



KAPITEL 3 / CHAPTER 3³

GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS IN PORT INFRASTRUCTURE MANAGEMENT: METHODOLOGY, IMPLEMENTATION, AND OPERATION

DOI: 10.30890/2709-2313.2025-40-01-015

Вступ

У сучасних умовах розвитку економіки ефективне управління портовою інфраструктурою стає важливим чинником забезпечення стабільності та підвищення конкурентоспроможності морських портів, які є складними транспортно-технологічними комплексами з розгалуженою системою наземних, підземних та повітряних комунікацій. Порти відіграють ключову роль у забезпеченні зовнішньоторговельних операцій, виступаючи складними багатофункціональними комплексами з численними об'єктами нерухомості, інженерними мережами, транспортними шляхами та територіями різного цільового призначення. Ефективність управління такими об'єктами істотно залежить від швидкості, точності та повноти обробки просторових та атрибутивних даних, що вимагає застосування новітніх інформаційних технологій, насамперед геоінформаційних систем (ГІС).

Провідний досвід міжнародних портів, таких як Роттердам (Нідерланди), Гамбург (Німеччина), Антверпен (Бельгія), Барселона (Іспанія) та інші, засвідчує, що ГІС стали невід'ємним компонентом управління територіями та інфраструктурою, дозволяючи розв'язувати завдання логістичної оптимізації, контролю за використанням земельних ресурсів, моніторингу технічного стану інженерних комунікацій та об'єктів нерухомості, екологічного моніторингу, а також підвищення рівня безпеки територій портових комплексів шляхом аналізу й прогнозування можливих надзвичайних ситуацій. У світовій практиці геоінформаційні системи вже стали загальноприйнятим інструментом управління інфраструктурою, що підтверджується результатами багаторічних

³Authors: Stadnikov Volodymyr Vasylovich

Number of characters: 65785

Author's sheets: 1,65



науково-практичних досліджень і досвідом успішного впровадження таких технологій.

На сьогодні в Україні спостерігається дефіцит єдиної, загальноприйнятої методики щодо створення та впровадження геоінформаційних систем, зокрема для морських торговельних портів. Це спричиняє певні труднощі у формуванні єдиного інформаційного середовища, необхідного для централізованого управління портовою інфраструктурою та ефективної взаємодії між різними структурними підрозділами підприємств. Відсутність чітких методологічних підходів до побудови ГІС у портовій сфері гальмує ефективність прийняття управлінських рішень, ускладнює процеси збору, актуалізації та систематизації даних, негативно впливає на оперативність реагування на кризові та позаштатні ситуації, а також ускладнює ведення земельного та інфраструктурного кадастрів на підприємствах.

У зв'язку з цим особливої актуальності набуває розробка методології створення, впровадження та експлуатації геоінформаційних систем для управління портовою інфраструктурою, яка враховує специфіку таких складних територіально-технологічних комплексів. Основним завданням такої системи є централізоване накопичення, систематизація та оперативна обробка просторових даних щодо земельних ділянок, нерухомості, інженерних мереж і транспортних комунікацій, їх інтеграція з інформаційно-аналітичними системами підприємства та постійне оновлення на основі даних дистанційного зондування Землі і топографо-геодезичних матеріалів.

Впровадження сучасної ГІС-платформи на прикладі Одеського морського торговельного порту показує, що така система дозволяє централізовано зберігати та аналізувати просторові та атрибутивні дані об'єктів інфраструктури, включаючи земельні ділянки, будівлі, інженерні комунікації, а також здійснювати оперативний моніторинг та моделювання ситуацій для прийняття своєчасних та ефективних управлінських рішень. Дослідження, виконані авторами впродовж понад двадцяти років, показують, що ключовим фактором успішного впровадження та довготривалої ефективності таких систем є



комплексний підхід, що враховує всі етапи життєвого циклу ГІС, включаючи передпроектні дослідження, польові та камеральні геодезичні, картографічні та фотограмметричні роботи, створення векторних цифрових карт, інтеграцію даних у єдине цифрове середовище, а також супровід та експлуатацію системи в умовах динамічно змінюваних потреб портового підприємства.

Наукова новизна запропонованої методології полягає в комплексному підході до інтеграції різнорідних просторових та атрибутивних даних, їх автоматизованої векторизації, нормалізації та гармонізації, що дозволяє суттєво скоротити терміни реалізації проєктів і підвищити якість інформаційного забезпечення управлінських рішень. Крім того, у роботі вперше здійснено всебічне дослідження життєвого циклу ГІС для управління інженерними мережами та комунікаціями портової інфраструктури з використанням спеціалізованих програмних засобів, зокрема ArcGIS.

Практична значимість отриманих результатів підтверджується досвідом впровадження розробленої геоінформаційної системи в Одеському морському торговельному порту. Вона забезпечує підвищення точності та актуальності інформації, скорочення часу на обробку картографічних матеріалів, оптимізацію логістичних процесів, ефективне управління нерухомістю та інженерними мережами, а також прозорість в управлінні земельними ресурсами. Досвід експлуатації такої системи засвідчує можливість її адаптації до інших великих портових та промислових комплексів, що мають схожі задачі та умови функціонування.

Отже, подальший розвиток запропонованої методики створення геоінформаційних систем дозволить не лише вдосконалити ефективність управлінських рішень у портовій сфері, але й стане важливим чинником цифрової трансформації та підвищення конкурентоспроможності українських портів на міжнародному рівні.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Сучасні дослідження у сфері геоінформаційних технологій значною мірою спрямовані на вдосконалення методів просторового аналізу, управління



територіями та інтеграції ГІС у процеси планування й моніторингу. У науковому середовищі триває активна дискусія щодо удосконалення методологічних підходів до геоінформаційного аналізу, створення нових алгоритмів обробки просторових даних і розширення можливостей автоматизованих систем управління територіями. Питанням створення, забезпечення та застосування геоінформаційних систем, особливо у сфері управління територіями, присвячені праці багатьох провідних українських дослідників і спеціалістів, зокрема Ю.М. Палехи (Палеха, 2015; Палеха та ін., 2016; Палеха, 2020), В.Д. Шипуліна (Шипулін, 2010), В.І. Зацерковного (Зацерковний, 2014), С.В. Кострікова (Костріков, 2018), М.Ю. Литвинчука (Литвинчук, Денисенко & Мельничук, 2022), О.О. Іщука (Ішук, Коржнев & Кошляков, 2003), Ю.А. Карпінського (Карпінський, 2016; Карпінський & Лазоренко-Гевель, 2018; Карпінський & Лазоренко-Гевель, 2020), Т.В. Кріштоп (Криштоп, Рись & Кошелюк, 2018), В.В. Стаднікова (Стадніков, 2010; Стадніков, Ліхва & Константинова, 2023; Стадніков & Ліхва, 2024; Stadnikov, Likhva, Miroshnichenko, Kostiuik & Dorozhko, 2025). Цими авторами детально розглянуті питання застосування ГІС для ефективного управління територіальними ресурсами, аналізу інженерних комунікацій, автоматизації землевпорядних процедур, формування інтегрованих геоінформаційних баз даних та розвитку геоінформаційного моделювання для прогнозування й оптимізації територіального розвитку.

Особлива увага дослідників приділяється адаптації ГІС-технологій для потреб муніципального управління, логістичних процесів, містобудівних задач, екологічного моніторингу та управління портовою інфраструктурою. Результати досліджень підтверджують, що використання ГІС суттєво підвищує точність обліку територіальних ресурсів, ефективність прийняття управлінських рішень і забезпечує інтеграцію різномірних просторових і атрибутивних даних у єдину інформаційну систему. Важливим внеском є розробка автоматизованих методик збору та аналізу просторових даних, що сприяє скороченню витрат часу та підвищенню якості інформаційного забезпечення.



Постановка задачі

Незважаючи на суттєві здобутки у сфері ГІС, питання створення інтегрованих багатосарових систем управління об'єктами портової інфраструктури залишаються недостатньо розкритими. Особливо це стосується інтеграції ГІС із внутрішніми інформаційними системами підприємств портового комплексу для ефективного обліку й аналізу об'єктів нерухомості, земельних ресурсів та інженерних мереж.

Таким чином, метою дослідження є розроблення та впровадження комплексної геоінформаційної системи для централізованого обліку й аналізу об'єктів нерухомості, інженерних мереж і комунікацій підприємств портової інфраструктури на прикладі ДП «Одеський морський торговельний порт». Задача передбачає забезпечення інтеграції ГІС із внутрішніми інформаційними ресурсами підприємства для оперативного надання актуальних просторово-аналітичних даних, необхідних при ухваленні управлінських і технічних рішень щодо експлуатації, модернізації та перспективного розвитку портових територій.

3.1. Теоретичні аспекти створення ГІС

Геоінформаційна система (ГІС) є сучасним багатофункціональним інформаційним середовищем, призначеним для збору, зберігання, обробки, аналізу та відображення просторових і атрибутивних даних. У науковій літературі ГІС визначають як комплексне програмно-апаратне забезпечення, що інтегрує географічні дані різних типів та форматів, дозволяючи здійснювати складні управлінські та інженерні рішення на основі геопросторового аналізу та моделювання. ГІС мають ієрархічну структуру та складаються з декількох взаємопов'язаних компонентів: апаратного забезпечення, програмного забезпечення, бази просторових даних, методів обробки та аналізу інформації, а також спеціалізованого персоналу – фахівців, що забезпечують ефективну експлуатацію та розвиток системи.

Основною структурною складовою ГІС є база даних, яка включає як



геометричні (просторові), так і семантичні (атрибутивні) характеристики об'єктів. Ці дані формуються на основі матеріалів дистанційного зондування Землі, наземних геодезичних знімків, картографічних матеріалів, а також кадастрових і реєстраційних даних. Векторна модель просторових даних включає точкові, лінійні та полігональні елементи, що забезпечують високий рівень деталізації та точності відображення просторових об'єктів і комунікацій у межах територій підприємств, зокрема портової інфраструктури.

Однією з найважливіших переваг ГІС є інтегрованість з іншими інформаційними системами підприємств, що сприяє централізації та оперативності управлінських рішень, особливо в складних технічно насичених структурах, до яких належать порти. В умовах портової діяльності ГІС виступає необхідним інструментом для ефективного планування, експлуатації та розвитку територій, враховуючи особливості управління інженерними мережами, нерухомістю та земельними ресурсами.

Геоінформаційні системи класифікують за низкою критеріїв: територіальним охопленням, призначенням, функціональністю та способом подання інформації. Залежно від територіального охоплення виділяють глобальні, регіональні, муніципальні, локальні та об'єктові ГІС. З погляду предметної орієнтованості вони можуть бути універсальними або спеціалізованими. У рамках портової інфраструктури найпоширенішими є спеціалізовані ГІС, орієнтовані на управління інженерними мережами, нерухомістю, транспортною логістикою та екологічним моніторингом території.

Основними функціями ГІС, що забезпечують їхню ефективність, є:

- Збір та інтеграція даних (геодезичні вимірювання, фотограмметричні дані, ДЗЗ);
- Обробка та аналіз даних (просторові запити, просторовий та мережевий аналіз);
- Моделювання та прогнозування (оцінка ризиків, моделювання потенційних ситуацій, аналіз сценаріїв розвитку територій);
- Візуалізація інформації (побудова цифрових багатошарових карт, 3D-



моделювання);

- Управління базами даних (інтеграція просторових та атрибутивних даних);

- Підтримка прийняття рішень (оперативна інформація для управління інфраструктурою);

- Моніторинг та актуалізація інформації (оновлення баз даних у реальному часі).

У межах функціонування ГІС портів особливе місце займає контроль за інженерними мережами та комунікаціями, орендованими об'єктами, облік земельних ділянок та їх правовий статус, що визначає ефективність діяльності портового господарства в цілому.

