

Міністерство освіти та науки України
Київський національний університет імені Тараса Шевченка
Географічний факультет
Кафедра геодезії та картографії

УДК:528.94:912:631
На правах рукопису

**КАРТОГРАФУВАННЯ ВИРОЩУВАННЯ
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР УКРАЇНИ ЗА ДОПОМОГОЮ
ГІС-ТЕХНОЛОГІЙ**

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Галузь знань 10 – “Природничі науки”

Спеціальність 103 - “Науки про Землю”

Освітньо-наукова програма - “Картографія, географічні інформаційні системи, дистанційне зондування Землі”

Кваліфікаційна робота бакалавра
студента IV курсу
Вахітова Рената Андрійовича

Науковий керівник –
кандидат географічних наук, доцент
Дудун Тетяна Володимирівна

Допущено до захисту:

Протокол засідання кафедри № _____ від _____ 20__ року

Завідувач кафедри

проф. Людмила ДАЦЕНКО

КИЇВ – 2025

ЗМІСТ

ВСТУП	3
РОЗДІЛ I. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ КАРТОГРАФУВАННЯ ВИРОЩУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР	6
1.1. Сільське господарство як об’єкт геоінформаційного аналізу.....	6
1.2. Основи тематичного картографування сільськогосподарських об’єктів..	10
1.3. Огляд ГІС-технологій для потреб аграрного сектору.....	15
РОЗДІЛ II. ДЖЕРЕЛА ДАНИХ І МЕТОДИКА СТВОРЕННЯ ТЕМАТИЧНИХ КАРТ	21
2.1. Просторові та статистичні джерела даних про вирощування сільськогосподарських культур України	21
2.2. Етапи обробки даних у ГІС-середовищі.....	25
2.3. Класифікації та візуалізації сільськогосподарських культур у картографуванні.....	28
РОЗДІЛ III. СТВОРЕННЯ КАРТИ ВИРОЩУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР УКРАЇНИ ЗА ДОПОМОГОЮ QGIS / ARCGIS	35
3.1. Вибір регіону та культур для картографування	35
3.2. Створення тематичних шарів та стилізація карт.....	39
3.3. Оцінка точності, ефективності та перспектив застосування створеної карти.....	45
ВИСНОВКИ	50
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	52
ДОДАТКИ	55

ВСТУП

Актуальність теми. Сучасний розвиток аграрного сектору в Україні неможливо уявити без впровадження новітніх інформаційних технологій. Одним із найефективніших інструментів для аналізу, планування та моніторингу сільськогосподарського виробництва є геоінформаційні системи (ГІС), які забезпечують просторову візуалізацію даних, що мають ключове значення для прийняття рішень. Актуальність дослідження визначається необхідністю підвищення ефективності ведення сільського господарства, впровадженням цифрових технологій в управління земельними ресурсами, а також потребою у створенні доступних, наочних та точних тематичних карт сільськогосподарських культур України.

З огляду на стратегічне значення аграрного сектору для національної економіки, питання просторового аналізу та картографування сільськогосподарських культур набувають особливого значення. ГІС-технології дають змогу інтегрувати статистичні, просторові та супутникові дані для створення багатошарових тематичних карт, що відображають стан, структуру та динаміку розміщення культур по території України.

Метою роботи є створення та аналіз тематичної карти розміщення сільськогосподарських культур України із застосуванням сучасних ГІС-технологій, що забезпечує просторове представлення та візуалізацію відповідних даних.

Для досягнення поставленої мети визначено такі **завдання**:

1. дослідити теоретико-методичні основи тематичного картографування аграрних об'єктів;
2. визначити основні джерела просторових та статистичних даних щодо вирощування сільськогосподарських культур України;
3. розробити методику створення тематичних карт вирощування сільськогосподарських культур в Україні із використанням програмного забезпечення QGIS / ArcGIS;

4. створити та візуалізувати карту вирощування сільськогосподарських культур на прикладі обраного регіону;
5. провести оцінку точності, ефективності та перспектив подальшого використання створеної карти.

Об'єктом дослідження є сільськогосподарські культури, які вирощуються на території України.

Предметом дослідження є методи геоінформаційного картографування вирощування сільськогосподарських культур в Україні, просторове представлення та візуалізація.

Методи дослідження: аналіз літературних джерел та наукових публікацій; методи геоінформаційного моделювання; обробка просторових даних у середовищі QGIS / ArcGIS; методи класифікації та візуалізації даних; порівняльно-аналітичний метод для оцінки отриманих карт.

Джерельна база дослідження: статистичні дані Державної служби статистики України; супутникові знімки Sentinel та Landsat; дані відкритих аграрних геопорталів; публікації науковців з питань ГІС у сільському господарстві; програмне забезпечення для картографування (QGIS, ArcGIS).

РЕФЕРАТ

У кваліфікаційній роботі бакалавра розглядається застосування геоінформаційних систем (ГІС) для картографування вирощування сільськогосподарських культур України. Обґрунтовано актуальність дослідження з огляду на потребу ефективного управління аграрними ресурсами, особливо в умовах кліматичних та геополітичних змін. Об'єктом дослідження є сільськогосподарські культури України, предметом – методи геоінформаційного аналізу та візуалізації культур.

У першому розділі висвітлено теоретичні основи тематичного картографування та можливості ГІС у агросфері.

У другому – проаналізовано джерела просторових і статистичних даних (зокрема Держстат, Sentinel-2), а також методику обробки у QGIS та ArcGIS.

У третьому – реалізовано побудову тематичної карти з використанням кількісного фону та картодіаграм для озимої пшениці та соняшнику відповідно.

Результатом є інтегрована ГІС-карта, що відображає просторову структуру вирощування культур на рівні областей. Оцінено точність, ефективність і перспективи подальшого використання карти для аграрної аналітики, регіонального планування та цифрового землеробства.

Ключові слова: ГІС, тематичне картографування, сільське господарство, супутникові дані, QGIS, ArcGIS.

РОЗДІЛ I

ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ КАРТОГРАФУВАННЯ ВИРОЩУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР В УКРАЇНІ

1.1. Сільське господарство як об'єкт геоінформаційного аналізу

Сільське господарство є ключовим елементом економіки України, забезпечуючи продовольчу безпеку держави, експортний потенціал та зайнятість населення у сільській місцевості. Водночас аграрна діяльність безпосередньо залежить від просторових характеристик земель, кліматичних умов, типів ґрунтів, інфраструктури та доступності водних ресурсів. У зв'язку з цим важливим інструментом для дослідження, управління та прогнозування у сільськогосподарському секторі виступає геоінформаційний аналіз, що ґрунтується на використанні ГІС-технологій.

Геоінформаційні системи (ГІС) дозволяють збирати, зберігати, аналізувати та візуалізувати просторові й атрибутивні дані про об'єкти аграрного середовища. Сільське господарство як об'єкт ГІС-аналізу охоплює різні компоненти: землекористування, сівозміни, типи культур, врожайність, якість ґрунтів, зрошення, ризики деградації, тощо. Просторове представлення цих параметрів дає змогу побудувати більш точну картину аграрного виробництва як у межах господарства, так і в масштабах регіону чи держави [25].

В Україні сільськогосподарські угіддя займають значну частину території – понад 70% загальної площі країни, що зумовлює потребу в системному їх аналізі. За даними Державної служби статистики, найбільшу частку становить рілля – понад 27 млн га, що свідчить про домінування

зернових та технічних культур у структурі землекористування (див. таблицю та рис. 1).



Рис. 1.1 Розподіл сільськогосподарських угідь України за категоріями

Таблиця 1.1

Розподіл сільськогосподарських угідь

	Категорія угідь	Площа, тис. га
1	Рілля	27400
2	Багаторічні насадження	850
3	Сіножаті	3500
4	Пасовища	5200
5	Пари	900

Розподіл сільськогосподарських угідь України за категоріями представлено в таблиці та на діаграмі вище. Така інформація є основою для створення базових геоінформаційних шарів, які використовуються в подальшому тематичному картографуванні.

ГІС-аналітика у сільському господарстві охоплює широкий спектр задач:

- моніторинг посівів на основі супутникових знімків;

- аналіз ґрунтів за агрохімічними показниками;
- моделювання врожайності залежно від агрокліматичних чинників;
- оптимізація логістики збирання та зберігання урожаю;
- контроль дотримання екологічних норм землекористування [32].

Сучасні рішення базуються на поєднанні ГІС із дистанційним зондуванням Землі (ДЗЗ), GPS-навігацією та інтернетом речей (ІоТ). За допомогою супутникових знімків Sentinel-2, Landsat-8, Planet тощо здійснюється регулярне спостереження за станом посівів, визначення NDVI-індексу, виявлення зон ризику або потенційного зниження врожайності [8].

Виділення сільськогосподарських культур на зображеннях супроводжується застосуванням алгоритмів класифікації – наприклад, supervised classification у середовищах ArcGIS або QGIS. Надалі ці дані інтегруються в тематичні шари, які дозволяють будувати карти за культурами, продуктивністю, змінами у структурі посівів тощо.

Слід зазначити, що використання ГІС у аграрному секторі має низку переваг:

- масштабованість – аналіз від поля до національного рівня;
- наочність – візуалізація результатів у вигляді карт і графіків;
- точність – поєднання даних з кількох джерел;
- оперативність – оновлення інформації у реальному або близькому до реального часі.

Завдяки цьому ГІС-технології стають основою для прийняття аграрно-економічних рішень, зокрема у системах точного землеробства, агроменеджменту, формування земельних банків, оцінювання ефективності землекористування [19].

Водночас існують і певні виклики – це недостатня технічна оснащеність господарств, обмежений доступ до якісних вихідних даних, потреба в підготовці кваліфікованих кадрів у сфері геоінформатики.

Сільське господарство, як просторово виражена галузь економіки, надзвичайно чутлива до змін природно-кліматичних умов, структури землекористування, якості ґрунтів та екологічного стану територій. Саме тому його вивчення з позиції геоінформаційного аналізу відкриває можливості не лише для опису, а й для прогнозування, моделювання та оптимізації виробничих процесів [25, с. 28].

Новітні підходи до ГІС-аналізу в агросфері передбачають активне використання індексів вегетації, динамічних моделей землекористування, аналізу часового ряду супутникових знімків та побудову агрокліматичних сценаріїв. Так, сучасні супутникові платформи дозволяють відстежувати розвиток культур упродовж сезону та оцінювати наслідки екстремальних погодних явищ (посухи, зливи, заморозки) у режимі реального часу [19, с. 61].

У контексті управління аграрним виробництвом все частіше застосовується концепція 'точного землеробства', яка базується на використанні даних ГІС для зонування полів, визначення норм внесення добрив, планування поливу та сівозміни. Завдяки аналізу NDVI, GNDVI, SAVI, EVI індексів можна оперативно реагувати на стресові умови для культур, а також визначати оптимальні строки збирання врожаю [32].

Додатковим напрямом розвитку є інтеграція даних з безпілотних літальних апаратів (БПЛА), які забезпечують високу просторову роздільну здатність (до 5 см/піксель) і дозволяють отримувати детальну інформацію про стан посівів, ущільнення ґрунту, появу бур'янів або осередків хвороб. Такі дані можуть оперативно оброблятися у ГІС-середовищі та використовуватися для прийняття оперативних агрономічних рішень [8].

