враховуючи кліматичні умови, ґрунти та доступні ресурси.

Авторська ГІС має також моніторингову систему для ведення кількості наявних ресурсів та оновлюється в режимі реального часу.

Авторська система має змогу заздалегідь дізнаватись можливі погодні явища і сповіщати користувача при небезпеці, якщо погодні умови будуть загрожувати функціям життєдіяльності рослин.

**Висновки та пропозиції.** ГІС є потужним інструментом, який сприяє збору, аналізу та візуалізації географічної інформації в реальному часі, використовуючи її інтеграцію з іншими численними видами інформації, такими як соціальні, економічні, екологічні тощо. ГІС забезпечує можливість приймати обґрунтовані рішення в різних галузях виробництва.

Розроблена авторська ГІС дозволяє, зокрема, підтримку наступних функцій:

- *Просторовий контекст:* ГІС дозволяє розглядати дані в контексті їх розташування на мапі. Це сприяє кращому розумінню інформації і виявленню географічних взаємо-

зв'язків. Для того, аби можливо було використовувати і розташовувати дані на мапі використовують просторові дані (крапки, лінії, полігони та анотації).

- *Збір та аналіз даних:* ГІС дозволяє збирати дані з різних джерел і аналізувати їх, щоб виявити тенденції, залежності та шаблони. Це важливо для прийняття обґрунтованих рішень. Система аналізує і досліджує ринок за рядом факторів, що є її перевагою.
- *Візуалізація:* Можливість візуалізації даних на мапі робить інформацію більш зрозумілою і доступною для широкого кола користувачів. Завдяки інтеграції з онлайн-мапами система в режимі реального часу показує де знаходяться зареєстровані користувачем об'єкти.
- *Прогнозування:* ГІС може бути використана для прогнозування різних явищ, таких як зміни клімату, повені або врожайності. Вона дозволяє враховувати географічні фактори при прогнозуванні. При загрозі для рослин система активує «небезпеку» і повідомляє користувачам що треба зробити, щоб уникнути небажаних наслідків.
- *Планування ресурсів:* ГІС допомагає управляти природними ресурсами та інфраструктурою, що є важливим аспектом сталого розвитку. За допомогою пенетрометра можна в режимі реального часу отримувати виміряні дані про щільність і якість ґрунту та зберігати це все на сервісі.
- *Спільна робота:* ГІС підтримує спільну роботу різних користувачів, що дозволяє ефективно обмінюватися даними та спільно працювати над проектами.
- *Збереження часу і коштів:* ГІС дозволяє збільшити продуктивність і ефективність роботи, що зменшує витрати часу і коштів. Однак важливо враховувати, що ГІС також має свої обмеження, такі як високі вимоги до обладнання та програмного забезпечення, необхідність постійного оновлення даних.

Таким чином, можна вважати, що ГІС залишається незамінним інструментом для сучасного суспільства, який допомагає вирішувати складні проблеми та приймати обґрунтовані рішення з урахуванням географічного контексту. Система продовжує розвиватися та знаходити нові застосування в різних сферах діяльності.



## ЛІТЕРАТУРА

1. Донченко М.В., Коваленко І.І. Геоінформаційні системи. Миколаїв: Вид-во ЧНУ ім. Петра Могили, 2021. 132 с. ISBN 978-966-336-245-8.
2. GIS (Geographic Information System). URL: <https://education.nationalgeographic.org/resource/geographic-information-system-gis/> (дата звернення: 11.09.2023).
3. Decadal Monitoring of the Hydrothermal System of Stromboli Volcano, Italy. DOI: <https://doi.org/10.1029/2023GC010931> (дата звернення: 11.09.2023).
4. Зацерковний В.І., Бурачек В.Г., Железняк О.О., Терещенко А.О. Геоінформаційні системи і бази даних. Ніжин: НДУ імені М.В. Гоголя, 2017. 237 с.
5. Хмарні технології для збору геоданих. URL: <https://ngc.com.ua/ua/info/GIScloud.html> (дата звернення: 04.09.2023).
6. Опара В.М., Бузіна І.М., Хайнус Д.Д. Ландшафтно-екологічні дослідження екосистем сучасними методами. *Проблеми безперервної географічної освіти і картографії*, 2019. Вип. 29. С. 55 – 63. DOI: <https://doi.org/10.26565/2075-1893-2019-29-06>.
7. ArcGis. GeoDatabase. URL: <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/help/data/geodatabases/overview/feature-class-basics.html> (дата звернення: 25.09.2023).
8. Esri Ukraine. URL: <https://esri.ua/sarticle.php?id=1> (дата звернення: 14.09.2023).
9. QGIS. Documentation. URL: <https://qgis.org/uk/docs/index.html> (дата звернення: 14.09.2023).
10. The Bio Geosystem Strategy for Sustainable Irrigated Agriculture in Africa. URL: <https://journalcjast.com/index.php/CJAST/article/view/4061> DOI: <https://doi.org/10.9734/cjast/2023/v42i44061> (дата звернення: 24.09.2023).
11. Loiskandl W, Nolz R. Requirements for sustainable irrigated agriculture. *Agronomy*. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy11020306> (дата звернення: 19.09.2023).
12. Пенетрометр. URL: <https://superagronom.com/slovnik-agronoma/penetrometr-id20091> (дата звернення: 22.09.2023).
13. Норми внесення добрив. URL: <https://agro-business.com.ua/ahrarni-kultury/item/10797-normy-vnesennia-dobryv.html> (дата звернення: 23.09.2023).
14. Аналітичне дослідження ринку. URL: <https://pro-consulting.ua/ua/issledovanie-rynka/analiz-rynka-selskohozyajstvennoj-otrasli-ukrainy-2022-god> (дата звернення: 18.09.2023).
15. Український експорт продукції. URL: <https://landlord.ua/rejtingi/top-15-pozytsii-ukrainskohoho-eksportu-ahrarnoi-produktsii/> (дата звернення: 25.09.2023).