Сучасний стан розвитку геоінформаційних технологій характеризується значними досягненнями в автоматизації процесів збору, обробки, аналізу та візуалізації просторових даних. ГІС-технології активно інтегруються у сфери містобудування, управління територіями, екологічного моніторингу, логістики, що створює передумови для підвищення ефективності їх використання у портовій інфраструктурі. Серед сучасних напрямів розвитку слід виділити інтеграцію ГІС із технологіями дистанційного зондування Землі, створення автоматизованих алгоритмів векторизації та оновлення цифрових карт, застосування методів машинного навчання для класифікації та аналізу даних, що дозволяє підвищити оперативність та якість аналітичних процедур.

На прикладі Одеського морського торгового порту продемонстровано переваги автоматизації процесу створення векторних цифрових карт та баз даних із використанням спеціалізованого програмного забезпечення компанії Esri. Важливим завданням залишається забезпечення гармонізації даних, що передбачає автоматизовану трансформацію координат, нормалізацію атрибутивної інформації, узгодження класифікаторів та кодів об'єктів, що дозволяє вирішити проблему несумісності даних із різних джерел.

Подальші перспективи розвитку геоінформаційних технологій у сфері управління портовою інфраструктурою пов'язані з впровадженням технологій



штучного інтелекту, використанням веб-орієнтованих ГІС, 3D-візуалізацією та аналітикою в реальному часі. Такі рішення дозволять забезпечити ще вищий рівень точності і надійності управлінських рішень, а також підвищити оперативність реакції на потенційні ризики та надзвичайні ситуації на території портів. Враховуючи глобальний тренд до цифрової трансформації, активне впровадження інноваційних ГІС-технологій сприятиме підвищенню конкурентоспроможності українських портів на міжнародному рівні.

3.2. Методологічні засади створення ГІС для управління портовою інфраструктурою

Світовий досвід свідчить, що управління портовою інфраструктурою сьогодні неможливе без застосування сучасних інформаційних технологій, серед яких провідне місце займають геоінформаційні системи (ГІС). Провідні міжнародні порти вже давно перейшли до активного використання інтегрованих ГІС-систем для централізованого збору, аналізу та моніторингу об'єктів портової інфраструктури та супутніх територій. Прикладами ефективного використання ГІС є порти Роттердама (Нідерланди), Гамбурга (Німеччина), Антверпена (Бельгія), Барселони (Іспанія), Гонконгу та інші великі міжнародні транспортні вузли. Використання ГІС дозволяє вирішувати задачі територіального менеджменту, логістичної оптимізації, екологічного моніторингу та безпеки, а також оперативного управління активами та ресурсами порту.

Порт Роттердама, наприклад, успішно використовує ГІС для інтегрованого управління даними про земельні ділянки, нерухомість, інженерні мережі та транспортні комунікації. Завдяки ГІС спеціалісти порту мають змогу ефективно моделювати логістичні сценарії, оптимізувати потоки вантажів, а також здійснювати моніторинг технічного стану комунікацій. У Гамбурзі ГІС є ключовим інструментом підтримки прийняття управлінських рішень, зокрема, в питаннях екологічного моніторингу та координації служб порту, що забезпечує високий рівень ефективності управління територіальними ресурсами та



інфраструктурою.

Аналогічні ГІС впроваджені також у портах Барселони, Сетубала, Гонконга, які демонструють позитивний вплив інтеграції геопросторових даних на ефективність управління територіями, особливо в умовах інтенсивної експлуатації портових потужностей. Значна увага приділяється питанням моніторингу та моделювання транспортних потоків, прогнозуванню ризиків і надзвичайних ситуацій, що дозволяє значно підвищити безпеку та оперативність управління портовими комплексами.

Таким чином, міжнародний досвід свідчить, що використання ГІС є не лише перспективним, а й практично необхідним елементом сучасного управління портовою інфраструктурою, що сприяє підвищенню ефективності й безпеки роботи підприємств, оптимізації логістичних процесів та забезпеченню конкурентоспроможності в глобальному економічному просторі.

Створення ефективної геоінформаційної системи для управління портовою інфраструктурою ґрунтується на комплексному підході, що охоплює всі етапи життєвого циклу ГІС: передпроектні дослідження, проектування, збір і обробку даних, створення бази даних, впровадження та експлуатацію.

На першому етапі виконуються передпроектні дослідження, що передбачають детальний аналіз картографічної та аналітичної інформації, яка циркулює як між підрозділами підприємства, так і між зовнішніми організаціями. Цей етап дозволяє сформулювати чітке технічне завдання на розроблення ГІС, визначити базове програмне забезпечення (наприклад, ArcGIS, Digitals або QGIS) та розробити структуру інформаційного забезпечення системи.

Наступним етапом є проведення польових геодезичних і фотограмметричних робіт, які включають побудову знімального обґрунтування, виконання топографо-геодезичних зйомок, створення топографічних планів масштабів 1:500 та 1:2000. Ці матеріали формують основу для наступної векторизації та побудови просторової моделі території порту. Важливим аспектом цього етапу є інженерно-геодезичні дослідження для виявлення та



документування підземних і наземних інженерних мереж, що є ключовими для управління портовою інфраструктурою.

На етапі камеральних робіт здійснюється побудова та коригування цифрових карт і схем інженерних комунікацій на базі отриманих даних, створюється геоінформаційна база даних, проводиться її інтеграція з інформаційними ресурсами порту. Використання автоматизованих засобів векторизації забезпечує точність і актуальність просторових даних, дозволяючи інтегрувати їх у загальну структуру ГІС.

Ключовим етапом є впровадження створеної ГІС у повсякденну діяльність портових служб, її експлуатація та постійна актуалізація. На цьому етапі важливими є контроль за якістю даних, моніторинг змін та регулярне оновлення інформації про стан земельних ділянок, нерухомості, орендних відносин та інженерних комунікацій. Завдяки цьому ГІС виступає надійним інструментом для забезпечення своєчасного прийняття управлінських рішень, оперативного реагування на зміни та інтеграції з іншими службами підприємства.

Сучасні геоінформаційні технології переживають активний етап розвитку, що зумовлений їхньою затребуваністю у вирішенні складних задач управління просторовими об'єктами та процесами. Основними тенденціями розвитку є впровадження веб-технологій та хмарних обчислень, розвиток геопросторового аналізу, моделювання великих обсягів даних із застосуванням штучного інтелекту, а також широке використання безпілотних літальних апаратів (БПЛА) та дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) для отримання оперативної інформації.

Перспективними напрямками розвитку ГІС для портової інфраструктури є впровадження web-орієнтованих геоінформаційних платформ, що дозволяє користувачам швидко отримувати доступ до необхідної інформації з будь-якої локації та оперативно приймати управлінські рішення. Також важливе значення має інтеграція геоінформаційних систем з автоматизованими системами управління підприємствами (ERP, CRM), що забезпечує додаткові аналітичні можливості та оперативність прийняття рішень.

З огляду на міжнародний досвід та успішні приклади українських портів,



зокрема Одеського порту, можна стверджувати, що майбутнє розвитку галузі буде пов'язано з подальшим посиленням ролі геоінформаційних технологій як обов'язкового елемента управління інфраструктурою морських портів, що забезпечить ефективне вирішення актуальних задач просторового планування, оперативного управління та стратегічного розвитку портів комплексів.

Передпроектні дослідження є одним із ключових етапів розроблення та впровадження геоінформаційної системи (ГІС) в умовах портового господарства, оскільки вони формують фундамент для подальших проектних і практичних рішень. Основною метою таких досліджень є всебічний аналіз стану та структури інформаційних потоків, визначення специфіки просторових та атрибутивних даних, а також формулювання технічних та організаційних вимог до майбутньої системи.

На цьому етапі здійснюється комплексний аналіз чинної системи документообігу підприємства, особливо у взаємодії інженерних служб порту з зовнішніми організаціями та всередині підприємства. Особлива увага приділяється оцінці існуючих недоліків, які здебільшого пов'язані з використанням застарілих, переважно аналогових картографічних матеріалів, що обмежують оперативність управлінських рішень, створюють труднощі в оновленні та інтеграції інформації.

На підставі цих досліджень формується детальне технічне завдання, яке визначає конкретні вимоги до функціональних можливостей геоінформаційної системи, а також структуру її інформаційного забезпечення. Це технічне завдання також містить опис топографо-геодезичних, картографічних та фотограмметричних матеріалів, які будуть покладені в основу просторової моделі території порту. Окремий наголос робиться на визначенні специфічних вимог до програмного забезпечення, яке використовуватиметься для створення ГІС.

Важливо зазначити, що серед програмних рішень, доступних для створення ГІС у портовій сфері, виділяються продукти компанії Esri, зокрема програмне забезпечення ArcGIS. Вибір ArcGIS як базового середовища для



створення геоінформаційної системи портової інфраструктури є обґрунтованим завдяки широкому спектру його функціональних можливостей, високій гнучкості налаштувань, можливості інтеграції з іншими інформаційно-аналітичними системами, а також широкий підтримці міжнародних стандартів та форматів даних. Програмний комплекс ArcGIS є визнаним лідером на світовому ринку геоінформаційних технологій, що підтверджено успішним досвідом впровадження у провідних морських портах світу.

Вибір програмного забезпечення ArcGIS компанії Esri як основного інструменту для створення геоінформаційної системи управління портовою інфраструктурою є результатом ґрунтовного аналізу функціональних можливостей та особливостей роботи з просторовими даними в умовах великих транспортно-технологічних комплексів. ArcGIS дозволяє комплексно вирішувати завдання, пов'язані з накопиченням, обробкою, аналізом та візуалізацією просторових даних, забезпечуючи високий рівень точності та актуальності інформації.

Серед основних переваг ArcGIS, які стали вирішальними у його виборі для реалізації ГІС у портовій сфері, можна виділити такі:

- широкий набір інструментів просторового аналізу, що дозволяє вирішувати складні завдання з аналізу та прогнозування ситуацій на території порту;
- розвинені механізми інтеграції з іншими інформаційними та аналітичними системами підприємств, що дозволяють створити єдине інформаційне середовище для різних служб порту;
- зручні засоби створення й оновлення цифрових картографічних моделей територій та інженерних мереж;
- можливість роботи з великими масивами просторових даних, включаючи інформацію дистанційного зондування Землі та результати наземних геодезичних знімків;
- розвинений інструментарій створення інтерактивних карт і геовізуалізації, зокрема в 3D, що значно покращує сприйняття інформації та



прийняття управлінських рішень;

- надійні інструменти моніторингу та контролю за станом інженерних мереж, нерухомості та земельних ділянок у реальному часі.

На етапі адаптації ArcGIS до потреб портової інфраструктури важливими були такі завдання, як налаштування баз даних відповідно до специфіки об'єктів інфраструктури, створення тематичних шарів для різних груп інформації (межі землекористувань, нерухомі об'єкти, орендовані площі, інженерні мережі тощо), а також забезпечення ефективного документообігу всередині системи. Особлива увага приділялась створенню алгоритмів інтеграції в ArcGIS різнорідних джерел даних (геодезичні матеріали, ортофотоплани, кадастрові відомості), що дозволило досягти високої точності та актуальності інформації.

Таким чином, вибір і подальша адаптація ArcGIS дозволили створити універсальну геоінформаційну систему, яка відповідає сучасним міжнародним стандартам і може бути ефективно впроваджена в управління інфраструктурою портів України, забезпечуючи якісно новий рівень централізованого управління, оперативність реагування на зміни та стратегічне планування розвитку портових комплексів.

3.3. Методологія створення ГІС портової інфраструктури

Створення та впровадження геоінформаційних систем (ГІС) у сфері управління портовою інфраструктурою є комплексним процесом, який охоплює кілька послідовних етапів, кожен із яких має свою специфіку, цілі та завдання. На основі практичного досвіду впровадження геоінформаційної системи інженерних мереж і комунікацій Одеського морського торговельного порту можна визначити такі основні етапи її створення:

Етап 1. Передпроектні дослідження.