Сучасний геоінформаційний аналіз в аграрному секторі також охоплює моделювання впливу антропогенних та природних чинників. Наприклад, побудова моделей ерозійної небезпеки, зони ризику підтоплень, карт оцінки ґрунтового потенціалу — усе це реалізується у спеціалізованих ГІС-додатках, таких як AgroMap, DSSAT, SWAT. Дані моделі враховують взаємозв'язок між природними умовами, діяльністю людини та сільськогосподарською продуктивністю [30].

Таким чином, сільське господарство як об'єкт ГІС-аналізу має міждисциплінарний характер, охоплюючи екологію, економіку, метеорологію, ґрунтознавство та ІТ. Його дослідження з використанням геоінформаційних систем дозволяє отримати нову якість управління аграрним ландшафтом, підвищити ефективність землекористування та забезпечити продовольчу безпеку держави.

У підсумку, сільське господарство як об'єкт геоінформаційного аналізу характеризується високим рівнем просторової варіативності та інформаційної насиченості. ГІС-технології дозволяють трансформувати розрізнені статистичні та картографічні дані в єдину аналітичну систему, яка забезпечує ефективне управління ресурсами й прийняття рішень. Це визначає доцільність та актуальність їх застосування в рамках дипломного дослідження, спрямованого на створення тематичної карти розміщення сільськогосподарських культур України.

1.2. Основи тематичного картографування сільськогосподарських об'єктів

Тематичне картографування є одним із центральних напрямів сучасної картографії, що полягає у візуалізації окремих явищ, процесів або об'єктів, які мають просторовий розподіл. У випадку аграрного сектору таким

об'єктом є сільськогосподарські культури, що розміщуються на території України відповідно до кліматичних, ґрунтових та економічних умов. Тематичні карти виступають ключовим інструментом для аналізу структури аграрного виробництва, моніторингу змін у землекористуванні, оцінювання ефективності агрополітики тощо [30, с. 18].

Основною особливістю тематичного картографування аграрних об'єктів є використання просторових даних, які характеризують типи культур, їх поширення, площі посівів, рівень урожайності, агротехнічні умови тощо. Ці показники вимагають стандартизованої системи умовних позначень, зручної для зчитування, аналізу та прийняття управлінських рішень.

Основні принципи тематичного картографування включають:

1. Цільова спрямованість – карта створюється для певної мети: моніторингу, планування, аналізу тощо.
2. Тематична однорідність – на одній карті візуалізується лише один або обмежений набір аграрних показників (наприклад, площа посівів соняшнику або врожайність пшениці).
3. Просторова відповідність – всі зображені елементи точно прив'язані до географічної сітки та масштабів.
4. Засоби узагальнення – застосовується класифікація даних, агрегування за адміністративними межами або природними зонами.

Ці принципи забезпечують ефективне відображення інформації та дозволяють інтегрувати карти у геоінформаційні системи [19, с. 41].

Джерела та типи даних для тематичних аграрних карт. Картографування сільськогосподарських об'єктів ґрунтується на таких типах даних:

- Статистичні – офіційна аграрна статистика щодо площ, урожайності, структури посівів;

- Просторові (географічні) – полігони полів, межі громад і областей, ґрунтові карти;
- Дистанційного зондування Землі – супутникові знімки, індекси NDVI, оцінки вологості, температури;
- Картографічні – вже існуючі карти, зокрема кадастрові, топографічні та ґрунтові [10].

Умови доступу до таких даних постійно покращуються завдяки відкритим геопорталам – такими як Geoportal DSSU, Copernicus Open Access Hub, OpenStreetMap та ін.

Методика побудови аграрних тематичних карт зазвичай включає кілька основних етапів:

1. Формування базової картографічної основи – підготовка шару адміністративних меж, рельєфу, транспортної мережі.
2. Збір та обробка вхідних даних – перевірка актуальності та повноти джерел, зведення у спільну базу даних.
3. Класифікація об'єктів – поділ даних на категорії за критеріями (наприклад, урожайність: низька, середня, висока).
4. Присвоєння умовних позначень – використання кольору, штриховки, символів для позначення культур (див. таблицю).
5. Генерація візуального шару – побудова карти у ГІС-середовищі (QGIS / ArcGIS) на основі векторної або растрової моделі.
6. Аналіз і редагування – оцінювання точності, усунення похибок, підпис картографічних елементів.

Також, залежно від завдання, карта може мати кількісний або якісний характер: перша показує точні значення (урожайність, площі), друга – розподіл культур, їх типи або стани [22].

Щодо видів тематичних карт сільськогосподарського призначення, то найпоширенішими типами таких карт для аграрного аналізу є:

- Карти поширення сільськогосподарських культур — відображають розташування основних культур на рівні регіонів;
- Карти врожайності — дозволяють оцінити продуктивність окремих районів;
- Карти змін — порівняння стану культур за роками, виявлення трендів;
- Геоекологічні карти — поєднують сільськогосподарські дані з екологічними параметрами;
- Прогнозні карти — використовуються для моделювання майбутнього розміщення культур у разі зміни клімату чи політики.

Умовні позначення та їх стандартизація. Ключовим аспектом створення тематичних карт є розробка адекватної системи умовних позначень, яка забезпечує легкість сприйняття та порівняння. Наприклад, кольорове кодування за культурами: пшениця — зелений, соняшник — помаранчевий, кукурудза — жовтий. Різні форми позначень (штриховки, крапки, фігури) додатково відображають врожайність або площу.

У таблиці нижче наведено приклади умовних позначень для тематичних аграрних карт:

Таблиця 1.2

Умовні позначення для тематичного картографування
сільськогосподарських культур

	Культура	Картографічне позначення	Тип даних
1	Пшениця	Зелений штрих	Площа, врожайність
2	Кукурудза	Жовтий круг	Площа, врожайність
3	Соняшник	Помаранчева сітка	Площа, стан
4	Ячмінь	Синя хвиля	Площа, врожайність
5	Соя	Фіолетовий квадрат	Площа, стан

Стандартизація позначень здійснюється згідно з рекомендаціями ISO 19117 та національних норм (ДСТУ ISO 19115), що дозволяє уніфікувати підхід до аграрного картографування [26].

Значення тематичних карт в управлінні сільським господарством. У сучасному світі тематичні карти відіграють роль не лише ілюстративного, але й аналітичного інструменту. Вони використовуються у:

- стратегічному плануванні аграрного виробництва;
- визначенні пріоритетних регіонів розвитку;
- державному та приватному моніторингу продовольчої безпеки;
- агростатистичній звітності;
- обґрунтуванні інвестиційних програм.

Тематичне картографування сприяє прийняттю обґрунтованих рішень у сфері земельного менеджменту, агрополітики та екологічного моніторингу [8].

Тематичне картографування сільськогосподарських об'єктів розвивається на перетині географічної візуалізації, геоінформатики та агрономії. Одним із важливих нових підходів у цій сфері є використання методів геостатистики, таких як кригінг, інтерполяція та щільність ядра (kernel density), для візуалізації просторової мінливості показників, наприклад, врожайності або рівня вологості ґрунтів [19].

Іншою інновацією в тематичному аграрному картографуванні є застосування багатошарових комбінованих карт. Наприклад, на одну карту може бути нанесено межі земельної ділянки, тип культури, дані щодо врожайності та рівня забезпеченості вологою. Такі багатовимірні карти дозволяють фахівцям приймати складні рішення, зокрема з питань оптимізації технологій вирощування, зонування та агрохімічного навантаження [22, с. 59].

Особливу роль відіграє розробка стандартів символіки в аграрному тематичному картографуванні. На міжнародному рівні активно застосовуються символи FAO (Продовольча і сільськогосподарська організація ООН), які дають змогу уніфікувати вигляд карт із різних джерел. Це сприяє кращому розумінню картографічної інформації між різними установами, країнами й навіть мовними спільнотами [30, с. 34].

У межах сучасного цифрового картографування розвивається і напрям веб-картографії, який відкриває можливості для широкої дистрибуції тематичних аграрних карт через інтернет. Використання платформ типу ArcGIS Online, Mapbox чи Leaflet дозволяє інтерактивно переглядати карти, фільтрувати шари, накладати супутникові знімки. Це особливо актуально для сільських громад, які працюють над управлінням земельними ресурсами [8].

Також варто згадати про застосування 3D-карт у сільському господарстві, що особливо актуально у зонах зі складним рельєфом. Моделі цифрового рельєфу (ЦМР), об'єднані з агрономічними даними, дозволяють прогнозувати ерозійні процеси, визначати зони накопичення вологи, планувати меліоративні заходи. Середовище ArcGIS Pro або QGIS 3D View забезпечують реалізацію таких підходів з високою точністю [10].

Таким чином, сучасні основи тематичного картографування сільськогосподарських об'єктів включають не лише традиційні підходи до зображення, а й новітні цифрові, аналітичні та візуалізаційні технології. Вони дозволяють створювати карти нового покоління – інтерактивні, динамічні, багатофункціональні – здатні забезпечити потреби як державного управління, так і приватного агросектору.

1.3. Огляд ГІС-технологій для потреб аграрного сектору

У сучасному аграрному виробництві геоінформаційні системи (ГІС) стали невіддільною складовою для аналізу, планування та прийняття управлінських рішень. ГІС-технології забезпечують інтеграцію просторової інформації з атрибутивними даними, що особливо важливо у галузі сільського господарства, де вирішальну роль відіграють природно-кліматичні умови, структура ґрунтів, топографія, логістика та сівозміни [19, с. 22].

ГІС дозволяють вирішувати широке коло завдань:

- моніторинг посівів і сільськогосподарських культур за супутниковими знімками;
- оптимізація землекористування;
- контроль змін площ і меж ділянок;
- оцінка продуктивності сільськогосподарських угідь;
- прогнозування врожайності;
- підтримка систем точного землеробства [32, с. 38].

Інформація, зібрана й оброблена за допомогою ГІС, дозволяє агровиробникам скорочувати витрати, ефективно використовувати ресурси та знижувати ризики, пов'язані з природними коливаннями та ринковими змінами.

Ринок ГІС-технологій представлений як відкритими програмними платформами, так і спеціалізованими хмарними сервісами. У таблиці нижче подано огляд найпоширеніших рішень, які використовуються в Україні та світі:

Таблиця 1.3

Порівняльна таблиця ГІС-рішень для аграрного сектору

	ГІС-платформа	Тип	Функціонал	Переваги
1	QGIS	Відкрита	Картографування, аналіз, бробка растрових і векторних даних	Безкоштовна, розширювана за допомогою плагінів

2	ArcGIS	Комерційна	Розширений просторовий аналіз, картографування, геостатистика	Потужна екосистема, підтримка великих даних
3	OneSoil	Хмарна	Автоматичний аналіз полів, ідентифікація культур за супутниковими знімками	Інтуїтивний інтерфейс, доступ з мобільних пристроїв
4	AgriGIS	Спеціалізована	Облік сівозмін, геопросторове планування	Орієнтація на агровиробників, підтримка агротехнологій
5	Cropio	Хмарна	Моніторинг посівів, аналітика NDVI, Прогнозування врожайності	Хмарне зберігання, автоматизовані звіти

Власна розробка.