16. GRASS GIS. Bringing advanced geospatial technologies to the world. URL: <https://grass.osgeo.org> (дата звернення: 23.09.2023).

## REFERENCES

1. Donchenko, M.V., Kovalenko, I.I. (2021). Geoinformation systems. Mykolaiv: Publishing House of the ChNU named after Petra Mohyly. 132 p. ISBN 978-966-336-245-8.
2. GIS (Geographic Information System), available at: <https://education.nationalgeographic.org/resource/geographic-information-system-gis/> (Accessed 11 September 2023).
3. Decadal Monitoring of the Hydrothermal System of Stromboli Volcano, Italy, available at: <https://doi.org/10.1029/2023GC010931> DOI: 10.1029/2023GC010931 (Accessed 11 September 2023).
4. Zatserkovny, V.I., Burachek, V.G., Zheleznyak O.O., Tereshchenko, A.O. (2017). Geoinformation systems and databases. Nizhin: NSU named after M.V. Gogol, 237 p.
5. Cloud technologies for geodata collection, available at: <https://ngc.com.ua/ua/info/GIScloud.html> (Accessed 04 September 2023).
6. Opara, V.M., Buzina, I.M., Hainus, D.D. (2019). «Landscape and ecological studies of ecosystems using modern methods», *Problems of continuous geographical education and cartography*, Vol. 29: 55 – 63. DOI: <https://doi.org/10.26565/2075-1893-2019-29-06>.
7. ArcGis. GeoDatabase, available at: <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/help/data/geodatabases/overview/feature-class-basics.html> (Accessed 25 September 2023).
8. Esri Ukraine, available at: <https://esri.ua/sarticle.php?id=1> (Accessed 14 September 2023).
9. QGIS. Documentation, available at: <https://qgis.org/uk/docs/index.html> (Accessed 14 September 2023).
10. The Bio Geosystem Strategy for Sustainable Irrigated Agriculture in Africa, available at: <https://journalcjast.com/index.php/CJAST/article/view/4061> DOI: <https://doi.org/10.9734/cjast/2023/v42i44061> (Accessed 24 September 2023).
11. Loiskandl, W, Nolz, R. Requirements for sustainable irrigated agriculture. *Agronomy*, available at: <https://doi.org/10.3390/agronomy11020306> DOI: 10.3390/agronomy11020306 (Accessed 19 September 2023).
12. Penetrometer, available at: <https://superagronom.com/slovník-agronoma/penetrometr-id20091> (Accessed 22 September 2023).

13. Norms of application of fertilizers, available at: <https://agro-business.com.ua/ahraryni-kultury/item/10797-normy-vnesennia-dobryv.html> (Accessed 23 September 2023).

14. Analytical research of the market, available at: <https://pro-consulting.ua/ua/issledovanie-rynka/analiz-rynka-selskochozyajstvennoj-otrasli-ukrainy-2022-god> (Accessed 18 September 2023).

15. Ukrainian export of products, available at: <https://landlord.ua/rejtingi/top-15-pozytsii-ukrainskoho-eksportu-ahrarynoi-produktsii/> (Accessed 25 September 2023).

16. GRASS GIS. Bringing advanced geospatial technologies to the world, available at: <https://grass.osgeo.org> (Accessed 23 September 2023).

**СТАТТЯ НАДІЙШЛА ДО РЕДАКЦІЇ 25.09.2023**