Передпроектні дослідження є фундаментом для подальших етапів створення ГІС. Вони охоплюють збір, аналіз та систематизацію інформації, що стосується територіального устрою порту, аналіз чинних картографічних та



геодезичних матеріалів, визначення вимог до програмного забезпечення. Зокрема, на прикладі Одеського морського торгового порту проведено ретельний аналіз документального та картографічного забезпечення підприємства, визначено існуючі недоліки та запропоновано методику створення цифрових геопросторових даних для використання у програмному середовищі ArcGIS компанії Esri. Результатом цього етапу стало сформульоване технічне завдання та структура інформаційного забезпечення ГІС, що забезпечили основу для виконання наступних етапів розробки системи.

Етап 2. Виконання топографо-геодезичних польових робіт.

Цей етап є ключовим для формування просторової основи ГІС портової інфраструктури. Польові роботи включають створення геодезичного знімального обґрунтування, проведення топографо-геодезичних зніманий території у масштабах 1:500 і 1:2000, а також дослідження інженерних комунікацій. На прикладі Одеського порту виконувалися роботи зі зйомки територій окремих ділянок, таких як «Нафтова гавань» та «Хлібна гавань». Було здійснено детальні знімання, формування абрисів та польових журналів, які слугували первинною інформацією для створення цифрових топографічних планів. Важливою частиною робіт стало дослідження підземних інженерних мереж з метою отримання точних характеристик і параметрів таких об'єктів, як колодязі, трубопроводи, електромережі, мережі водопостачання, водовідведення та теплопостачання.

Етап 3. Камеральні роботи та створення цифрової карти.

На цьому етапі виконується обробка отриманих польових даних із застосуванням спеціалізованого програмного забезпечення ArcGIS. Польові дані перетворюються в цифровий формат шляхом векторизації та побудови багат шарової цифрової моделі території порту. До складу цифрової моделі входять такі шари, як межі земельних ділянок, інженерні мережі (водопостачання, електропостачання, газопостачання, теплопостачання, зв'язок тощо), межі нерухомих об'єктів та територій, орендовані ділянки. Сформована геоінформаційна база даних містить деталізовану атрибутивну інформацію, що



включає кадастрові номери, площі ділянок, технічні характеристики споруд та комунікацій, а також правову інформацію про власність чи оренду територій. На основі векторних цифрових моделей портових територій створюються багат шарові карти масштабу 1:500 та 1:2000, які дозволяють здійснювати просторовий аналіз, моніторинг стану об'єктів та планувати їх подальший розвиток.

Етап 4. Інтеграція та впровадження ГІС у структуру управління портом.

Інтеграція створеної геоінформаційної системи з внутрішніми інформаційними системами порту забезпечує ефективну взаємодію між підрозділами та надає можливість швидко обмінюватись інформацією. Особливістю впровадження ГІС в Одеському морському порту є інтеграція просторових та атрибутивних даних із існуючими інформаційно-аналітичними системами підприємства, що дозволяє здійснювати централізований контроль і управління всіма об'єктами портової інфраструктури.

Етап 4. Експлуатація, оновлення та супровід ГІС.

Після впровадження геоінформаційної системи її експлуатація передбачає постійне оновлення даних і моніторинг стану об'єктів портової інфраструктури. Досвід використання системи в Одеському морському торговельному порту показав, що регулярне оновлення просторових даних дозволяє оперативно відстежувати зміни у земельних відносинах, інженерних комунікаціях, стані нерухомості, своєчасно виявляти й аналізувати проблемні ситуації. Впровадження ГІС забезпечило суттєве скорочення часу на прийняття рішень, підвищило прозорість управління земельними та інженерними ресурсами, дозволило оптимізувати процеси документообігу, перейти до цифрових технологій у плануванні та управлінні територією порту.

Таким чином, застосована методологія створення геоінформаційної системи портової інфраструктури, орієнтована на комплексний підхід та використання сучасних ГІС-технологій ArcGIS, забезпечує централізовану та високоточну систему управління портовими об'єктами та територіальними ресурсами. Це дозволяє значно підвищити ефективність та оперативність



управлінських і технологічних рішень у портовій галузі України та сприяє її адаптації до сучасних міжнародних стандартів функціонування портових комплексів.

Польові геодезичні роботи є важливою складовою процесу створення геоінформаційної системи управління портовою інфраструктурою, оскільки саме ці роботи формують основу для створення актуальної цифрової геопросторової бази даних. Особливістю виконання польових робіт у портових умовах є складність інфраструктури, наявність великої кількості підземних, наземних і надземних інженерних комунікацій, а також необхідність забезпечення високої точності та оперативності отримання інформації.

Процес польових геодезичних робіт складається з кількох послідовних етапів:

- Побудова знімального геодезичного обґрунтування. На цьому етапі виконується планування, закладання й вимірювання геодезичних пунктів, які використовуються для прив'язки всіх наступних вимірювань до єдиної системи координат. Для території Одеського морського торговельного порту було створено мережу геодезичних пунктів із використанням сучасних GNSS-технологій та традиційних геодезичних методів, що забезпечує точність подальших знімань і зв'язок з державними геодезичними мережами.

- Рекогностування території. Цей етап передбачає детальне обстеження портової території, уточнення місць розташування геодезичних пунктів, визначення найбільш оптимальних маршрутів виконання знімань з урахуванням специфіки розташування інженерних комунікацій і об'єктів інфраструктури порту.

- Виконання топографо-геодезичних знімань. Геодезичні знімання виконуються з метою створення або актуалізації топографічних планів масштабів 1:500 та 1:2000. Під час зйомки здійснюється детальне картування рельєфу, споруд, комунікацій, дорожньо-транспортної мережі та інших об'єктів, що становлять інтерес для управління портовою інфраструктурою.

- Інженерно-геодезичні роботи з дослідження підземних комунікацій. На



цьому етапі проводиться спеціалізоване обстеження мереж водопостачання, водовідведення, електропостачання, зв'язку та інших інженерних комунікацій. Формуються абриса та цифрові схеми розрізів колодязів, інженерних вузлів і технологічних камер, що згодом інтегруються у загальну геоінформаційну базу даних.

Польові геодезичні роботи, проведені на території Одеського морського торговельного порту, підтвердили їхню важливість для створення якісної та функціонально повноцінної ГІС, яка ефективно забезпечує вирішення управлінських задач підприємства.

Картографічні та фотограмметричні роботи мають важливе значення при створенні геоінформаційних систем для управління портовою інфраструктурою, оскільки саме вони формують базовий просторовий каркас системи.

До картографічних робіт належать створення цифрових топографічних планів масштабів 1:500 та 1:2000 на основі геодезичних матеріалів, отриманих у польових умовах. У процесі розроблення ГІС порту створюються детальні цифрові карти, що включають тематичні шари: земельні ділянки, межі будівель, інженерні комунікації, транспортні шляхи тощо. Важливим є забезпечення високої топологічної коректності цифрових карт, що досягається за рахунок використання спеціальних методів контролю геометричних та семантичних помилок.

Фотограмметричні роботи, зокрема аерофотознімання та космічне дистанційне зондування Землі (ДЗЗ), є додатковими методами отримання актуальної інформації про територію порту. Космічні знімки дають змогу оперативно актуалізувати інформацію про стан інфраструктури та використовуються для подальшої векторизації об'єктів у програмному середовищі ArcGIS. Завдяки фотограмметричним методам отримують точні ортофотоплани, які служать геопросторовою основою для побудови високоточних карт і тривимірних моделей портових об'єктів та комунікацій.

Матеріали дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) є невід'ємною частиною сучасних геоінформаційних систем, особливо при управлінні портовою



інфраструктурою. Використання космічних знімків дозволяє оперативно отримувати інформацію про великі території з високою роздільною здатністю, що є важливим для детального моніторингу і оперативного реагування на зміни в структурі портової території.

На прикладі Одеського морського порту було доведено високу ефективність використання супутникових ортофотопланів, які служать основою для векторизації меж територій, об'єктів нерухомості, інженерних мереж і комунікацій. Дані ДЗЗ інтегруються в ГІС-середовище ArcGIS, дозволяючи в режимі реального часу відслідковувати зміни територіального та технічного стану інфраструктури, здійснювати аналіз земельних ресурсів, контролювати їх цільове використання, визначати потенційні проблемні зони та прогнозувати розвиток територій порту.

Таким чином, застосування комплексу польових геодезичних, картографічних, фотограмметричних робіт та даних ДЗЗ, інтегрованих у середовищі ArcGIS, створює передумови для побудови сучасної, ефективною та високоякісної геоінформаційної системи, здатної забезпечити комплексне управління портовою інфраструктурою на новому технологічному рівні.

3.4. Проектування та створення бази даних ГІС

Побудова бази даних (БД) геоінформаційної системи є фундаментальним етапом розробки та експлуатації ГІС для управління портовою інфраструктурою. Від якості проектування бази даних залежить ефективність функціонування всієї системи, точність прийняття управлінських рішень та оперативність оновлення інформації. У зв'язку з цим при створенні ГІС портів важливо дотримуватися низки основних принципів:

- Принцип структурованості передбачає чітке визначення моделі та формату даних, створення логічно пов'язаних між собою шарів, що дозволяє ефективно зберігати, знаходити та аналізувати інформацію.
- Принцип єдиної системи координат та геопросторової прив'язки



забезпечує уніфікацію просторових даних у межах однієї координатної системи, що є необхідною умовою для інтеграції різнорідних джерел інформації (польові геодезичні вимірювання, дистанційне зондування Землі, топографічні знімання).

- Принцип інтегрованості та сумісності передбачає можливість зручної інтеграції з іншими базами даних підприємства (кадастровими, реєстраційними, технічними), що є необхідним для оперативного доступу до комплексної інформації.

- Принцип масштабованості та розширюваності означає здатність БД адаптуватися до зростання обсягів інформації, додавання нових шарів і типів даних, а також підтримки змін у конфігурації самої ГІС.

- Принцип актуальності передбачає постійне оновлення та перевірку даних, що забезпечує високу точність, достовірність і своєчасність інформації.

- Принцип багатокористувацького доступу та безпеки дозволяє забезпечити диференційований доступ різних служб порту до необхідної інформації, захищаючи водночас дані від несанкціонованих втручань.

На практиці, зокрема на прикладі створення геоінформаційної системи інженерних мереж та комунікацій Одеського морського торгового порту, ці принципи забезпечили високий рівень якості, точності та функціональної повноти створеної БД, яка була впроваджена у середовищі ArcGIS компанії Esri. Сформована таким чином база даних дозволила значно скоротити час на виконання запитів та підвищити ефективність аналітичних процесів.

Атрибутивна база даних є одним з центральних елементів ГІС, оскільки містить семантичні характеристики просторових об'єктів, що суттєво розширює аналітичні та інформаційні можливості системи. Особливого значення вона набуває при управлінні портовою інфраструктурою, де об'єкти нерухомості, земельні ділянки та інженерні мережі мають велику кількість різнопланових характеристик.

Формування атрибутивної бази даних для портових територій передбачає створення чітко структурованих таблиць та зв'язків, що містять такі основні групи даних:



- Ідентифікаційні дані – кадастрові номери земельних ділянок, номери реєстрації об'єктів нерухомості, унікальні ідентифікатори споруд та інженерних комунікацій;
- Характеристики земельних ділянок – площа, цільове призначення, форма власності, межі територій, умови оренди або користування;
- Дані про нерухомість – адреси об'єктів, типи споруд, поверховість, матеріали будівництва, технічний стан, призначення об'єктів, балансова вартість;
- Інженерно-технічні характеристики комунікацій – тип мережі (водопостачання, водовідведення, газопостачання, електропостачання, зв'язок тощо), матеріал та діаметр труб, стан та умови експлуатації;
- Правова та управлінська інформація – відомості про власників, балансоутримувачів, орендарів, дані про укладені договори, терміни їх дії;
- Експлуатаційна інформація – дата останнього оновлення інформації, графіки технічного обслуговування та ремонту споруд і комунікацій, історія змін.