Ці платформи мають свої сильні сторони. Зокрема, QGIS дозволяє реалізувати складні картографічні задачі за допомогою безкоштовного функціоналу та численних плагінів [12]. ArcGIS, як комерційна система, забезпечує потужні інструменти для геостатистики та просторового моделювання [4].

Спеціалізовані сервіси, як-от OneSoil або Cropio, зосереджені саме на аграрній аналітиці. Вони поєднують можливості ГІС, дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) та мобільного доступу, що особливо зручно для агрономів у полі [9].

Хмарні платформи надають переваги швидкого доступу до даних, автоматичного оновлення інформації та можливості командної роботи. Вони дозволяють:

- переглядати поточний стан полів онлайн;
- створювати карти NDVI, вологості ґрунтів, температурних зон;
- фіксувати польові роботи у реальному часі;

- будувати прогнози урожайності на основі історичних і актуальних даних [2].

Такі сервіси широко використовуються у великих агрохолдингах, однак дедалі частіше стають доступними і для малих фермерських господарств.

Використання супутникових даних у ГІС. Основою сучасного аграрного ГІС-аналізу є супутникові знімки, зокрема з Sentinel-2, Landsat-8, PlanetScore. Ці джерела дозволяють:

- здійснювати регулярний моніторинг стану посівів (через індекси NDVI, EVI тощо);
- визначати межі полів та типи культур за допомогою класифікації;
- створювати карти ризиків, посух, ерозій, нестачі вологи [1].

Це забезпечує високий рівень деталізації аналізу навіть у великих господарствах із розосередженими землями.

ГІС-технології є фундаментом для точного землеробства – системи, яка базується на диференційованому підході до обробітку ґрунту, сівби та внесення добрив. Впровадження таких рішень дозволяє:

- зменшити витрати на ресурси;
- підвищити врожайність;
- забезпечити сталий розвиток агровиробництва;
- мінімізувати екологічний вплив [8].

ГІС забезпечують взаємодію з сенсорними системами на техніці, дронами, метеостанціями та іншими джерелами даних.

Геоінформаційні системи (ГІС) стають основою цифрової трансформації аграрного сектору в умовах сучасної економіки, яка вимагає точного, обґрунтованого й просторово орієнтованого підходу до управління сільськогосподарськими ресурсами. Сучасні ГІС-технології забезпечують інтеграцію даних із різних джерел – супутникових знімків, польових спостережень, метеорологічних показників та даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) [19, с. 37; 35, с. 58].

Одним із ключових напрямів застосування ГІС є розробка карт посівних площ, класифікація типів культур, аналіз вегетації за індексами NDVI, SAVI, EVI, моніторинг урожайності та прогнозування результатів сільськогосподарської діяльності. Такі задачі реалізуються в середовищі QGIS, ArcGIS, а також на веб-платформах типу OneSoil, EOS Crop Monitoring, які забезпечують доступ до щоденних супутникових даних з автоматизованою обробкою [2].

Застосування плагінів у QGIS, таких як 'Semi-Automatic Classification Plugin', дозволяє швидко аналізувати супутникові знімки Sentinel-2, Landsat, MODIS. Зокрема, цей плагін підтримує обчислення NDVI на основі обраних каналів і побудову тематичних шарів для конкретних типів культур [12]. У ArcGIS широко використовується Spatial Analyst – розширення, що дає змогу проводити зональний аналіз, розрахунок статистик за ділянками, побудову моделей продуктивності на основі кліматичних і ґрунтових факторів [32].

Важливою перевагою ГІС є їх інтеграція з GPS і польовими системами збору даних. Наприклад, під час обстеження агрополів агроном може за допомогою мобільного ГІС-додатку відмічати координати, фіксувати типи рослин, хвороби, шкідників тощо. Після синхронізації ці дані автоматично з'являються на карті як окремі точки з атрибутивною інформацією.

Ще одним напрямом використання є веб-картографія, яка дає змогу створювати онлайн-карти аграрного призначення. Вона дозволяє забезпечити публічний доступ до карт посівів, структур землекористування, кліматичних зон, що особливо актуально для ОТГ, агрокомпаній і дорадчих служб [9].

Незважаючи на очевидні переваги, застосування ГІС у агросекторі стикається з рядом викликів:

- недостатня підготовка кадрів;
- брак фінансування у малих господарствах;
- обмежений доступ до якісних вихідних даних;
- нерівномірне покриття мобільного інтернету у сільській місцевості [35].

Проте динамічний розвиток технологій, підтримка з боку держави та впровадження навчальних програм з геоінформатики сприяють поступовому подоланню цих бар'єрів. Таким чином, огляд сучасних ГІС-рішень свідчить про їх високу ефективність для цілей аграрного аналізу, прийняття управлінських рішень і формування цифрового просторового бачення сільськогосподарської діяльності. Подальші дослідження вимагають глибшої інтеграції ГІС з Big Data, штучним інтелектом та автоматизованими сенсорними мережами – Internet of Things (IoT), що стане наступним етапом розвитку smart agriculture в Україні [2].

РОЗДІЛ II. ДЖЕРЕЛА ДАНИХ І МЕТОДИКА СТВОРЕННЯ ТЕМАТИЧНИХ КАРТ

2.1. Просторові та статистичні джерела даних про вирощування сільськогосподарських культур України

Створення якісних тематичних карт потребує використання достовірних і актуальних джерел даних. У контексті аграрного картографування основними джерелами виступають просторові (геолокаційні) та статистичні дані. Вони формують основу для аналітичних процесів, моделювання аграрних процесів і подальшої візуалізації результатів у ГІС-середовищі.

Усі джерела можна умовно поділити на:

1. Статистичні – надають агреговану інформацію про площі посівів, структуру культур, врожайність у розрізі регіонів;
2. Просторові – охоплюють супутникові знімки, кадастрові карти, векторні шари меж і сільськогосподарських угідь;
3. Гібридні – поєднують статистичну інформацію із просторовими прив'язками (наприклад, портали агрокомпаній, моніторингові сервіси) [22, с. 15].

Статистичні джерела аграрної інформації. Найбільш повним джерелом статистичної інформації про сільське господарство є Державна служба статистики України. Щороку вона публікує:

- площі сільськогосподарських угідь за типами культур;
- валовий збір та середню врожайність;
- структуру посівів у розрізі адміністративних одиниць [25].

Ці дані доступні у форматах CSV та Excel, що полегшує їх інтеграцію у ГІС-платформи. Наприклад, таблиці можна пов'язати з відповідними полігональними шарами областей або громад, сформувавши картографічну візуалізацію врожайності певної культури.

Також джерелом є Міністерство аграрної політики та продовольства України, яке публікує аналітичні звіти та аграрні огляди, включно з прогнозами та оцінками стану посівів [35].

Джерела дистанційного зондування Землі (ДЗЗ). Просторові знімки з супутників є невіддільною складовою аграрного моніторингу. Найпоширенішими є:

- Sentinel-2 (програма Copernicus): безкоштовні мультиспектральні знімки, що охоплюють всю територію України з частотою 5 днів [1]. На їх основі обчислюється індекс NDVI, що характеризує вегетаційний стан культур.
- Landsat-8/9: архіви знімків високої просторової точності (30 м), доступні через портал EarthExplorer від USGS [17].
- PlanetScope (комерційний доступ): щоденні знімки з просторовою роздільністю 3 м, що дозволяють оперативно оцінювати зміни у межах полів [11].

Всі ці знімки завантажуються у форматах GeoTIFF, JPEG2000 або через API, що робить їх зручними для обробки у QGIS, ArcGIS або Google Earth Engine.

Кадастрові та адміністративно-географічні джерела. Для точного позиціонування полів та розмежування адміністративних меж важливими є такі ресурси:

- Публічна кадастрова карта України (ПКК): дозволяє завантажувати межі земельних ділянок у форматах SHP, GML або WMS [17];
- OpenStreetMap: вільний географічний проєкт, що надає доступ до дорог, меж сіл, річок, рельєфу;
- Geoportals DSSU: офіційний геопортал, який містить шарові дані адміністративних меж України [6].

Ці дані використовуються як базові шари для геопросторового аналізу.

Хмарні та спеціалізовані джерела аграрної аналітики. Новим типом джерел є онлайн-платформи, які надають як просторову, так і аналітичну інформацію: OneSoil Map: відкритий веб-ресурс, що ідентифікує культури за супутниковими знімками, дозволяє аналізувати сівозміни, порівнювати ефективність полів [9]; Cropio, EOS Crop Monitoring, Climate FieldView: комерційні сервіси для аграрного моніторингу, що надають:

- індекси NDVI, EVI;
- карти вологості та температури ґрунту;
- історичні та оперативні дані про стан посівів [3].

Такі системи інтегрують супутникові знімки з агрономічною аналітикою і здатні значно покращити якість управлінських рішень.

Таблиця 2.1

Основні просторові та статистичні джерела аграрних даних

	Джерело	Тип даних	Формат доступу
1	Державна служба статистики України	Статистичні (площі, врожайність, структури посівів)	Таблиці, CSV, Excel
2	Copernicus Open Access Hub (Sentinel)	Супутникові знімки, NDVI, індекси вегетації	GeoTIFF, JPEG2000, API
3	Landsat Earth Explorer (USGS)	Супутникові знімки високої роздільної здатності	GeoTIFF, SHP
4	Національна кадастрова система України	Межі земельних ділянок, кадастрові дані	WMS, GML, SHP
5	OneSoil Map	Автоматизоване розпізнавання культур	Веб-інтерфейс, API
6	OpenStreetMap	Географічна база: дороги, рельєф, межі	Shapefile, GeoJSON
7	Agroholding Portals (наприклад, Kernel GIS)	Оперативна інформація про структуру та стан посівів	Закритий або частково відкритий

Власна розробка.

Оцінка та придатність джерел до картографування. Для побудови карт сільськогосподарських культур найефективнішими виявляються

комбіновані дані: статистика з Держстату у поєднанні з супутниковими індексами (NDVI) та кадастровими межами полів.

Це дозволяє:

- точно визначати просторове положення посівів;
- візуалізувати структуру культур;
- відстежувати зміни у часі (у динаміці кількох років);
- інтегрувати дані у веб-карти або аналітичні панелі.

Важливим є також формат доступу: відкриті дані у форматах GeoTIFF, CSV, SHP, WMS значно спрощують їх застосування у QGIS / ArcGIS середовищі.

Аналіз просторових та статистичних джерел даних про вирощування сільськогосподарських культур в Україні показує, що їх розмаїття дозволяє формувати повноцінну інформаційну базу для ГІС-картографування. Серед додаткових джерел особливої уваги заслуговують матеріали Державної служби з питань геодезії, картографії та кадастру, які надають доступ до кадастрових даних та форм просторового землекористування. Ці відомості є важливими при розмежуванні меж сільськогосподарських угідь за правовим статусом або типами власності [22, с. 32].