На прикладі ГІС Одеського порту атрибутивна база даних була розроблена на основі польових геодезичних зніманих, інженерних досліджень комунікацій, а також даних кадастрових і реєстраційних служб. Використання програмного комплексу ArcGIS дозволило систематизувати, нормалізувати й інтегрувати інформацію в єдиному інформаційному середовищі, що суттєво спростило процеси моніторингу, аналізу та оперативного управління земельними та нерухомими активами порту.

Таким чином, комплексне формування атрибутивної бази даних, здійснене з урахуванням специфіки об'єктів портової інфраструктури, забезпечує не лише централізований доступ до інформації, але й значно підвищує якість управлінських рішень, дозволяючи своєчасно реагувати на будь-які зміни чи нестандартні ситуації на території портів.

Ефективне управління портовою інфраструктурою значною мірою залежить від організації інформаційного простору ГІС, яка досягається через створення та структурування тематичних шарів просторових даних. В умовах



функціонування портових комплексів тематичні шари повинні забезпечувати максимально повне і чітке відображення як просторових характеристик, так і атрибутивних особливостей території, що дозволяє ефективно управляти інженерними мережами, земельними ресурсами, нерухомістю та іншими об'єктами інфраструктури.

На прикладі Одеського морського торговельного порту було розроблено та реалізовано кілька тематичних шарів у середовищі ArcGIS компанії Esri, які охоплюють основні елементи портової інфраструктури:

- Територіальні межі порту. Шар включає дані про адміністративні та технологічні межі території порту, земельні ділянки з зазначенням їх цільового призначення, категорій земель, а також правового статусу та власності.

- Інженерні мережі та комунікації. Це найбільш деталізований шар, що містить інформацію про мережі водопостачання, водовідведення, електромережі, теплопостачання, мережі зв'язку, нафтопроводи та інше спеціалізоване технологічне обладнання. В межах цього шару окремо виділено підшари за типом комунікацій, матеріалами їх виготовлення, станом та умовами експлуатації, а також дані щодо інженерних вузлів та колодязів, які були отримані під час польових геодезичних досліджень.

- Об'єкти нерухомості. У цьому шарі зберігаються геопросторові та атрибутивні дані про будівлі та споруди порту, зокрема інформація про їхні адреси, типи будівель, призначення, поверховість, фізичний стан, орендні умови тощо.

- Транспортна інфраструктура. Шар включає інформацію щодо автомобільних та залізничних шляхів, причалів, доріг технологічного транспорту та логістичних маршрутів.

- Екологічний моніторинг. Шар містить просторову інформацію про стан навколишнього природного середовища, зокрема про зони підвищеного екологічного ризику, потенційно небезпечні ділянки, дані екологічного моніторингу водної акваторії порту та прилеглих територій.

- Зони обмежень та ризиків. У цьому шарі відображаються межі зон із



різним рівнем ризику: технологічні, екологічні, санітарні, пожежонебезпечні, що має важливе значення для забезпечення безпеки експлуатації портової інфраструктури.

Створення тематичних шарів у середовищі ArcGIS дозволило забезпечити комплексне управління та інтеграцію даних, істотно спростило процес прийняття рішень як на оперативному, так і на стратегічному рівні, підвищило точність і прозорість роботи структурних підрозділів порту. ГІС із чіткою структурою тематичних шарів сприяє швидкому доступу до необхідної інформації, що забезпечує належний рівень оперативності реагування в умовах динамічно змінюваного портового середовища.

Оцінка якості просторових даних, що використовуються у геоінформаційних системах портової інфраструктури, є необхідною умовою для забезпечення надійності та ефективності функціонування системи. Якість просторових і атрибутивних даних визначається такими критеріями, як точність, актуальність, повнота, узгодженість та доступність інформації.

У рамках дослідження розроблено та апробовано методики оцінки якості даних, що включають:

- Геометрична точність даних. Оцінюється через зіставлення геометричних координат цифрових моделей із результатами високоточних геодезичних вимірювань. Допустимі похибки регламентуються чинними стандартами (наприклад, для топографічних планів масштабу 1:500 допустима похибка становить до 0,1 м).

- Актуальність інформації оцінюється за датою оновлення геопросторових даних та порівнянням із матеріалами останніх геодезичних і фотограмметричних знімань. Для цього застосовуються методи періодичного моніторингу та зіставлення із новими матеріалами ДЗЗ та інженерних обстежень.

- Повнота інформації визначається порівнянням змісту цифрових карт із нормативними вимогами та технічним завданням. У рамках ГІС Одеського порту перевірялась повнота представлених інженерних мереж, меж територій, земельних ділянок, що дозволило забезпечити повне відображення всієї



необхідної інформації в базі даних.

- Актуальність і своєчасність оновлення визначається шляхом регулярних перевірок і внесення змін на основі інформації, отриманої внаслідок оперативних геодезичних знімів та моніторингу.

Для оцінки якості даних у середовищі ArcGIS застосовуються методи просторового аналізу та спеціальні автоматизовані процедури контролю якості, зокрема топологічний контроль, верифікація атрибутивних даних, формування SQL-запитів, аналіз логічних та топологічних помилок, що забезпечує високий рівень точності та ефективності функціонування ГІС портів. Це дозволяє своєчасно виявляти неточності та оперативно усувати їх, зберігаючи надійність інформаційної бази для прийняття управлінських рішень.

3.5. Експлуатація ГІС та її роль в управлінні портовою інфраструктурою

Однією з основних функцій геоінформаційної системи (ГІС) портової інфраструктури є моніторинг технічного стану інженерних мереж та комунікацій, який спрямований на забезпечення безперебійного функціонування портового господарства. Складна інженерна інфраструктура портів, зокрема мережі водопостачання, каналізації, електропостачання, газопостачання та зв'язку, потребує постійного контролю технічного стану, який ефективно здійснюється засобами ГІС.

На прикладі Одеського морського порту було впроваджено систему моніторингу технічного стану інженерних мереж на базі ГІС-технологій ArcGIS, яка включає регулярне оновлення просторової та атрибутивної інформації про стан комунікацій. Інформація про стан мереж формується шляхом інтеграції даних від датчиків контролю та періодичних геодезичних обстежень. Завдяки використанню тематичних карт, аналітичних запитів та автоматичних сповіщень, служби порту отримують можливість оперативно виявляти аварійні ділянки, визначати їх місцезнаходження та стан, а також розробляти заходи щодо профілактичного обслуговування. Це дозволяє суттєво скоротити кількість



позаштатних ситуацій і зменшити витрати на технічне обслуговування інженерних мереж.

Одним із важливих напрямів практичного застосування ГІС у портовій сфері є ефективне управління орендними відносинами, що пов'язане з використанням земельних ділянок та нерухомого майна підприємства. Інтегрована геоінформаційна система портової території дозволяє вести централізований контроль та оперативно управляти земельними та майновими ресурсами. Завдяки створенню та регулярному оновленню атрибутивної бази даних про земельні ділянки, їх площу, цільове призначення, умови та терміни оренди, а також інформації про орендарів і власників нерухомості, стало можливим оперативно виявлення невикористаних або неефективно використаних територій. Система дозволяє автоматично контролювати строки закінчення договорів оренди, надсилати сповіщення щодо необхідності пролонгації угод або перегляду їх умов. Впровадження ГІС для контролю орендних відносин в Одеському порту дозволило значно підвищити прозорість і економічну ефективність використання активів порту.

Одним з найважливіших практичних напрямів експлуатації ГІС у портовій інфраструктурі є використання її для оптимізації логістичних та транспортних процесів. Портові підприємства характеризуються інтенсивними вантажопотоками, які вимагають ретельного планування та оптимізації транспортних маршрутів, управління рухом транспортних засобів і вантажів, а також ефективного використання складських і термінальних майданчиків.

Застосування ГІС на базі ArcGIS дозволяє проводити детальний аналіз пропускної здатності шляхів і маршрутів, моделювати логістичні потоки, визначати потенційні вузькі місця у транспортній мережі, планувати оптимальні маршрути переміщення вантажів і техніки. Завдяки інтеграції ГІС із системами управління транспортом (TMS) підприємство отримує змогу ефективно контролювати і управляти транспортними операціями в реальному часі, що дозволяє знизити час простоїв транспорту, оптимізувати навантаження складів та терміналів, скоротити витрати на паливо та технічне обслуговування



транспортних засобів. Практичний досвід Одеського морського порту свідчить про суттєве підвищення ефективності логістичних процесів завдяки застосуванню ГІС на базі ArcGIS.

Геоінформаційна система у портовій галузі є ефективним інструментом стратегічного планування розвитку портової інфраструктури. Завдяки широким можливостям просторового аналізу та моделювання, ГІС дозволяє виконувати аналіз перспектив розвитку територій порту, визначати оптимальні місця для будівництва нових споруд, розширення інженерних мереж, будувати сценарії розвитку територій з урахуванням технічних, економічних та екологічних факторів.

У середовищі ArcGIS можливе створення різноманітних сценаріїв розвитку територій порту, включаючи моделювання нових об'єктів, аналіз впливу будівництва на існуючу інфраструктуру, розрахунок навантаження на інженерні мережі та прогнозування екологічних наслідків. Це дозволяє керівництву портових підприємств заздалегідь оцінювати різні варіанти розвитку, обирати найбільш ефективні та економічно доцільні проєктні рішення. Практичне застосування таких методів на прикладі Одеського морського порту підтвердило значну ефективність ГІС як інструменту стратегічного управління та планування розвитку підприємства, сприяючи його сталому розвитку та конкурентоспроможності на національному і міжнародному рівнях.

3.6. Практичні результати впровадження ГІС на прикладі Одеського морського порту

У результаті виконаних досліджень і практичних робіт було розроблено комплексну багат шарову цифрову геоінформаційну систему (ГІС), яка акумулює значні обсяги просторових і атрибутивних даних, забезпечуючи широкі можливості для їх детального аналізу, редагування та оперативного оновлення.

Створена ГІС реалізована у вигляді інтерактивного інформаційного



середовища на основі сучасного програмного продукту ArcGIS 10.x, інтерфейс якого включає низку спеціалізованих інструментальних панелей та засобів роботи з різномірними типами інформації, такими як просторові та атрибутивні дані (рис. 1). Система забезпечує можливість багаторівневого керування шарами, проведення складних просторових аналітичних операцій, візуалізацію отриманих результатів, а також інтеграцію додаткових джерел даних з різними форматами та масштабами.

Основою для просторового представлення є ортофотоплани, отримані в результаті обробки матеріалів дистанційного зондування території порту (рис. 1, 4, 5). Використання цих космічних знімків забезпечує актуальну геопросторову базу, необхідну для точного векторного моделювання об'єктів дослідження. Крім того, окремо до складу ГІС були інтегровані високоточні топографічні плани масштабу 1:500, які надають деталізовану інформацію про елементи рельєфу, транспортну інфраструктуру та об'єкти нерухомості, істотно підвищуючи якість геопросторового аналізу (рис. 2).

На основі синтезу даних топографічних зйомок та ортофотозображень було створено комплекс векторних шарів цифрової карти, що включає такі ключові категорії об'єктів:

- межі земельних ділянок (рис. 5, 9);
- межі та атрибутивні характеристики нерухомих об'єктів (рис. 6, 7, 8);
- контури та характеристики орендованих територій і споруд (рис. 10, 13);
- інженерні мережі різного призначення (водопровідні, електричні, газові та теплові комунікації);
- елементи транспортної інфраструктури, включно з автомобільними дорогами та залізничними коліями.

Всі векторні об'єкти, представлені в ГІС, супроводжуються детальною атрибутивною інформацією (рис. 11, 12), що надає користувачам можливість отримувати розгорнуту характеристику кожного елемента інфраструктури. Наприклад, можна здійснювати інтерактивний перегляд технічних паспортів будівель (рис. 6), отримувати детальну інформацію щодо поверхових планів



споруд (рис. 7, 8), візуалізувати межі земельних ділянок з додатковими атрибутивними параметрами (рис. 9), а також аналізувати орендні угоди у хронологічному та просторовому розрізах (рис. 10, 13).

Застосування розробленої системи значно розширює спектр можливостей щодо аналізу територій. Зокрема, користувачам доступні інструменти для:

- ведення детального обліку та контролю правового статусу землекористування (рис. 9);
- комплексного аналізу умов та оптимізації земельних ділянок;
- стратегічного моделювання розвитку досліджуваної території.

Вбудовані механізми запитів та ідентифікації дозволяють оперативно отримувати інформацію про конкретні об'єкти та їх місцезнаходження (рис. 14). Також реалізовано ефективне управління орендованими площами, включаючи моніторинг умов договорів та їх відповідність актуальним даним, що забезпечує покращення системи управління комерційною нерухомістю та земельними ресурсами.

Однією з ключових науково-технічних проблем при формуванні ГІС стала інтеграція різномірних даних із різних джерел. Неоднорідність топографо-геодезичних матеріалів, дистанційних космічних знімків, кадастрових реєстрів, технічних паспортів будівель та інформації про інженерні мережі призвела до необхідності застосування сучасних технологій гармонізації та стандартизації даних. Було реалізовано автоматизовану трансформацію координат в єдину референсну систему, нормалізовано атрибутивні дані та узгоджено класифікацію всіх елементів цифрової моделі.

Особливу увагу було приділено питанням оцінювання якості вхідних даних. Запропонована методика передбачала комплексну перевірку відповідності даних встановленим топологічним, метричним та семантичним стандартам. Використання статистичних методів аналізу та просторового моделювання дозволило виявити та усунути помилки та невідповідності у вихідних матеріалах, що значно підвищило загальну достовірність та точність інтегрованих в ГІС даних.

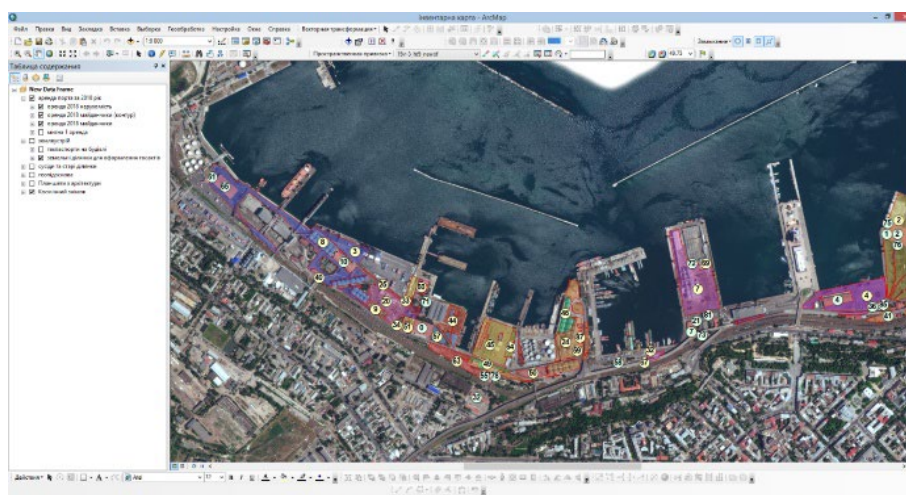


Рис. 1. Вікно з панелями інструментів та даних поточного проекту на шарі «космічний знімок»

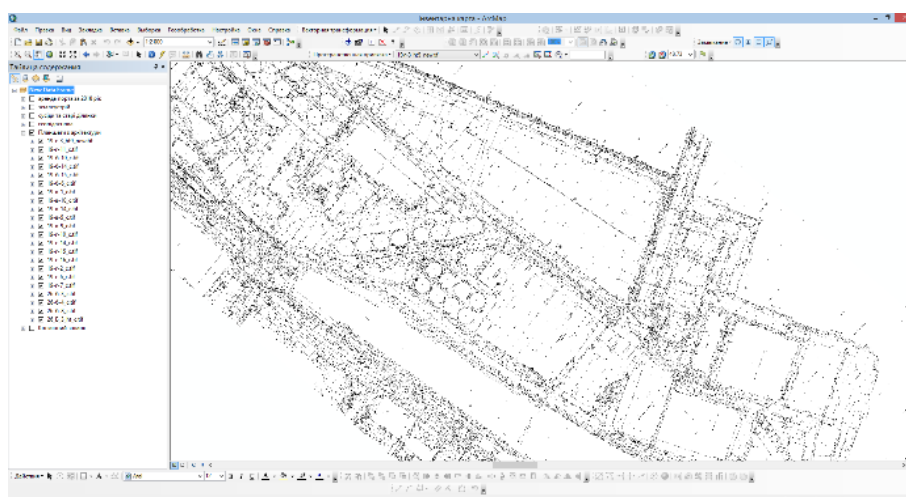


Рис. 2. Активний шар з топографічними планами М1:500

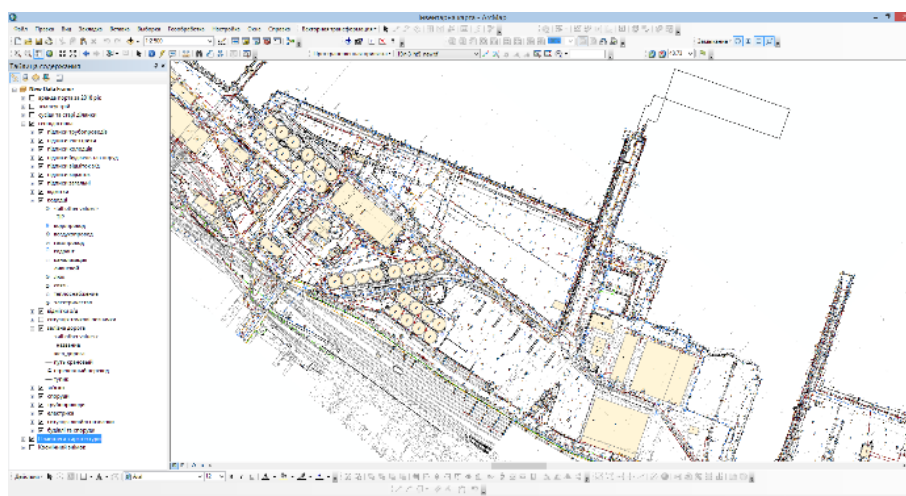


Рис. 3. Екран із векторними шарами цифрової карти М1:500

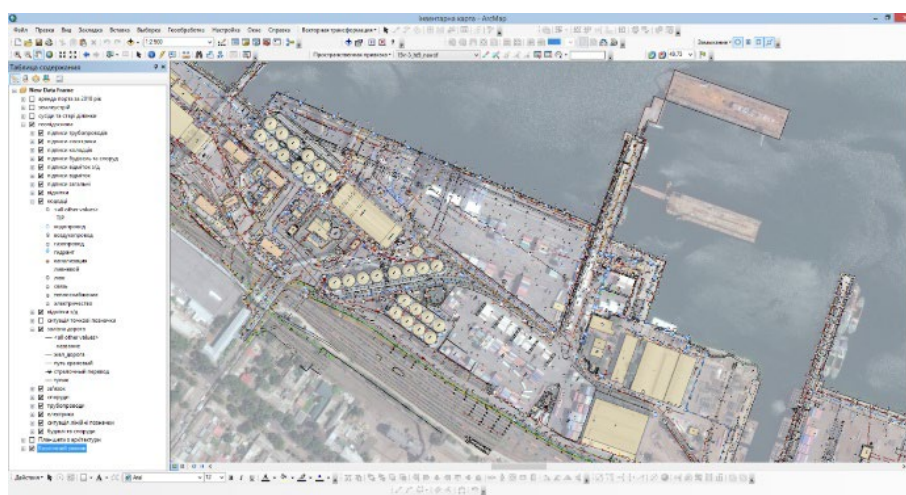


Рис. 4. Векторный шар цифровой карты М1:500 і космічний знімок

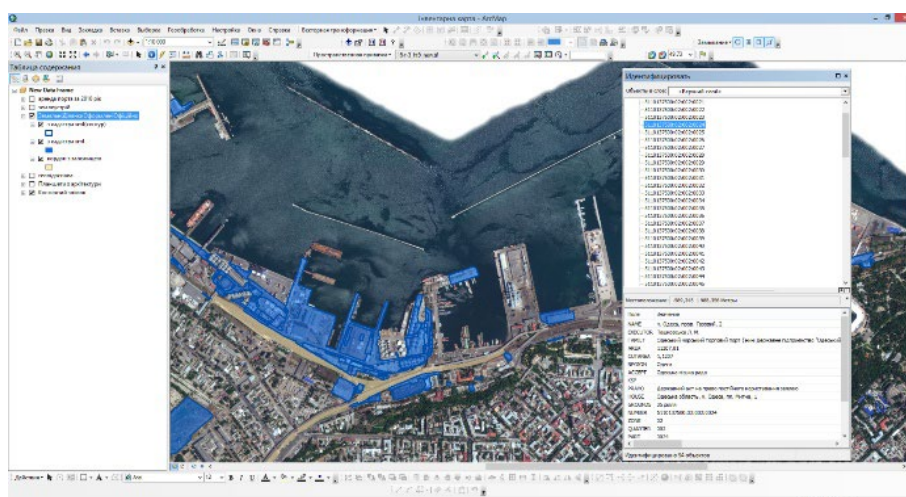


Рис. 5. Экран із шарами «космознімок» та «офіційно оформлені земельні ділянки»