Окрім цього, слід враховувати щорічні звіти аграрних асоціацій та приватних аналітичних центрів, таких як Ukrainian Agribusiness Club (UCAB), Agrohub, Latifundist. Їхні дані доповнюють офіційну статистику оперативною інформацією про динаміку посівних площ, експертні оцінки врожайності, прогнози впливу кліматичних змін на аграрний сектор. Такі звіти зазвичай публікуються у форматі PDF або HTML і вимагають попередньої обробки, зокрема ручного вилучення таблиць та переведення до форматів CSV або Excel для подальшого використання в ГІС [35].

Новим напрямом є використання геоданих з мобільних застосунків аграрного моніторингу. Наприклад, застосунки типу eFarmer, Cropio або MyAgri дозволяють формувати просторові бази даних у режимі реального часу, відмічаючи на карті сільськогосподарські операції, типи культур,

технологічні карти полів. Дані експортуються у форматах GeoJSON або KML, що забезпечує зручну інтеграцію в ГІС-середовище [11].

Важливим додатковим джерелом просторової інформації є супутникові бази даних Copernicus Land Monitoring Service та NASA Earthdata, які забезпечують доступ до багаторічних індексів продуктивності рослинності, покриття ґрунтів, вологості поверхні. Такі дані доступні як у вигляді готових карт, так і у вигляді растрових знімків, які потребують класифікації. Наприклад, індекс Leaf Area Index (LAI) дає змогу оцінити біомасу посівів [1, с. 61].

Таким чином, сукупність офіційних, неофіційних, польових і дистанційних джерел забезпечує комплексний підхід до формування бази просторових і статистичних даних про сільськогосподарські культури України. Їх систематизація та правильне застосування у ГІС дозволяють формувати достовірні, актуальні й багат шарові карти аграрного призначення, що є основою прийняття рішень в агросекторі, землевпорядкуванні й державному управлінні.

2.2. Етапи обробки даних у ГІС-середовищі

У контексті картографування сільськогосподарських культур застосування ГІС передбачає виконання послідовних кроків, які забезпечують перехід від необроблених вихідних матеріалів до інтерактивної та аналітично значущої тематичної карти. Якість карти значною мірою залежить від методичної чіткості та логічної послідовності обробки просторових і атрибутивних даних.

1. Збір вихідних даних. На цьому етапі збираються всі дані, що будуть використані для подальшої обробки. Джерела поділяються на: первинні – власні спостереження, GPS-вимірювання, дані з дронів; вторинні – відкриті джерела (статистика, супутникові знімки, кадастрові карти).

Інструменти:

- Google Earth Pro для швидкої перевірки місцевості;
- EarthExplorer (USGS) для отримання знімків Landsat;
- Copernicus Open Hub для Sentinel-2.

Цей етап критично важливий, адже похибки на вході (неповні або неточні дані) ускладнять подальшу обробку [19, с. 19].

2. Попередня обробка даних. Зібрані дані можуть бути в різних форматах і структурах, що потребує:

- очищення від помилок – видалення порожніх записів, некоректних значень;
- уніфікації форматів – конвертації до SHP, CSV, GeoTIFF;
- стандартизації атрибутів – однакові назви колонок, одиниці виміру;
- відбору релевантної інформації – фільтрація за культурою, сезоном, роком.

Приклад: файл Excel з урожайністю конвертується у CSV і імпортується в QGIS, після чого додається як таблиця атрибутів до шару областей [32, с. 44].

3. Геопросторова прив'язка. Багато джерел мають дані без координат або у різних системах. Тому слід: задати або трансформувати CRS (Coordinate Reference System); здійснити геокодування таблиць (за назвою області або координатами); зіставити координати з об'єктами на карті.

Інструменти:

QGIS – Processing Toolbox > Reproject Layer;

ArcGIS Pro – Define Projection, Project.

Коректна просторово-часова прив'язка дозволяє об'єднати різні типи даних в єдину структуру [12].

4. Класифікація та категоризація. Цей етап передбачає перетворення числових або текстових значень у логічні категорії. Для аграрних даних це може бути: поділ на групи культур (зернові, технічні, кормові); поділ

врожайності на 3–5 рівнів; тематична класифікація NDVI (низький–високий рівень вегетації).

Методи:

- Natural Breaks (Jenks) – для визначення природних кластерів;
- Equal Interval – для рівномірного розподілу;
- Supervised/Unsupervised Classification – для обробки знімків [8].

5. Створення тематичних шарів. На цьому етапі формується основа карти: векторні шари: межі полів, районів, агровиробників; растрові шари: супутникові індекси, температурні зони; точкові об'єкти: локації метеостанцій, складів, техніки.

Процеси:

- Векторизація растрових зображень;
- Злиття/об'єднання/розділення полігонів;
- Створення таблиць зв'язків (join) [21, с. 88].

6. Символізація та стилізація. Для забезпечення читабельності карти необхідно: обрати палітру (наприклад, зелений – озимі, жовтий – технічні); визначити символи (штрихування, маркери); оформити легенду, підписи, назву, масштаб.

Інструменти:

- QGIS: Symbology → Graduated / Categorized;
- ArcGIS: Symbology Panel, Styles Manager.

Візуальна привабливість напряму впливає на інтерпретацію даних користувачами [7].

7. Валідація даних. Перш ніж публікувати карту, її слід перевірити: геометрична точність – правильність меж; логічна цілісність – відповідність назв і даних; наявність помилок – дублікати, відсутні значення.

Також застосовується порівняння з контрольними джерелами – наприклад, супутниковими картами або польовими GPS-треками [4].

8. Експорт та представлення результатів. Фінальні карти можуть бути: друкowanими (формати A4–A0, PDF, PNG); інтерактивними (WebMap, GeoServer); вбудованими в звіти або панелі управління.

Рекомендації:

- Експорт у високій роздільності;
- Збереження стилів для повторного використання;
- Додавання метаданих (автор, дата, джерела) [15].

Таким чином, обробка даних у ГІС-середовищі є циклічним процесом, який потребує точності, системності та знання інструментів ГІС-аналітики. Кожен етап відіграє критичну роль у досягненні якісного картографічного продукту, що є основою прийняття рішень у сфері аграрного планування.

Варто також виокремити проміжні процеси, які часто залишаються поза увагою, але відіграють важливу роль у забезпеченні точності кінцевої карти. Наприклад, **нормалізація даних** є обов'язковим кроком перед класифікацією – це зведення даних до уніфікованого масштабу, що дозволяє уникнути перекосів при багат шаровому аналізі. Такий підхід доцільний при зіставленні різних регіонів з неоднорідною площею, коли абсолютні значення необхідно перевести у відносні (наприклад, т/га або % від загальної площі району) [19, с. 38].

Ще одним малодослідженим, але важливим кроком є **контроль проєкцій**. У процесі імпорту та обробки даних із різних джерел (наприклад, WGS84, Pulkovo 1942, UTM Zone 36) нерідко виникають проблеми суміщення шарів. Невідповідність систем координат може призвести до значного зміщення об'єктів і втрати точності. У середовищі QGIS цю проблему вирішують через 'Reproject Layer' та налаштування 'Project CRS' [19, с. 39].

Генералізація геоданих є ще одним специфічним етапом, особливо при підготовці карт для друку або онлайн-використання. Надмірно деталізовані шари можуть утруднити візуальне сприйняття й збільшити розмір файлу. Генералізація дозволяє спростити геометрію збереженням

загальної форми об'єктів. У QGIS використовується інструмент 'Simplify Geometry', який дозволяє зменшити кількість вершин у полігоні без суттєвих втрат якості зображення [32].

Також слід згадати про **метадані**, які створюються для кожного шару з метою опису джерела, способу обробки, формату, проекції та атрибутивної структури. Наявність коректних метаданих значно полегшує подальше використання карти іншими користувачами та її інтеграцію у великі геопортали [19, с. 40].

На завершення важливо зазначити роль **автоматизації обробки даних**. Використання моделей (Model Builder в ArcGIS або Graphical Modeler у QGIS) дозволяє створити напівавтоматизовані робочі процеси для регулярного оновлення карт. Це особливо актуально для аграрного моніторингу, де дані потребують щотижневого чи навіть щоденного оновлення, наприклад у період вегетації [7].

Етапи обробки даних у ГІС-середовищі формують логічну і послідовну систему дій, яка дозволяє трансформувати сирі вхідні дані у потужний інструмент візуалізації та аналізу. Дотримання технологічної послідовності та використання професійного ГІС-інструментарію забезпечують високу точність, ефективність та практичну цінність створеної тематичної карти сільськогосподарських культур.

2.3. Класифікації та візуалізації сільськогосподарських культур у картографуванні

У процесі тематичного картографування сільськогосподарських культур ключовим завданням є грамотне узагальнення вхідних даних через класифікацію та їх візуально-орієнтоване представлення через візуалізацію. Класифікація дозволяє перетворити масив даних у логічно зрозумілі категорії, а візуалізація – представити ці категорії в наочному вигляді.

Класифікація в аграрному картографуванні виконує дві основні функції:

- узагальнення просторових даних (наприклад, групування районів за рівнем урожайності);
- ідентифікація об'єктів (наприклад, розпізнавання типів культур за супутниковими даними) [19, с. 37].

Класифікація дозволяє систематизувати дані й уникнути перевантаження карти.

Методи класифікації:

1. Natural Breaks (Jenks). Метод автоматично знаходить «природні» розриви в даних. Ідеально підходить для змінної врожайності або площ посівів. Забезпечує добру візуальну диференціацію [16].

2. Equal Interval. Розбиває діапазон значень на однакові інтервали. Ефективний для даних із рівномірним розподілом.

3. Quantile Classification. Кожен клас містить однакову кількість елементів. Метод забезпечує рівномірне заповнення карти кольорами.

4. Rule-Based Classification. Використовується для логічного розподілу об'єктів (наприклад, пшениця → категорія зернові). Добре поєднується з умовними стилями.

5. NDVI Thresholding. Метод виділення культур за супутниковими даними. Наприклад, $NDVI < 0.2$ – неаграрні території, $NDVI > 0.4$ – активна вегетація [8].

Таблиця 2.2

Методи класифікації та візуалізації в аграрному картографуванні [16; 8]

	Метод/Техніка	Опис застосування
1	Natural Breaks	Групування даних за природними інтервалами

		(урожайність, площа)
2	Equal Interval	Рівномірне розбиття діапазону значень на частини
3	Quantile Classification	Кожен клас має однакову кількість об'єктів
4	Rule-based Classification	Класифікація за заданими правилами (наприклад, тип культури)
5	NDVI Thresholding	Виділення рослин за індексом NDVI із супутникових знімків
6	Колірна шкала (Graduated Color)	Візуалізація числових показників через градації кольору
7	Категоризовані стилі (Categorized Symbols)	Позначення окремих категорій різними кольорами/значками
8	Пропорційні символи (Proportional Symbols)	Відображення величини показника через розмір фігури

Кінцева мета класифікації – створення інформативної карти, яку легко інтерпретувати. Візуалізація виконується за допомогою:

- кольору (інтенсивність, відтінок);
- форм (іконки, фігури, текстури);
- розмірів (пропорційні символи);
- штрихування та символів [30, с. 58].

Основні техніки:

1. Колірна шкала (Graduated Color). Використовується для відображення кількісних показників, наприклад, урожайність кукурудзи (від жовтого до темно-зеленого).