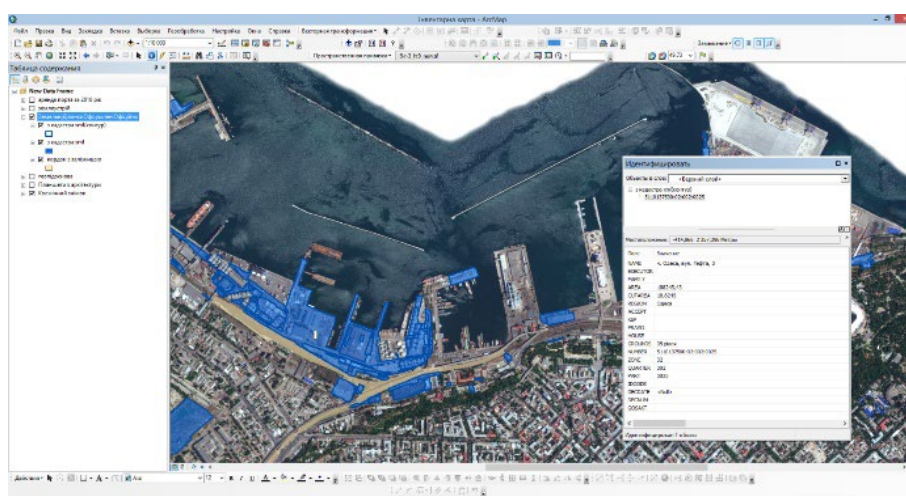


Рис. 6. Экран з інформацією «техпаспорти на будівлі» виділеним об'єктом

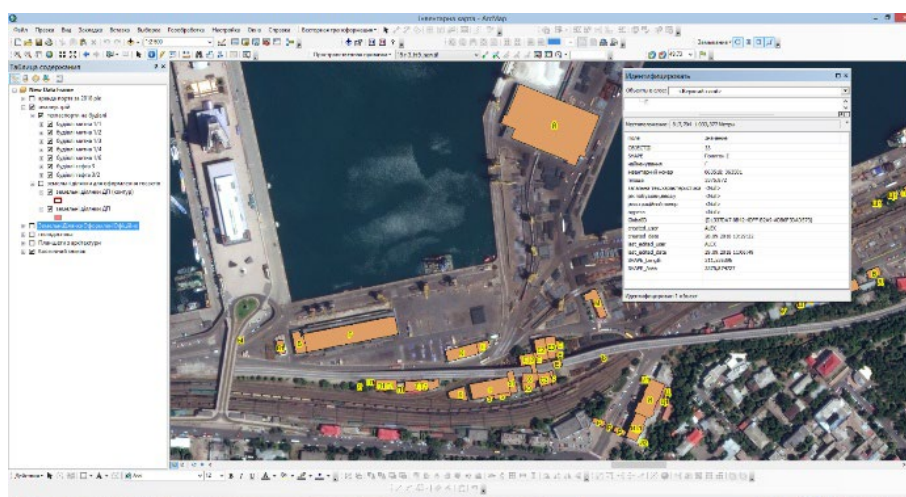


Рис. 7. Інформація про об'єкт із бази даних

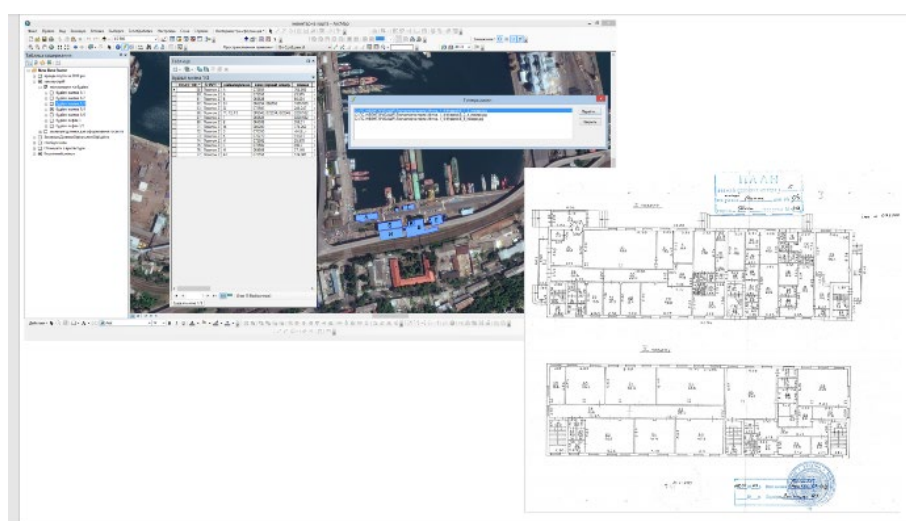


Рис. 8. Інформація про об'єкт із бази даних «Поверхові плани»



Рис. 9. Межі землекористувань на території порту

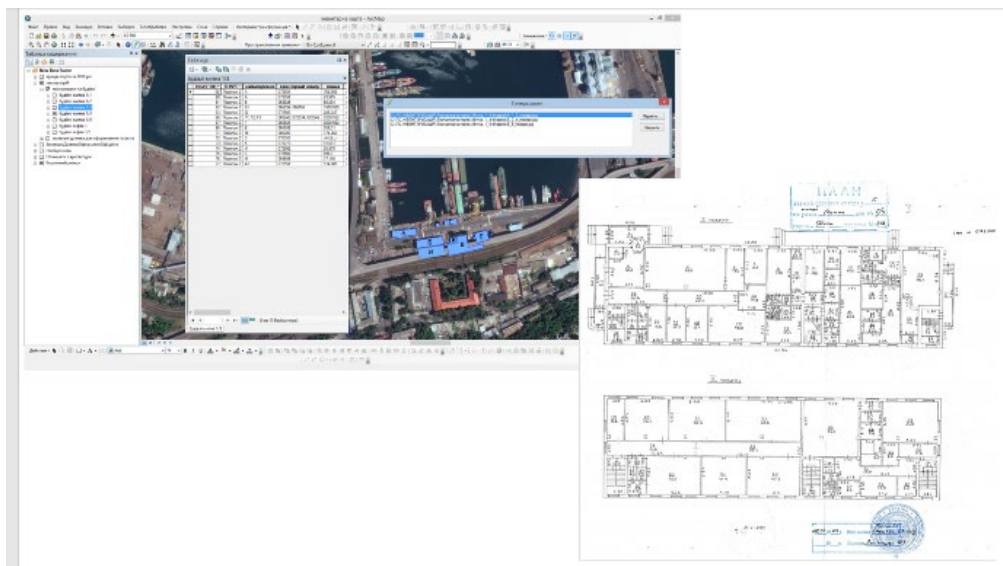


Рис. 8. Інформація про об'єкт із бази даних «Поверхові плани»



Рис. 9. Межі землекористувань на території порту

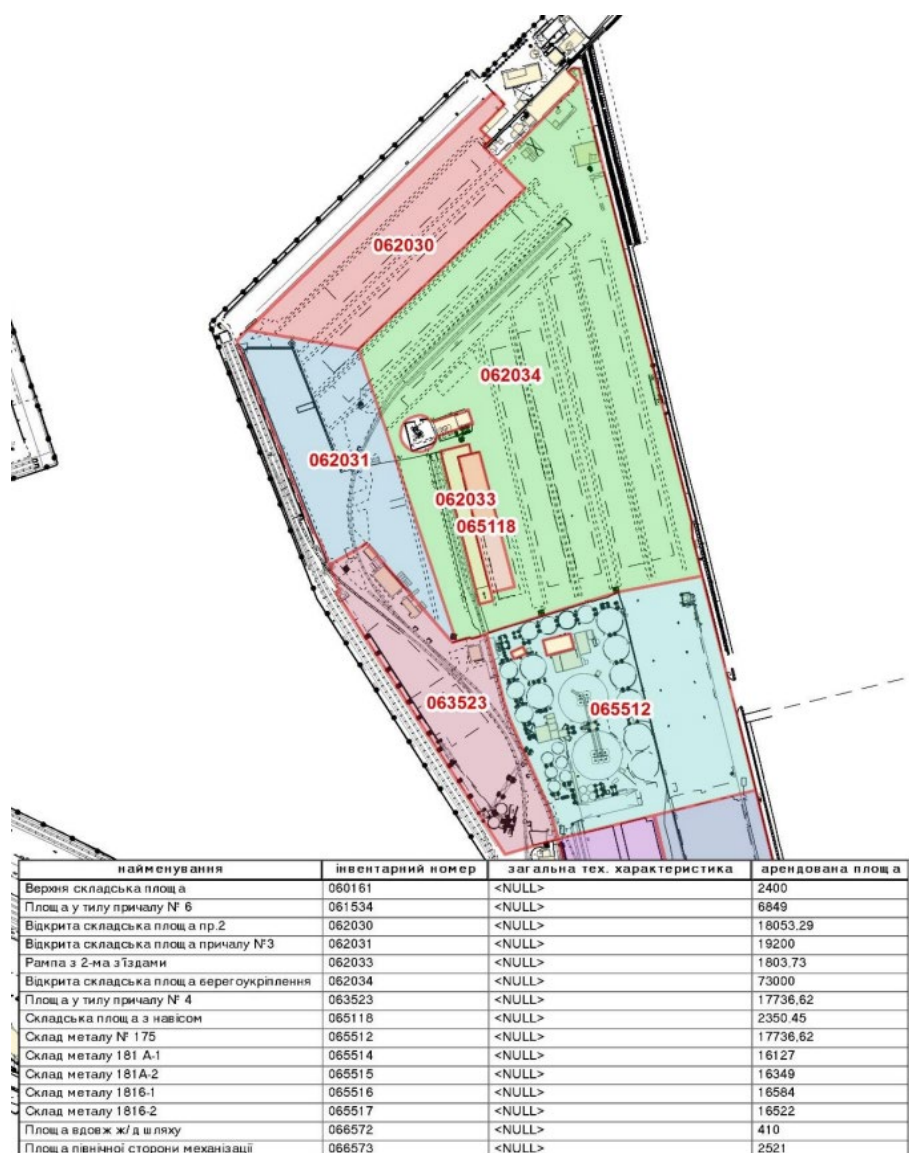


Рис. 10. Оренда існуючих об'єктів

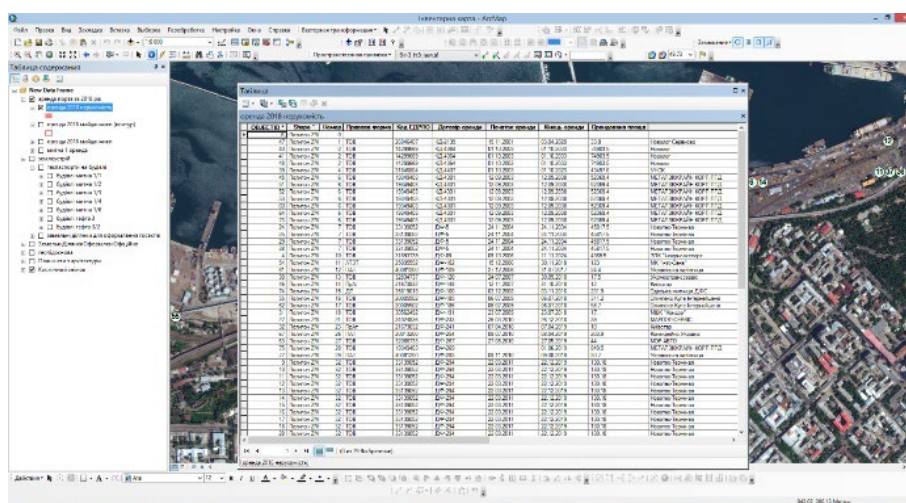


Рис. 11. Відображення таблиці атрибутів

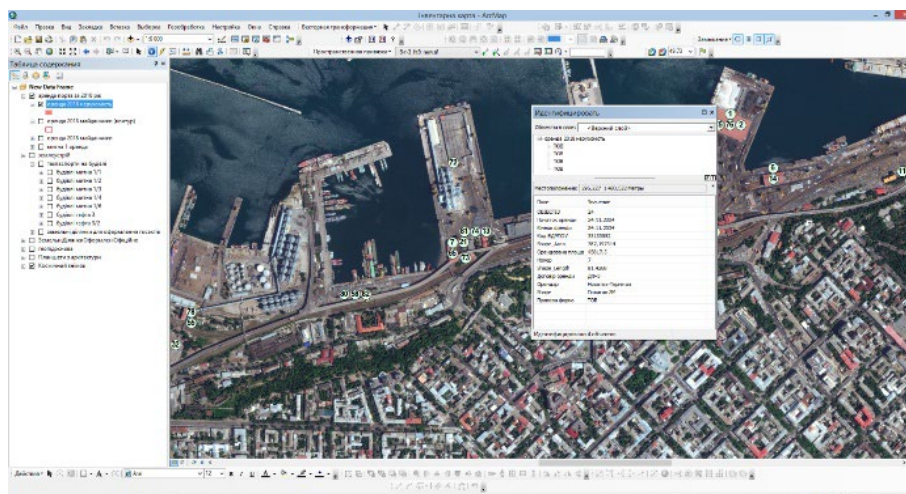


Рис. 12. Інструмент «ідентифікувати» дозволяє отримати інформацію з таблиці атрибутів об'єкта