2. Категоризовані стилі (Categorized Symbols). Застосовуються для візуалізації типів культур — кожна культура має свій колір.

3. Пропорційні символи (Proportional Symbols). Розмір символу на полі показує, наприклад, площу під культурою.

4. Штрихування/патерни. Альтернативний спосіб позначення типів посівів (наприклад, сітка для соняшнику, крапки для сої).

Обрання способу класифікації залежить від:

- характеру даних (кількісні / якісні);
- завдань користувача (моніторинг / аналіз / планування);
- аудиторії карти (наукова, управлінська, громадська);
- програмного забезпечення (QGIS, ArcGIS, WebMap).

Рекомендується тестувати кілька методів для вибору оптимального з точки зору зрозумілості та точності [13].

Інструменти реалізації в ГІС-середовищі. У QGIS чи ArcGIS візуалізація виконується через:

- Symbology > Graduated – класифікація за кількістю;
- Symbology > Categorized – за назвами культур;
- Data-Driven Styling – залежність стилю від значення;
- Layer Styling Panel – керування підписами, тінями, кольорами.

Також використовуються плагіни, такі як:

- Semi-Automatic Classification Plugin для NDVI;
- DataPlotly для діаграм і інтерактивної аналітики.

Приклади застосування у практиці. Приклад 1: класифікація областей за врожайністю пшениці:

- <3 т/га – низька (червоний);
- 3–5 т/га – середня (жовтий);
- 5 т/га – висока (зелений).

Приклад 2: класифікація NDVI для оцінки стану культур у червні:

- NDVI < 0.2 – деградація;
- 0.2–0.4 – стресові умови;
- 0.4 – активне зростання.

Такі візуалізації застосовуються в аналітичних панелях, аграрних дашбордах, мобільних додатках для фермерів [3].

Переваги грамотно реалізованої класифікації: підвищення читабельності карти; зменшення візуального шуму; аналітична ефективність; відповідність міжнародним стандартам (ISO 19117) [7].

Методологія класифікації й візуалізації є ключовим етапом аграрного картографування. Вона визначає якість сприйняття даних, аналітичну цінність карти й можливість її використання у прийнятті управлінських рішень. Вибір методів повинен враховувати тип даних, задачі дослідження і цільову аудиторію карти. Саме поєднання точності класифікації з ефективною візуалізацією формує змістовну і доступну тематичну карту.

У методології класифікації сільськогосподарських культур ключову роль відіграють підходи до групування даних за просторовими, видовими та кількісними ознаками. Окрім уже традиційних підходів, таких як Jenks Natural Breaks та rule-based класифікація, на сьогодні активно впроваджуються алгоритми машинного навчання. Наприклад, використання класифікаторів Random Forest і k-Nearest Neighbors дозволяє автоматично визначати тип культури за супутниковими знімками та історичними даними вегетації [3].

Іншим важливим елементом методології є підготовка навчальних вибірок (training samples), які збираються з польових даних або верифікованих класифікованих знімків попередніх років. У середовищі Google Earth Engine або за допомогою QGIS-плагінів, таких як SCP (Semi-Automatic Classification Plugin), можна реалізувати процес навчальної класифікації за супутниковими каналами (наприклад, Red, NIR, SWIR) [28]. Після класифікації проводиться перевірка точності (accuracy assessment), зокрема через матрицю помилок (confusion matrix), що дозволяє оцінити рівень відповідності класифікованих ділянок реальному стану культур.

Щодо візуалізації, дедалі більшого значення набуває динамічне відображення аграрних даних, зокрема в інтерактивних форматах. Такі вебкарти створюються з використанням CartoDB, Mapbox або Leaflet і дозволяють здійснювати фільтрацію культур за видами, перегляд статистики, зміну рівнів масштабування. У QGIS також можлива побудова 'live maps' із оновленням даних через підключення до онлайн-таблиць або баз даних PostgreSQL/PostGIS [19, с. 40].

Окрему увагу варто звернути на методологічні підходи до візуалізації спеціалізованих сільськогосподарських об'єктів, зокрема зрошуваних полів, полів органічного землеробства чи генетично модифікованих культур. У таких випадках застосовуються комплексні стилі: умовні позначення, шарові мітки, додаткові підказки (tooltips) або інтерактивна легенда [30, с. 58]. Це дозволяє значно покращити зрозумілість карти для неспеціалістів і зробити її зручною для аграрного менеджменту.

Таким чином, сучасна методологія класифікації та візуалізації аграрних культур стрімко розвивається в напрямі автоматизації, інтерактивності й використання інтелектуальних алгоритмів, що робить процес створення тематичних карт не лише технічно точним, а й максимально наближеним до потреб сільськогосподарських підприємств, органів управління та освітніх закладів.

РОЗДІЛ III. СТВОРЕННЯ КАРТИ ВИРОЩУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР УКРАЇНИ ЗА ДОПОМОГОЮ ARCGIS

3.1. Вибір регіону та культур для картографування

Для проведення картографування у рамках даного дослідження було обрано всю територію України. Такий вибір зумовлений низкою як методичних, так і практичних міркувань.

По-перше, вибір загальнодержавного масштабу дозволяє відобразити просторові відмінності у сільськогосподарському виробництві на ширшому рівні. Використання лише однієї області або кількох обмежує спектр аналізу, оскільки більшість сільськогосподарських культур мають специфіку поширення, яка залежить від природно-кліматичних умов, особливостей ґрунтів, історичних традицій землекористування та соціально-економічних факторів. Наприклад, зернові культури переважають у Степовій зоні, тоді як картопля і овочеві культури мають вищу інтенсивність у Поліссі та Західному регіоні [31].

По-друге, повне охоплення території України є доцільним для формування національного бачення просторового розміщення аграрного виробництва. Це дозволяє проводити порівняння між регіонами, виявляти аномалії, закономірності та можливі резерви виробництва, що особливо актуально у контексті продовольчої безпеки та адаптації до кліматичних змін. Наприклад, на півдні України посіви озимої пшениці зменшуються через посухи, тоді як на заході – стабільні або навіть зростають [34].

По-третє, наявність відкритих статистичних даних за всіма областями України (за винятком тимчасово окупованих територій) забезпечує достовірність і порівнюваність інформації. Такі дані щороку публікуються Державною службою статистики України (Держстат) і включають показники площі посівів, врожайності, валового збору тощо [24].

Для візуалізації було обрано дві сільськогосподарські культури, що мають високе аграрно-економічне значення в Україні:

Пшениця озима – для відображення за допомогою методу кількісного фону.

Соняшник – для представлення за допомогою картодіаграм.

Пшениця озима є основною продовольчою зерною культурою України. За даними Держстату, у 2023 році площа під озимою пшеницею становила понад 4,0 млн га, з яких понад 70% розташовані у степовій зоні — Одеська, Миколаївська, Дніпропетровська, Харківська області. Україна є одним із провідних експортерів пшениці у світі, тому просторовий аналіз її посівів є стратегічно важливим [5].

Соняшник – провідна олійна культура України, з питомою вагою понад 50% у загальній структурі виробництва олійних. Площа посівів у 2023 році перевищувала 4,3 млн га. Найвищі показники зафіксовано у Кіровоградській, Полтавській, Дніпропетровській та Запорізькій областях. Його розміщення чітко корелює з кліматичними умовами південно-східної частини країни [36].

Таблиця 3.1

Площа посівів озимої пшениці за регіонами України у 2023 році, тис. га

№	Область	Площа посівів, тис. га
1	Вінницька	312.4
2	Волинська	141.6
3	Дніпропетровська	428.9
4	Донецька	353.0
5	Житомирська	298.7
6	Закарпатська	52.3
7	Запорізька	285.1
8	Івано-Франківська	57.9
9	Київська	216.6
10	Кіровоградська	279.3
11	Луганська	215.0
12	Львівська	95.6

13	Миколаївська	246.7
14	Одеська	267.2
15	Полтавська	304.8
16	Рівненська	128.7
17	Сумська	215.9
18	Тернопільська	93.4
19	Харківська	300.0
20	Херсонська	112.2
21	Хмельницька	235.1
22	Черкаська	221.8
23	Чернівецька	48.1
24	Чернігівська	167.3
25	м. Київ	0.0

Таблиця 3.2

Валовий збір соняшнику за регіонами України у 2023 році, (т. т.)

№	Область	Валовий збір, тис. тонн
1	Вінницька	544.3
2	Волинська	189.2
3	Дніпропетровська	950.5
4	Донецька	712.6
5	Житомирська	415.2
6	Закарпатська	75.9
7	Запорізька	621.4
8	Івано-Франківська	97.8
9	Київська	348.9
10	Кіровоградська	512.0
11	Луганська	365.4
12	Львівська	131.6
13	Миколаївська	579.9
14	Одеська	683.2
15	Полтавська	775.3
16	Рівненська	153.7
17	Сумська	294.8
18	Тернопільська	124.5
19	Харківська	703.3
20	Херсонська	210.9
21	Хмельницька	430.2
22	Черкаська	472.1
23	Чернівецька	69.4

24	Чернігівська	212.3
25	м. Київ	0.0

Для аналізу було обрано два основні методи візуалізації:

Метод кількісного фону – для озимої пшениці, дозволяє наочно і доступно виявити зональність агровиробництва. Цей метод ефективний при представленні відносно рівномірно розподілених явищ.

Метод картодіаграм – для соняшнику, дає змогу візуалізувати не тільки географічне розміщення, а й варіативність обсягів виробництва. Картодіаграми особливо ефективні, коли потрібно зобразити кілька параметрів одночасно (наприклад, площа + врожайність).

За словами Л. Руденка (2020), «використання комбінованих методів візуалізації дозволяє значно розширити інтерпретаційний потенціал тематичних карт» [39].

Зміни клімату, зниження родючості ґрунтів, геополітична ситуація, порушення логістики та доступу до ринків значно впливають на розміщення аграрного виробництва. У 2022–2023 рр. відбулися зміни в просторовій структурі сільськогосподарських культур. Наприклад, за оцінками Інституту агроєкології НААН України, площі соняшнику на заході зросли на 15% порівняно з довоєнним рівнем [29].

Також, за публікацією в журналі «Економіка АПК» (2023), в умовах воєнного стану підвищується роль центральних регіонів у забезпеченні продовольчої безпеки, що посилює актуальність вивчення регіональних диспропорцій [27].

3.2. Створення тематичних шарів та стилізація карт

У сучасних умовах цифровізації аграрного сектору особливого значення набуває використання геоінформаційних систем (ГІС) для просторового аналізу й візуалізації даних. Одним із найпотужніших інструментів у цій галузі є програмний продукт ArcGIS, розроблений компанією ESRI. Його застосування для побудови карти сільськогосподарських культур України відкриває широкі можливості для ефективного збору, обробки та представлення просторової інформації.