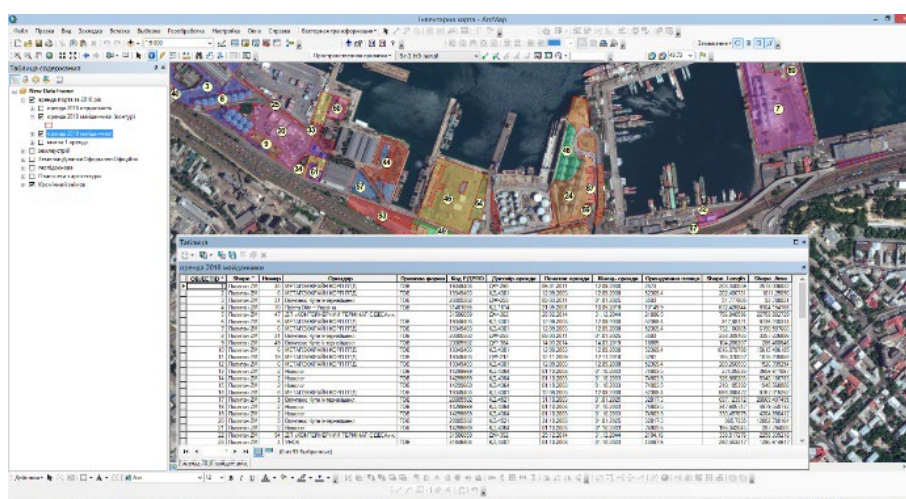


Рис. 13. Активація шару «оренда» з таблицею атрибутів із бази даних

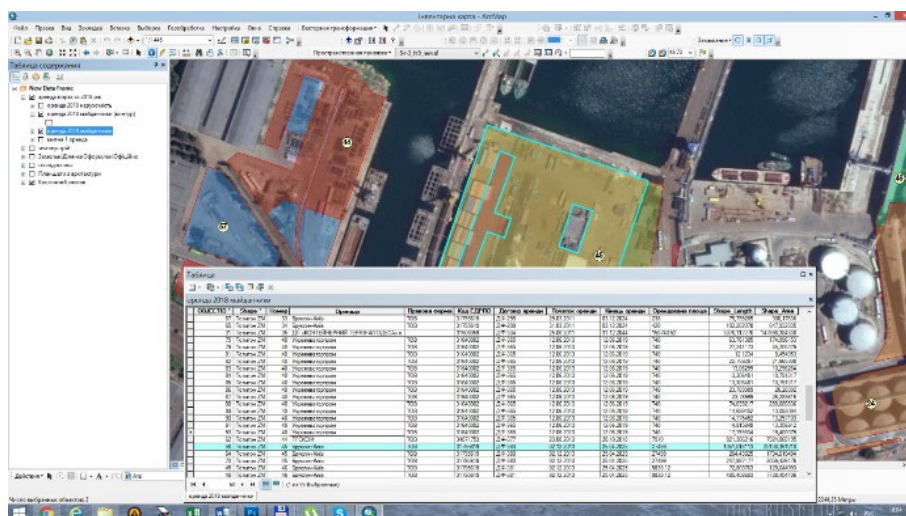


Рис. 14. Отримання розташування об'єкта на запит з бази даних



3.7. Інноваційні підходи до розвитку ГІС портової інфраструктури

У сучасних умовах розвитку портової інфраструктури важливою складовою ефективного управління стають інноваційні підходи до розвитку геоінформаційних систем (ГІС). Сучасні тренди розвитку геоінформаційних технологій у портовій галузі передбачають активне впровадження новітніх рішень, зокрема використання тривимірного моделювання (3D GIS), застосування мобільних додатків для збору даних у польових умовах, використання технологій дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) та безпілотних літальних апаратів (БПЛА) для моніторингу територій. Важливим напрямом є також розширення можливостей аналітики в реальному часі, інтеграція даних із датчиків Інтернету речей (IoT) для моніторингу стану інженерних мереж і комунікацій.

Особливо перспективним є впровадження штучного інтелекту (ШІ) у геоінформаційні системи для портової інфраструктури. Використання алгоритмів машинного навчання та аналітики великих даних (Big Data) дозволяє підвищити точність прогнозування ризиків, автоматизувати процеси аналізу великих обсягів геопросторової інформації, зокрема при оцінці технічного стану об'єктів, моделюванні логістичних потоків та оптимізації управлінських рішень. ШІ також може бути застосований для автоматичної векторизації зображень ДЗЗ, класифікації об'єктів на території порту, виявлення змін у просторових даних і формування рекомендацій для підвищення ефективності використання ресурсів.

Іншою важливою тенденцією є використання відкритих платформ і хмарних сервісів у ГІС. Відкриті платформи, такі як QGIS, Google Earth Engine, Mapbox, надають можливість безкоштовного доступу до функціоналу геоінформаційних систем, розширюють можливості інтеграції даних із різних джерел, включаючи відкриті дані та дані від партнерів. Хмарні сервіси (ArcGIS Online, Amazon Web Services, Microsoft Azure) забезпечують зберігання та обробку великих обсягів даних без необхідності у розгортанні власної серверної інфраструктури. Це дозволяє значно скоротити витрати на ІТ-інфраструктуру,



підвищити доступність даних для віддалених користувачів, забезпечити їх захист і резервне копіювання.

Перспективним напрямом вдосконалення геоінформаційного супроводу портів є створення цифрових двійників (Digital Twins), які забезпечують моделювання об'єктів у реальному часі, дають змогу проводити сценарний аналіз і прогнозувати наслідки прийняття управлінських рішень. Цифрові двійники у поєднанні з ГІС дозволяють створювати динамічні моделі портової інфраструктури, які відображають не лише статичний стан об'єктів, а й зміну параметрів у реальному часі, наприклад, стан інженерних мереж, інтенсивність логістичних потоків, технічний стан обладнання.

Стратегічними напрямками вдосконалення геоінформаційного супроводу портів є розширення функціональних можливостей ГІС для забезпечення комплексного управління територіями, розвиток аналітичних функцій для підтримки прийняття рішень, підвищення рівня автоматизації процесів збору, обробки та візуалізації даних. Важливою складовою є інтеграція ГІС із системами управління підприємствами (ERP-системами), системами управління логістикою (TMS), екологічними моніторинговими системами, що дозволить створити єдине інформаційне середовище для всіх підрозділів порту.

Перспективні напрями подальших наукових досліджень у сфері впровадження геоінформаційних систем для управління портовою інфраструктурою передбачають розвиток і вдосконалення існуючих методик збору, обробки та аналізу просторово-атрибутивних даних. Особливу увагу необхідно приділяти питанням оперативного оновлення інформації на основі матеріалів дистанційного зондування Землі та регулярних геодезичних, картографічних і фотограмметричних зйомок. Систематичні польові дослідження включають здійснення високоточних топографо-геодезичних робіт, аерофотознімання, наземного лазерного сканування територій порту, що дозволяє отримувати актуальні геопросторові дані високої точності.

Камеральні роботи передбачають автоматизовану обробку отриманих матеріалів, включно з векторизацією ортофотопланів та топографічних карт,



проведенням просторового та атрибутивного аналізу даних, а також їхню інтеграцію в єдину цифрову геоінформаційну систему. Важливою складовою є створення та підтримка оновлюваних кадастрових реєстрів, баз даних про інженерні мережі та транспортну інфраструктуру, а також здійснення регулярного моніторингу змін у землекористуванні й технічному стані інженерних комунікацій.

У майбутніх дослідженнях передбачається подальше вдосконалення алгоритмів автоматичної ідентифікації та аналізу просторових об'єктів, розробка моделей прогнозування розвитку портової території на основі просторового моделювання та багатофакторного аналізу. Крім того, необхідним є поглиблене вивчення питань забезпечення сумісності ГІС з іншими корпоративними інформаційними системами підприємства, що дозволить розширити можливості автоматизованого управління територією порту та суттєво підвищити оперативність прийняття рішень.

Таким чином, розвиток ГІС портової інфраструктури має спиратися на використання новітніх технологій, розширення аналітичних можливостей, підвищення рівня інтеграції з іншими інформаційними системами, що дозволить забезпечити ефективне управління портовими комплексами, підвищити рівень безпеки та конкурентоспроможності українських портів на міжнародному рівні.

Висновки

Результати проведеного дослідження підтверджують доцільність та ефективність впровадження розробленої комплексної геоінформаційної системи (ГІС) для управління територією та інфраструктурою морського порту на прикладі ДП «Одеський морський торговельний порт». Основною перевагою запропонованого підходу є можливість інтегрувати в єдине цифрове середовище різноманітні просторові та атрибутивні дані щодо земельних ресурсів, об'єктів нерухомості, інженерних комунікацій і транспортної інфраструктури, що забезпечує їх систематизацію, актуалізацію та оперативне використання для



ухвалення управлінських рішень.

Розроблена методика враховує сучасні вимоги до якості та оперативності інформації, використовуючи передові методи дистанційного зондування, автоматизованої векторизації космічних знімків і топографічних планів, а також просторовий аналіз, що значно підвищує точність картографічного матеріалу. Завдяки застосуванню цих методів забезпечено постійний моніторинг стану інфраструктурних об'єктів порту, можливість швидкого реагування на зміни та прогнозування перспективних напрямків розвитку територій.

Створена ГІС на основі сучасного програмного забезпечення ArcGIS відкриває широкі можливості для багаторівневого аналізу просторової інформації, візуалізації результатів та інтеграції із внутрішніми інформаційними ресурсами підприємства. Це дозволяє значно скоротити час на отримання необхідних аналітичних даних та підвищити ефективність оперативного управління інфраструктурою. Важливим практичним результатом роботи є механізм управління орендними відносинами, що базується на просторових даних, дозволяючи забезпечити прозорість фінансово-економічної діяльності підприємства та оптимізувати розподіл земельних ресурсів.

Впровадження ГІС сприяє не лише оптимізації управлінських процесів, але й підвищує рівень безпеки на території порту через інтеграцію з аналітичними системами громадського моніторингу, що дає змогу прогнозувати та своєчасно реагувати на потенційні ризики та позаштатні ситуації. Практичний досвід експлуатації запропонованої системи підтверджує її універсальність, що дозволяє адаптувати розроблені підходи для інших портових комплексів і промислових об'єктів, які мають складну інженерну структуру і потребують комплексного управління просторовими даними.

Таким чином, розроблена геоінформаційна система демонструє високу практичну значущість, забезпечує значне підвищення точності й оперативності управлінських рішень, та може бути рекомендована для широкого впровадження на аналогічних підприємствах портової галузі та інших комплексних промислових територіях.



Verweise / References

Chapter 1.

1. Константінова О.В., Воронюк І.В., Лисак А.Л. Аудит земель сільськогосподарського призначення територіальних громад: проблеми, фінансові ризики та втрати. *Інноваційні технології у плануванні територій*: матеріали III міжн. наук.-практ. конф. (м. Одеса, 06-08 жовт. 2022 р.). Одеса: ОДАБА, 2022. С. 202-208
2. Офіційний сайт аналітичного-сервісу Vkursi Zemli [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zemli.vkursi.pro/>
3. Офіційний сайт Всеукраїнської асоціації ОТГ [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://hromady.org/>
4. Офіційний сайт ТОВ «Вкурсі Агро» [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://latifundist.com/kompanii/1801-vkursi-agro>
5. Офіційний сайт аналітичного-сервісу Vkursi Pro [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://vkursi.pro/land/>
6. Офіційний сайт компанії SmartFarming [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.smartfarming.ua/>
7. Офіційний сайт ІТ компанії Web Dream Technology LLC [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://dreamstechnologies.com/>
8. Методика аудиту та обліку земель територіальних громад [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://ucab.ua/files/UCAB_files/Land%20Management_30.01.pdf
9. Земельний Кодекс України від 25.10.2001 року №2768-III// Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2002, № 3-4, ст.27 [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2768-14#Text>
10. Про затвердження Порядку проведення інвентаризації земель та визначення такими, що втратили чинність, деяких постанов Кабінету Міністрів України: Постанова Кабінету Міністрів України № 476 від 05.06.2019 року



[Електронний ресурс]. Режим доступу:

<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/476-2019-%D0%BF#Text>

11. Константінова О.В., Лисак А.Л., Тімофєєва А.С., Крохмалюк М.С. Земельний аудит територіальних громад: сучасний стан та перспективи розвитку. *Інноваційні технології у плануванні територій*: матеріали II міжн. наук.-практ. конф. (м. Одеса, 07-09 жовт. 2021 р.). Одеса: ОДАБА, 2021. С. 67-71
12. Константінова О.В., Дементьєва А.І. Методологія аудиту земель сільськогосподарського призначення територіальних громад. *Інноваційні технології у плануванні територій*: матеріали V міжн. наук.-практ. конф. (м. Одеса, 24-26 жовт. 2024 р.). Одеса: ОДАБА, 2024. С. 180-185
13. Константінова О.В. Земельний аудит у системі стратегічного управління ресурсами територіальної громади. // 36. тез доп. 81-ї наук.-техн. конф. проф.-викл. складу академії. (м. Одеса, 15-16 трав. 2025 р.). Одеса: ОДАБА, 2025. С. 89

Chapter 2.