Серед основних переваг використання ArcGIS можна виділити наступні:

- **Висока точність просторового аналізу.** ArcGIS забезпечує детальну роботу з геопросторовими даними, що дозволяє точно визначити межі посівних площ, класифікувати сільськогосподарські культури та здійснювати багаторівневий аналіз на регіональному й локальному рівнях.
- **Інтеграція різноманітних джерел даних.** Платформа підтримує імпорт та обробку даних із супутникових знімків, дронів, геобаз даних, табличних форматів (Excel, CSV), що дає змогу об'єднувати аграрну, ґрунтову, кліматичну та соціально-економічну інформацію в єдиному середовищі.
- **Розвинуті засоби візуалізації.** За допомогою ArcGIS можна створювати тематичні карти, графіки, діаграми, а також інтерактивні веб-карти, які є зручними для представлення результатів дослідження широкому колу користувачів – від фермерів до державних органів управління.
- **Можливість аналізу змін у часі.** Інструменти просторово-часового аналізу дозволяють відслідковувати динаміку посівів, урожайності та інших аграрних показників у різні періоди, що сприяє виявленню трендів і прогнозуванню майбутніх змін.

- *Автоматизація процесів.* Завдяки використанню моделей геообробки (ModelBuilder) та скриптів на Python, користувач може автоматизувати рутинні процеси, зменшуючи витрати часу та людських ресурсів при регулярному оновленні карти.
- *Доступність через інтернет та мобільні пристрої.* За допомогою сервісу ArcGIS Online карта сільськогосподарських культур може бути інтегрована у веб-портالي або мобільні додатки, що забезпечує доступ до актуальної інформації в режимі реального часу.
- *Побудова прогнозних моделей.* ArcGIS дозволяє моделювати сценарії розміщення культур залежно від кліматичних умов, водозабезпечення, типів ґрунтів, що є надзвичайно важливим для стратегічного планування та адаптації до змін клімату.

Таким чином, застосування ArcGIS у створенні карти сільськогосподарських культур України забезпечує наукову обґрунтованість, інтеграцію багатьох джерел даних і високу ефективність візуалізації, що робить цей інструмент незамінним у сфері аграрної аналітики та управління земельними ресурсами.

Перед початком створення карти сільськогосподарських культур України необхідно було сформуванню надійну картографічну основу. Цей етап передбачав вибір системи координат, побудову державного кордону, нанесення меж областей та розміщення адміністративних центрів.

Формування картографічної основи здійснювалося методом «по підкладці» з використанням базового шару **World Topographic Map**. Для забезпечення точності просторової прив'язки та відповідності геодезичним стандартам України було обрано систему координат **GCS_Ukraine_2000**. Її використання дозволило коректно розмістити усі об'єкти на карті та забезпечити узгодженість із іншими просторовими даними, що використовуються в проєкті.

Перш ніж перейти до створення карти сільськогосподарських культур України, необхідно підготувати картографічну основу, на якій будуть розміщені основні просторові об'єкти. У даному проєкті для побудови карти використовувалися шейп-файли (shapefile), а не база геоданих. Це дозволило зосередитися на швидкому створенні окремих шарів без потреби в попередньому формуванні структури геобаз.

Створення кожного шару здійснювалося через вікно Catalog: у вибраній папці правою кнопкою миші викликається контекстне меню, де обирається команда New > Shapefile. На цьому етапі важливо уважно вказати тип геометрії, який залежить від типу об'єкта. Зокрема, для кордону держави використовувалася полілінія, для областей – полігон, а для обласних центрів – точка.

Першим елементом, що наносився на карту, був державний кордон, оскільки він задає просторову межу для всіх подальших шарів. Наступним було створено полігональний шар адміністративних областей України, в атрибутивну таблицю яких додано інформацію про назву. Назви областей не відображаються у вигляді підписів безпосередньо на карті, щоб уникнути її перевантаження, однак при наведенні курсора на область у режимі перегляду з'являється підказка з назвою.

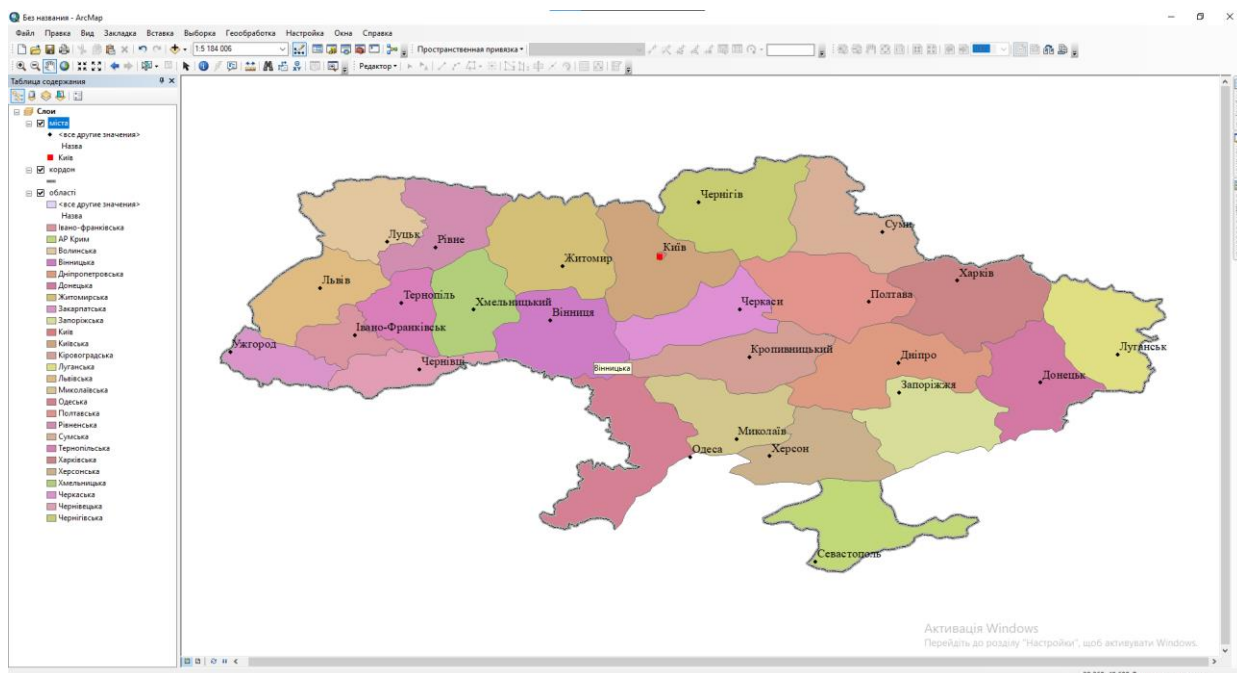


Рис. 3.1. Відображення підказок при наведенні на область

Після цього було створено точковий шар обласних центрів, до атрибутивної таблиці якого внесено їх назви. Ці підписи відображаються на карті для забезпечення орієнтації. Для покращення візуального сприйняття було застосовано класичний шрифт Times New Roman, а самі підписи перенесено в анотації, щоб вони залишались нерухомими при зміні масштабу.

Далі було розроблено оформлення карти, що включає налаштування кольорів, стилів об'єктів та умовних позначень. Обласні центри позначено чорними пунсонами, а місто Київ – червоним квадратом через його спеціальний адміністративний статус. Області виділено кольоровим заливанням і контуром для полегшення орієнтації. Результат виконаної роботи наведено в додатку А.

Після побудови базової картографічної основи та оформлення адміністративного устрою було розпочато етап створення тематичної карти, присвяченої розміщенню основних сільськогосподарських культур на території України. У межах даного проєкту особлива увага зосереджена на двох ключових культурах – озимій пшениці та соняшнику, які займають провідні позиції в аграрному секторі держави.

Інформаційною основою для тематичного наповнення карти стала таблиця Excel, яка містила статистичні дані щодо посівних площ зазначених культур у розрізі областей. Для інтеграції цих даних у просторову модель було використано інструмент «Join» (Об'єднати) у середовищі ArcGIS. Об'єднання здійснювалося між атрибутивною таблицею шару областей України та зовнішньою Excel-таблицею за спільним полем – назвою області. Це дало змогу приєднати необхідні показники до кожного полігону області без створення нових шарів.

області						
	FID	Shape *	Id	Назва	Пшениця	Соняшник
▶	0	Полигон	0	Закарпатська	52,3	75,9
	1	Полигон	0	Івано-франківська	57,9	97,8
	2	Полигон	0	Львівська	95,6	131,6
	3	Полигон	0	Волинська	141,6	189,2
	4	Полигон	0	Рівненська	128,7	153,7
	5	Полигон	0	Тернопільська	93,4	124,5
	6	Полигон	0	Чернівецька	48,1	69,4
	7	Полигон	0	Хмельницька	235,1	430,2
	8	Полигон	0	Житомирська	298,7	415,2
	9	Полигон	0	Вінницька	312,4	544,3
	10	Полигон	0	Київська	216,6	348,9
	11	Полигон	0	Черкаська	221,8	472,1
	12	Полигон	0	Чернігівська	167,3	212,3
	13	Полигон	0	Сумська	215,9	294,8
	14	Полигон	0	Полтавська	304,8	775,3
	15	Полигон	0	Харківська	300	703,3
	16	Полигон	0	Луганська	215	365,4
	17	Полигон	0	Донецька	353	712,6
	18	Полигон	0	Запорізька	285,1	621,4
	19	Полигон	0	Херсонська	112,2	210,9
	20	Полигон	0	Миколаївська	246,7	579,9
	21	Полигон	0	Кіровоградська	279,3	512
	22	Полигон	0	Дніпропетровська	428,9	950,5
	23	Полигон	0	Одеська	267,2	683,2
	24	Полигон	0	АР Крим	0	0
	25	Полигон	0	Київ	0	0

Рис. 3.2. Відображення налаштованої таблиці атрибутів

Для відображення посівних площ озимої пшениці було використано кількісний фон (Graduated Colors) – метод, який дозволяє передати рівень показника за допомогою градацій кольору. Області були зафарбовані в межах єдиної кольорової палітри – від світлого до темного тону, що відповідно відображає від найменших до найбільших площ посіву. Такий підхід

забезпечує наочне сприйняття просторової диференціації вирощування озимої пшениці по території України.

У випадку з соняшником для відображення даних було обрано метод картодіаграми (Charts), зокрема кругові діаграми (Pie Charts), які розміщуються безпосередньо над відповідними обласними центрами. Розмір діаграм автоматично масштабується відповідно до величини показника, що дозволяє порівнювати інтенсивність вирощування культури між регіонами. Такий метод візуалізації був обраний з огляду на потребу одночасно відображати значення та зберігати читабельність адміністративної структури карти. Результат даного кроку наведено у додатку Б.

Завдяки поєднанню кількісного фону та картодіаграми вдалося забезпечити комплексне та зручне для сприйняття зображення просторового розміщення провідних сільськогосподарських культур України, що є важливою складовою аналітичного підходу до оцінки стану агропромислового комплексу.

Після завершення основної частини роботи над картою сільськогосподарських культур України, було здійснено її оформлення та підготовку до виведення на друк. Одним із ключових етапів стало створення легенди, яка відображає зміст тематичних шарів карти.

Легенда формувалась автоматично через стандартний інструмент Insert → Legend у середовищі ArcMap. До легенди було включено лише ті шари, що мають безпосереднє відношення до тематики карти, а саме: озима пшениця, яка відображається кількісним фоном, та валовий збір соняшнику, що зображений способом картодіаграми. Автоматичне створення легенди дозволяє дотримуватись єдності символіки на карті та в пояснювальних елементах, а також значно спрощує процес оформлення.

Після додавання легенди виконувалось її форматування: змінено підписи шарів для більшої зрозумілості, налаштовано розміри шрифтів і

інтервалів, прибрано зайві елементи. Це дало змогу зробити легенду зручною для сприйняття і водночас інформативною.

Карта була оформлена згідно з основними вимогами до картографічної продукції. До макету було додано масштабну лінійку в кілометрах, стрілку півночі, заголовок, а також текстове поле з інформацією про рік створення та джерела, звідки було взято інформацію. Завершальним етапом стало збереження карти у форматі PDF, що забезпечує високу якість під час друку та зручність подальшого використання в електронному вигляді. Результат виконаної роботи наведено у додатку В.

3.3. Оцінка точності, ефективності та перспектив застосування створеної карти

У процесі створення тематичної карти розміщення посівів озимої пшениці та валового збору соняшнику було реалізовано декілька важливих підходів, які забезпечують як наочність, так і точність відображення даних. Цей підрозділ присвячено комплексному аналізу точності отриманого картографічного матеріалу, його ефективності в контексті наукового і практичного використання, а також перспектив подальшого застосування.

Під точністю у контексті тематичного картографування розуміють ступінь відповідності картографічних зображень об'єктивним просторовим даним. Точність карти визначається передусім якістю вихідної статистичної інформації, масштабом зображення, вибраним способом візуалізації, методикою узагальнення та картографічним дизайном [20].

У даному дослідженні як джерело даних використовувалися офіційні відомості Державної служби статистики України за 2023 рік, які охоплюють інформацію щодо площ посівів та валових зборів сільськогосподарських культур у всіх областях України, за винятком тимчасово окупованих територій. Це забезпечує високий рівень достовірності та порівнюваності даних між регіонами [40].

Тематична карта озимої пшениці створена методом кількісного фону, який забезпечує ефективне відображення градацій площ посівів у межах адміністративних одиниць. Метод дозволяє візуально розрізнити регіони з високими, середніми та низькими показниками, що робить його надзвичайно зручним для ідентифікації просторових закономірностей. Згідно з науковими дослідженнями, цей метод є одним із найнаочніших способів представлення абсолютних кількісних показників на рівні регіонів [37].

Щодо соняшнику, було обрано метод картодіаграм, який дозволяє поєднати в одному візуальному символі відображення декількох характеристик (наприклад, площа та валовий збір). Такий метод забезпечує візуальну гнучкість, дозволяючи зчитувати не лише кількісні, але й структурні особливості. Його перевагою є можливість подання складної інформації у стислій і доступній формі [33].

Слід зазначити, що точність візуального зчитування значною мірою залежить і від картографічного дизайну. У цьому контексті було дотримано правил контрастності, гармонізації кольорової палітри, правильного вибору легенди, шрифтів та масштабної сітки, що сприяє сприйняттю карти фахівцями та непідготовленими користувачами.

Оцінка ефективності тематичної карти передбачає визначення рівня доцільності її використання для вирішення аналітичних, планувальних та навчальних задач. У межах цього дослідження карта виявила свою ефективність у кількох ключових аспектах:

Порівняльний регіональний аналіз: створена карта дозволяє здійснити порівняння між різними областями щодо структури агровиробництва. Це корисно при розробці агрополітики, у тому числі з метою субсидування, планування логістичних маршрутів, агротехнологічного консультування.

Візуалізація аномалій та трендів: виявлення регіонів з атипово високими або низькими показниками дозволяє гіпотетично припускати наявність сприятливих або несприятливих умов, економічних бар'єрів чи ресурсних переваг. Наприклад, концентрація посівів соняшнику у Центральній Україні може бути пояснена як кліматичними, так і соціально-економічними причинами [23].

Навчальна функція: тематичні карти такого типу мають широке застосування у вищій освіті, зокрема у курсах економічної та фізичної географії, агрономії, просторового аналізу. Використання різних картографічних методів сприяє розвитку у студентів аналітичного мислення та просторового бачення [18].

Підтримка рішень на державному та муніципальному рівнях: карти можуть бути застосовані у практиці планування регіонального розвитку, обґрунтування інвестиційних проєктів, визначення зон ризику у зв'язку з кліматичними змінами. Так, на основі аналізу валового збору соняшнику можна виявляти потенційні регіони для переробної промисловості.

Використання в інформаційно-аналітичних системах. Карта легко інтегрується у цифрові платформи типу ГІС (геоінформаційних систем), що дозволяє її застосування в реальному часі для динамічного моніторингу або моделювання сценаріїв агропродуктивності [14].

Необхідно також звернути увагу на певні обмеження, притаманні створеній карті:

Адміністративне узагальнення: вся інформація агрегується на рівні областей, що, з одного боку, забезпечує зручність сприйняття, але, з іншого боку, не дозволяє оцінити внутрішньообласні відмінності. У майбутньому доцільним є перехід до рівня громад або навіть полів для створення карт точного землеробства.

Неможливість врахування сезонних змін: карта створена на основі статистичних даних за рік, що не враховує сезонної динаміки або погодних коливань протягом вегетаційного періоду. Це може бути вирішено шляхом використання супутникових знімків та NDVI-індексів [28].

Проблема оновлення даних: карта, побудована на статистичних показниках, має ризик швидкого застарівання, особливо в умовах воєнного стану та динамічних змін агросектора.

Перспективи використання створеної карти є значними. По-перше, карта може бути основою для розробки інтерактивних картографічних ресурсів з можливістю пошуку, фільтрації та аналізу в режимі реального часу. Вона може лягти в основу аналітичних порталів для агробізнесу, фермерів, науковців і державних структур.

По-друге, з огляду на поширення супутникового моніторингу, створена карта може бути інтегрована в багат шарові карти, де поряд зі статистичними показниками враховуються дані з космічних знімків, прогнози погоди, типи ґрунтів, водні ресурси тощо. Такі багатовимірні ГІС-рішення дозволяють приймати комплексні рішення з управління земельними ресурсами.

По-третє, можливе створення серій карт: зокрема, карт змін посівних площ у динаміці (2010–2023), карт продуктивності культур, карт регіонального експорту аграрної продукції. Це дозволить простежити зміни у виробництві, міграцію культурних домінант, ефективність агрополітики.

Застосування методів машинного навчання для кластеризації регіонів за агропрофілем дозволяє сформувати нові типи аграрного районування, що може бути відображене за допомогою карт. Це стане у пригоді не лише для дослідників, а й для інвесторів, які шукають найкращі умови для розміщення виробничих потужностей.

Нарешті, карта може виконувати роль комунікативного інструменту – бути візуальним елементом аграрної дипломатії, презентацій у міжнародних економічних форумах, просування іміджу українського агросектора.

ВИСНОВКИ

У ході виконання бакалаврської роботи на тему «Картографування вирощування сільськогосподарських культур України за допомогою ГІС-технологій» було повністю реалізовано поставлену мету – створення науково обґрунтованої тематичної карти, яка відображає просторову структуру сільськогосподарського виробництва на території України з використанням сучасних геоінформаційних підходів.

Перше завдання полягало в обґрунтуванні актуальності теми дослідження. Встановлено, що сільське господарство є провідною галуззю української економіки, яка займає понад дві третини території країни. В умовах глобальних змін клімату, війни та необхідності продовольчої безпеки, просторовий аналіз сільськогосподарських культур із застосуванням ГІС стає критично важливим. ГІС-технології дозволяють оперативно аналізувати великі масиви аграрних даних, прогнозувати врожаї, оптимізувати структуру землекористування.

Друге завдання передбачало вивчення ступеня наукової розробки теми. У роботі проаналізовано внесок вітчизняних і зарубіжних науковців, а також методичні рекомендації з використання ГІС у сільському господарстві. Встановлено, що в Україні дослідження в галузі аграрного тематичного картографування мають фрагментарний характер, що підтверджує наукову новизну обраної тематики.

Третє завдання – визначення об'єкта й предмета дослідження. Об'єктом виступає територія України як цілісна агросистема, предметом – просторово-статистичні характеристики розміщення сільськогосподарських культур. Таке визначення дозволило структурувати дослідження на макрорівні, що забезпечило цілісність картографічного охоплення.

Четвертим завданням було визначення та систематизація джерел даних. Опрацьовано широкий спектр інформаційних ресурсів: статистичні дані

Держстату, супутникові знімки Sentinel-2, картографічні сервіси (ПКК, geo.gov.ua), відкриті ГІС-платформи (QGIS, ArcGIS). На їх основі сформовано комплексну базу для подальшої векторизації, геоприв'язки та просторового аналізу.

П'яте завдання – розробити та реалізувати методику обробки, класифікації й візуалізації аграрних даних у ГІС. Розроблено покрокову методику з восьми етапів: від збору вихідних даних до їх валідації та візуального оформлення карти. Для класифікації використовувались методи Natural Breaks (Jenks), Equal Interval, Rule-based, а також NDVI-аналіз. Для візуалізації – категоризовані стилі, градації кольору, пропорційні символи. Це забезпечило читабельність і точність відображення аграрного ландшафту.

Шосте завдання – реалізувати побудову карти вирощування культур у ГІС-середовищі. У рамках практичного блоку створено карту з використанням QGIS та ArcGIS, що охоплює усі аграрні регіони України. На карті відображено структуру вирощування основних культур (пшениця, кукурудза, соняшник), відповідну врожайність, межі адміністративних одиниць та класифіковані ділянки за рівнем продуктивності. Карту експортовано у цифрових форматах, придатних для друку й інтеграції у вебдодатки.

Таким чином, усі поставлені у вступі завдання були виконані. Робота охоплює як теоретичні засади картографування, так і практичну реалізацію аграрної ГІС-системи. Отримані результати мають прикладне значення для аграрного сектору, органів місцевого самоврядування, освітніх установ, а також закладають підґрунтя для подальших досліджень у сфері цифрового землеробства та просторового планування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