1. Закон України “Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність” від 23 грудня 1998 року № 353-XIV.
2. Закон України “Про національну інфраструктуру геопросторових даних” від 13 квітня 2020 року № 554-IX.
3. Класифікатор інформації, яка відображається на топографічних картах масштабів 1:10 000, 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000, 1:200 000, 1:500 000, 1:1000 000: затверд. начальник Головного управління геодезії, картографії та кадастру при Кабінеті Міністрів України 1998 р. і погодж. з начальником Центрального топографічного управління Генерального штабу Збройних сил України.
4. Основні положення створення та оновлення топографічних карт масштабів 1:10 000, 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000, 1:200 000, 1:500 000, 1:1 000 000: затвердж. наказом Головного управління геодезії, картографії та кадастру



- України № 156 від 31.12.1999 р. і погодж. з Воєнно-топографічним управлінням Генерального штабу Збройних сил України.
5. Постанова Кабінету Міністрів України “Про затвердження Порядку загальнодержавного топографічного і тематичного картографування” від 4 вересня 2013 р. № 661.
 6. Закон України “Про національну інфраструктуру геопросторових даних” від 13.04.2020 р. № 554-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/554-20#Text>.
 7. Лазоренко-Гевель Н., Карпінський Ю., Кінь Д. (2021). Особливості створення (оновлення) цифрових топографічних карт для формування основної державної топографічної карти. Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва, I (41), 113-122.
 8. Карпінський Ю. О., Лазоренко-Гевель Н. Ю. (2019). Архітектура державної топографічної карти. Всеукраїнська науково-практична конференція “Картографічне моделювання та географічні інформаційні системи” (3–5 жовтня 2019 року). Львів: Нац. ун-т “Львівська політехніка”, С. 11–14.
 9. Карпінський Ю. О., Лященко А. А. (2006). Стратегія формування національної інфраструктури геопросторових даних в Україні. К.: НДІГК, 108 с.: іл. (Сер. “Геодезія, картографія, кадастр”).
 10. Карпінський Ю. О. Лазоренко-Гевель Н. Ю. (2018). Методи збирання геопросторових даних для топографічного картографування. Сучасні досягнення геодезичної науки і виробництва: зб. наук. праць, Вип. I(35), С. 204–211. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://gki.com.ua/ua/metodi-zbirannja-geoprostorovih-danih-dlja-topografichnogo-kartografuvannja>.
 11. Karpinskyi Yu., & Lazorenko-Hevel N. (2020). Topographic mapping in the National Spatial Data Infrastructure in Ukraine. E3S Web of Conferences. 171, 1-6. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202017102004>.
 12. Lazorenko-Hevel, N. and Kin, D. (2019). The edge matching method of digital topographic maps in the scale of 1:50 000 for creation the main state topographic map. Engineering Geodesy, 67, 56–66. 10.32347/0130-6014.2019.67.56-66.



13. Геоінформаційні системи і бази даних: монографія /В. І. Зацерковний, В. Г. Бурачек, О. О. Железняк, А. О. Терещенко. Ніжин: НДУ ім. М. Гоголя, 2014. 492 с.
14. Іщук О. О., Коржнев М. М., Кошляков О. Є. (2003). Просторовий аналіз і моделювання в ГІС: навч. 142 Фотограмметрія, геоінформаційні системи та картографія посіб. / за ред. акад. Д. М. Гродзинського. Київ: Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет". 200 с.
15. Карпінський Ю. О., Лященко А. А., Ясуюкі Окада (2016). Склад і принципи розроблення національного профілю стандартів з географічної інформації // Інженерна геодезія, Вип. 63. С. 110–121.
16. Карпінський Ю. О., Лазоренко-Гевель Н. (2020). Системна модель топографічного картографування в національній інфраструктурі геопросторових даних в Україні. Геодезія, картографія і аерофотознімання, Вип. 92. С. 24–36
17. Стадніков В. (2010). Побудова просторово-часової геоінформаційної моделі даних розвитку території для геопорталу міста Одеса. Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва, № 19. С. 204–209.
18. Ліхва Н.В., Стадніков В.В., Константинова О.В., Колосюк А.А. (2022). Застосування ARCGIS для створення топографічного плану М 1:2000. Modern engineering and innovative technologies, 20.
19. Стаднікова Н.В., Колиханін С.П., Шишколова Н.Ю., Шаргар О.М., Ліхва А.М. (2021). Застосування сучасного програмного забезпечення DIGITALS для створення топографічного плану М 1:2000. The International Scientific Periodical Journal SWorldJournal, 8, 35-39.
20. Стадніков В., Ліхва Н., Константинова О. (2023). Сучасні технології геопросторового аналізу під час планування міської території. Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва: зб. наук. пр., I (45), 135-145.



Chapter 3.

1. Карпінський Ю. О., Лазоренко-Гевель Н. Ю. (2018) Методи збирання геопросторових даних для топографічного картографування Сучасні досягнення геодезичної науки і виробництва. Збірник наукових праць, 2018. Вип. I (35). С. 204–211.
2. Карпінський Ю. О., Лазоренко-Гевель Н. Системна модель топографічного картографування в національній інфраструктурі геопросторових даних в Україні/ Ю. О. Карпінський , Н. Лазоренко-Гевель // Геодезія, картографія і аерофотознімання. 2020.-Вип. 92.- С.24-36.
3. Ліхва Н.В., Стадніков В.В., Колосюк А.А., Константинова О.В. Дослідження можливостей геоінформаційних технологій для автоматизованого створення і оновлення цифрових топографічних планів. Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво. Вип.53. 2023. С.16-22.
4. Стадніков В.В. Геоінформаційна система інженерних мереж та комунікацій Одеського морського торговельного порту / В. Стадніков // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Науковий журнал. Серія "Географія". - 2002. - № 1, Том 15 (54). – С. 102-106.
5. Стадніков В., Ліхва Н., Константинова О. (2023). Сучасні технології геопросторового аналізу під час планування міської території. Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. Зб.наук.пр. Вип.I(45). 2023. С.135-145.
6. Стадніков В., Ліхва Н. (2024). Геоінформаційна система інженерних мереж та комунікацій морського торгового порту. Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. Зб.наук.пр. Вип.I(47). 2024. С.195-202.
7. Ali, E. (2020). Geographic information system (GIS): definition, development, applications & components. Department of Geography, Ananda Chandra College. India.
https://www.academia.edu/download/62486569/Geographic_Information_System_GIS_Definition_Development_Applications_Components20200326-79633-1dj9rvd.pdf



8. Bansal, V. K. (2020). Use of GIS to consider spatial aspects in construction planning process. *International Journal of Construction Management*, 20(3), 207–222. <https://doi.org/10.1080/15623599.2018.1484845>
9. Hamza, M. H., & Chmit, M. (2022). GIS-based planning and web/3D web GIS applications for the analysis and management of MV/LV electrical networks (a case study in Tunisia). *Applied Sciences*, 12(5), 2554. <https://doi.org/10.3390/app12052554>
10. Stadnikov, V., Likhva, N., Miroshnichenko, N., Kostiuk, V., & Dorozhko, Y. (2025). Exploring Geoinformation Technology Potential for Automating the Development and Maintenance of Digital Topographic Maps. *AFRICAN JOURNAL OF APPLIED RESEARCH*, 11(1), 146–156. <https://doi.org/10.26437/ajar.v11i1.832>
11. Стадніков В. Особливості виконання інженерно-геодезичних робіт при виробництві ГІС промислових підприємств. XIII Міжнародний науково-технічний симпозиум. “Геоінформаційний моніторинг навколишнього середовища: GPS і GIS – технології. 9 – 14 вересня 2008 р. Алушта (Крим). Львівське астрономо-геодезичне товариство. – 2008. - С. 185-192.
12. Стадніков В.В. Районування міської території за допомогою геоінформаційних технологій. Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції «Геофорум-2023», 19–21 квітня 2023р.- 20-25 с. (Львів-Брюховичі, 19–21 квітня, 2023 року) – Режим доступу: http://zgt.com.ua/wpcontent/uploads/2023/04/ТЕЗИ_ГЕОФОРУМ_2023. ISBN 978-966-941-811-1
13. Геоінформаційні системи і бази даних : монографія / В. І. Зацерковний, В. Г. Бурачек, О. О. Железняк, А. О. Терещенко. – Ніжин : НДУ ім. М. Гоголя, 2014. – 492 с.
14. Kostrikov, S.V., Niemets, L.M., Sehida, K.Y., Niemets, K.A. i Morar, C. 2018. Геоінформаційний підхід до дослідження урбаністичних географічних систем (на прикладі м. Харків та області). *Вісник Харківського національного*



- університету імені В. Н. Каразіна, серія «Геологія. Географія. Екологія». 49 (Груд 2018), 107-124. DOI:<https://doi.org/10.26565/2410-7360-2018-49-09>.
15. Lytvynchuk M. Yu., Denysenko O. O., Melnychuk A. L. LOCAL PLANNING INSTRUMENTS IN UKRAINE: EXPERIENCES AND CHANGES FROM A LONG-TERM PERSPECTIVE. Ukrainian geographical journal, 2022, №3, 45-54. [In Ukrainian]. [Литвинчук М. Ю., Денисенко О. О., Мельничук А. Л. Інструменти планування на місцевому рівні: довгостроковий аналіз перетворень в Україні. // Укр. геогр. журн. 2022. № 3. С.45-54.] <https://doi.org/10.15407/ugz2022.03.045>
16. Іщук О.О., Коржнев М.М., Кошляков О. Є. Посторовий аналіз і моделювання в ГІС. Навчальний посібник / За ред. акад. Д.М.Гродзинського. - К.: Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2003. - 200 с.
17. Карпінський Ю. О. Склад і принципи розроблення національного профілю стандартів з географічної інформації / Ю. О. Карпінський, А. А. Лященко, Окада Ясуюкі // Інженерна геодезія. - 2016. - Вип. 63. - С. 110-121.
18. Стадніков В. Побудова просторово-часової геоінформаційної моделі даних розвитку території для геопорталу міста Одеса / В. Стадніков // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. - 2010. - №19.- С. 204-209.



SCIENTIFIC EDITION

**MONOGRAPH
INNOVATION IN DER MODERNEN WISSENSCHAFT
GEOLOGIE, GEOPHYSIK UND GEODÄSIE**

*INNOVATION IN MODERN SCIENCE
GEOLOGY, GEOPHYSICS AND GEODESY
MONOGRAPHIC SERIES «EUROPEAN SCIENCE»
BOOK 40. PART I*

Authors:

Konstantinova O.V. (1), Likhva N.V. (2), Stadnikov V.V. (3)

The scientific achievements of the authors of the monograph were also reviewed and recommended for publication at the international scientific symposium

«Innovation in der modernen Wissenschaft /

Innovation in modern science '2025»

(May 30, 2025)

Monograph published in the author's edition

The monograph is included in

International scientometric databases

500 copies

May, 2025

Published:

ScientificWorld -Net Akhat AV

Lußstr 13,

Karlsruhe, Germany



e-mail: editor@promonograph.org

<https://desymp.promonograph.org>



<https://desymp.promonograph.org>

e-mail: editor@promonograph.org