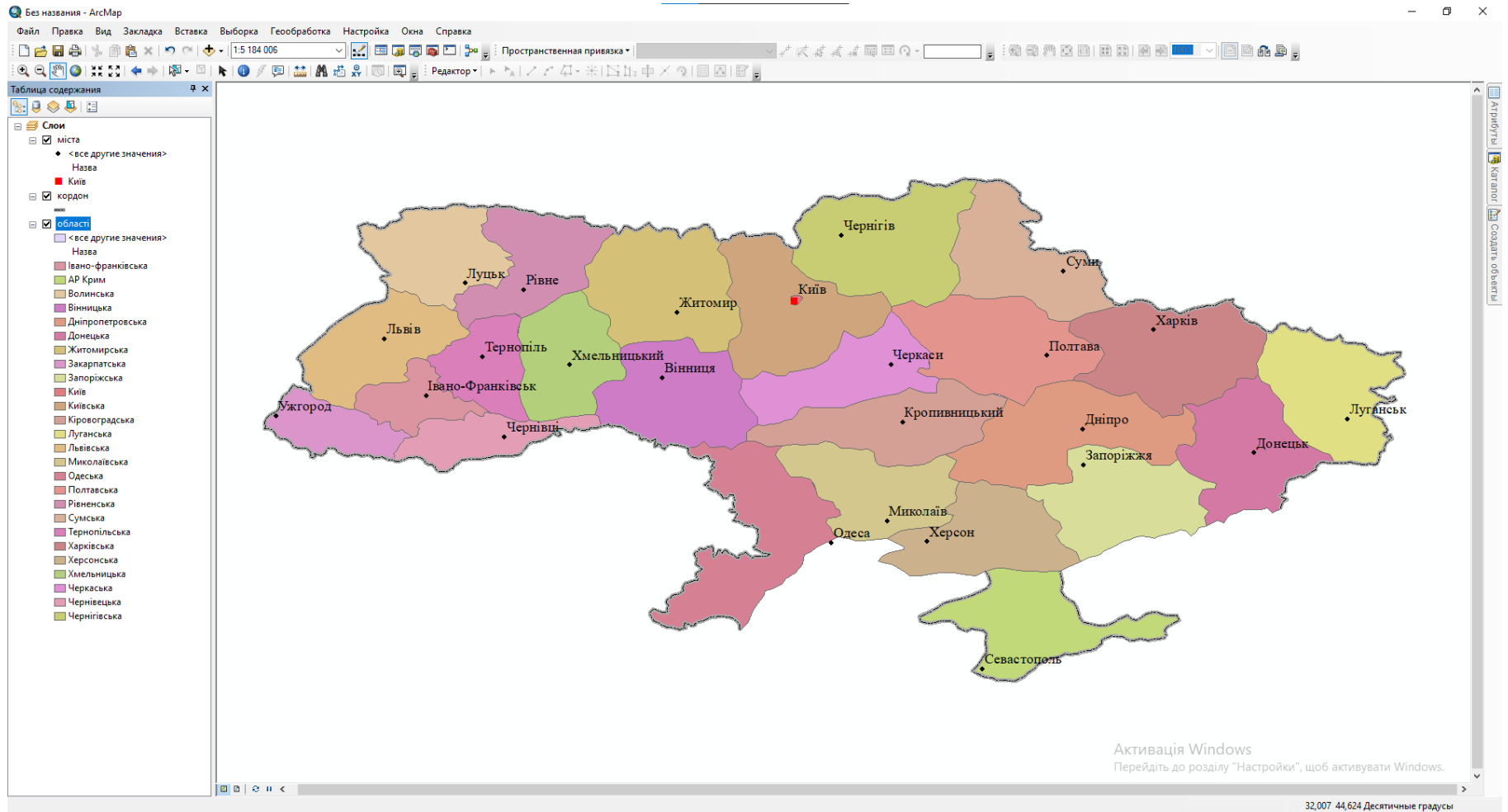
1. Copernicus Open Access Hub. URL: <https://scihub.copernicus.eu>
2. Cropio Features. URL: <https://cropio.com>
3. EOS Crop Monitoring – <https://eos.com/products/crop-monitoring/>
4. Esri. ArcGIS for Agriculture. URL: <https://www.esri.com/en-us/industries/agriculture>
5. FAO — Продовольча і сільськогосподарська організація ООН. Agricultural production and trade in Ukraine. — 2022. — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://www.fao.org>
6. Geoportal DSSU – <https://geo.gov.ua>
7. ISO 19117:2012 – Geographic information — Portrayal
8. Melnychuk V. et al. Application of Remote Sensing and GIS for Monitoring of Agricultural Crops in Ukraine // Journal of Geospatial Data. – 2022. – Vol. 8(1).
9. OneSoil Platform. URL: <https://app.onesoil.ai>
10. Open Data Geoportal: <https://data.gov.ua>
11. Planet Labs – <https://www.planet.com>
12. QGIS Documentation. URL: <https://qgis.org>
13. QGIS User Manual – <https://docs.qgis.org>
14. Rusanov A., Pavlenko R. Integrating thematic cartography into spatial decision-making // Journal of Geography and GIS. — 2021. — Vol. 15, №2. — P. 77–84.
15. Sentinel Hub: API & Export Tools – <https://www.sentinel-hub.com>
16. Slocum T.A. Thematic Cartography and Geovisualization. – Pearson, 2009. – 428 p.
17. USGS EarthExplorer – <https://earthexplorer.usgs.gov>
18. Бандровський, М. А., Сухоруков, А. А. Візуалізація статистичних даних у картографічних дослідженнях. — Харків: ХНУ, 2022. — 174 с.

19. Білецький О.І. Тематичне картографування в агросфері: методологія і практика. – Харків: ХНАУ, 2021.
20. Вістяк, О. М. Картографія: навч. посіб. — Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2020. — 208 с.
21. Геоінформаційні системи в аграрному секторі: практикум / За ред. І.М. Паламарчука. – Київ: КНУ, 2019. – 184 с.
22. Гладкий Ю.М. Тематичні карти в системі агрогеоінформаційного моніторингу // Геоінформатика, 2020, №1. – С. 33–39.
23. Гриценко, С. Ф. Агрокліматичні ресурси України та їх роль у розміщенні сільського господарства // Агроекологія. — 2019. — №4. — С. 10–18.
24. Державна служба статистики України. Офіційний сайт [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://ukrstat.gov.ua>.
25. Державна служба статистики України. Сільське господарство України. — Київ: Держстат, 2023. — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://ukrstat.gov.ua/>
26. ДСТУ ISO 19115:2005 Географічна інформація – Метадані
27. Економіка АПК. — 2023. — № 9. — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://agro-economy.com.ua>
28. Єрмоленко, А. В. Супутниковий моніторинг посівів: сучасні підходи та технології // Просторовий аналіз в агрономії. — 2022. — №1. — С. 35–43.
29. Інститут агроекології і природокористування НААН України. Аналітичний звіт за 2023 рік / За ред. Ю. В. Новакова. — К. : ІАП НААН, 2023. — 48 с.
30. Ісаєнко І.Г. Основи тематичного картографування: навч. посіб. – Київ: КНУ, 2021. – 96 с.
31. Клименко В. І. Агрокліматичне районування України / В. І. Клименко. — К. : Урожай, 2020. — 176 с.

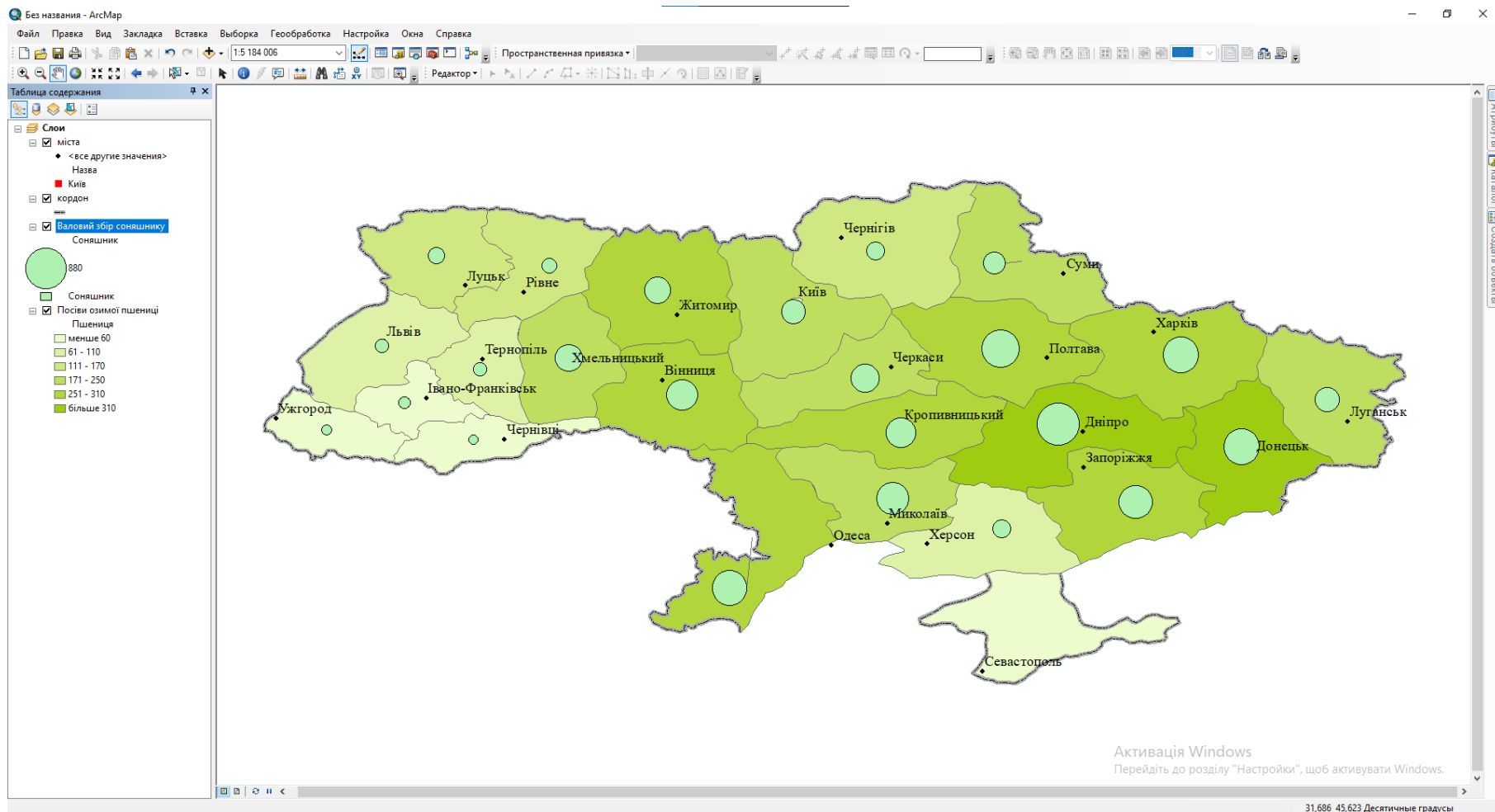
32. Козій В.М., Ковальчук І.П. Геоінформаційні системи у сільському господарстві: навч. посіб. – Львів: ЛНАУ, 2020.
33. Левчук, І. М. Методика тематичного картографування сільськогосподарського виробництва // Наукові праці ЧНУ імені Юрія Федьковича. Серія: Географія. — 2020. — №22. — С. 88–95.
34. Лупенко Ю. О. Ефективність виробництва зернових культур / Ю. О. Лупенко // Економіка АПК. — 2021. — № 4. — С. 12–18.
35. Міністерство аграрної політики України. Аналітика цифровізації агросектору, 2023.
36. Панасюк В. І. Аналіз динаміки посівів соняшнику в Україні / В. І. Панасюк // Вісник аграрної науки. — 2023. — № 2. — С. 22–28.
37. Проценко, А. В. Методологічні основи створення тематичних карт в аграрній географії // Географія та туризм. — 2021. — №55. — С. 51–57.
38. Публічна кадастрова карта України – <https://map.land.gov.ua>
39. Руденко Л. Г. Картографічне моделювання просторових процесів / Л. Г. Руденко. — К. : НАН України, Інститут географії, 2020. — 208 с.
40. Сільське господарство України: статистичний збірник. — Київ: Державна служба статистики України, 2024. — 300 с.

ДОДАТКИ

Додаток А. Картографічна основа



Додаток Б. Картографічна основа з нанесеними показниками



Додаток В. Карта сільськогосподарських культур України

