

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

до проведення практичних занять та організації самостійної роботи
з навчальної дисципліни

«МОДЕЛЮВАННЯ ОБ’ЄКТІВ НЕРУХОМОСТІ ЗАСОБАМИ
ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ»

(для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти
денної та заочної форм навчання
зі спеціальності 193 – Геодезія та землеустрій)

Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2025

Методичні рекомендації до проведення практичних занять та організації самостійної роботи з навчальної дисципліни «Моделювання об'єктів нерухомості засобами геоінформаційних технологій» (для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти денної та заочної форм навчання зі спеціальності 193 – Геодезія та землеустрій) / А. А. Євдокімов ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2025. – 79 с.

Укладач канд. техн. наук, доц. А. А. Євдокімов

Рецензент

М. О. Пілічева, кандидат технічних наук, доцент кафедри земельного адміністрування та геоінформаційних систем Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова

Рекомендовано кафедрою земельного адміністрування та геоінформаційних систем, протокол № 1 від 20.08.2025

ЗМІСТ

Вступ.....	5
Змістовий модуль 1 Види моделювання об'єктів нерухомості.....	6
Практичне заняття № 1 Знайомство зі спеціалізованим програмним забезпеченням	6
Практичне заняття № 2 Створення 2D-моделей за даними OSM засобами QGIS	9
Практичне заняття № 3 Створення та аналіз 3D-наборів мережевих даних	13
Практичне заняття № 4 Тестування системи ГІС інженерної інфраструктури промислового підприємства.....	16
Практичне заняття № 5 Створення тривимірної моделі промислового підприємства.....	20
Змістовий модуль 2 Методи та засоби ГІС-моделювання об'єктів нерухомості.....	22
Практичне заняття № 6 Ознайомлення з основами роботи в Leica Cyclone FIELD 360 та Cyclone REGISTER 360.....	22
Практичне заняття № 7 Знайомство з AutoCAD та графічним інтерфейсом	26
Практичне заняття № 8 Створення тривимірних моделей з об'єктів засобами AutoCAD.....	30
Практичне заняття № 9 Отримання фотореалістичного зображення у AutoCAD.....	33
Практичне заняття № 10 Створення 3D-моделі у SketchUp.....	36
Практичне заняття № 11 Конвертація 3D-моделі зі SketchUp до ArcGIS та ArcGIS Pro	42

Змістовий модуль 3 Прикладні аспекти використання ГІС у моделюванні об'єктів нерухомості.....	46
Практичне заняття № 12 Завантаження та встановлення програмного забезпечення ArcGIS Pro.....	46
Практичне заняття № 13 Імпорт та інтеграція 3D-моделей у сцену ArcGIS Pro.....	50
Практичне заняття № 14 Генерація цифрової моделі поверхні (DSM) та ортофотоплану за допомогою ArcGIS Reality for ArcGIS Pro.....	52
Практичне заняття № 15 Створення 3D-шарів за допомогою ArcGIS Reality for ArcGIS Pro.....	55
Практичне заняття № 16 Отримання продуктів із супутникових знімків в ArcGIS Reality for ArcGIS Pro.....	58
Практичні завдання.....	61
Практичне завдання № 1 Аналіз просторових моделей інженерних мереж промислового підприємства.....	61
Практичне завдання № 2 Тривимірне моделювання. Створення ЦММ.....	65
Практичне завдання № 3 Створення моделі міста за даними з відкритих джерел засобами ArcGIS Pro.....	68
Завдання до самостійної роботи.....	71
Завдання до самостійної роботи № 1.....	71
Завдання до самостійної роботи № 2.....	73
Завдання до самостійної роботи № 3.....	75
Список рекомендованих джерел.....	77

ВСТУП

Методичні рекомендації призначені для виконання практичних робіт та виконання самостійної роботи для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти денної та заочної форм навчання зі спеціальності – 193 – Геодезія та землеустрій.

Сучасний етап розвитку геоінформаційних технологій вимагає від фахівців у галузі геодезії та землеустрою глибоких знань і практичних навичок у сфері моделювання об'єктів нерухомості. З огляду на інтенсивне впровадження ГІС у кадастрові, містобудівні, інженерно-геодезичні та управлінські процеси, здатність створювати точні, структуровані та аналітично придатні просторові моделі стає одним із ключових професійних умінь інженера-землевпорядника.

Навчальна дисципліна має на меті сформувати у здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти системне уявлення про принципи побудови цифрових моделей об'єктів нерухомості, їх візуалізацію, семантичне наповнення та інтеграцію в геоінформаційне середовище. Особлива увага приділяється використанню актуального програмного забезпечення для виконання повного циклу моделювання – від збору вхідних даних до створення просторових 3D-моделей та їх аналізу.

Методичні рекомендації розроблено з урахуванням специфіки напряму Геодезія та землеустрій. Вони спрямовані на підтримку самостійної та практичної діяльності студентів, формування професійної компетентності та розвиток аналітичного мислення. Кожна тема практичної роботи має чітку структуру: мету, завдання, короткий теоретичний огляд, алгоритм виконання, приклад реалізації та контрольні запитання для самоперевірки.

Використання цих рекомендацій у навчальному процесі сприятиме засвоєнню методів цифрового моделювання нерухомості, розвитку навичок просторового аналізу та підготовці майбутніх фахівців до вирішення практичних задач у сфері земельних відносин, містобудування та управління територіями в умовах цифрової трансформації.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1 ВИДИ МОДЕЛЮВАННЯ ОБ'ЄКТІВ НЕРУХОМОСТІ

Практичне заняття № 1

Знайомство зі спеціалізованим програмним забезпеченням

Мета: ознайомлення студентів із можливостями програмного забезпечення QGIS, його інтерфейсом та налаштуванням основних елементів для оптимізації робочого процесу.

Необхідне програмне забезпечення: доступ до Інтернету для завантаження QGIS 3.x (остання стабільна версія).

Теоретичні відомості

QGIS (Quantum GIS) – це потужна безкоштовна геоінформаційна система з відкритим кодом, яка використовується для обробки, аналізу та візуалізації просторових даних. Вона дозволяє працювати з векторними та растровими шарами, використовувати різні картографічні проєкції, аналізувати просторові дані та створювати картографічні продукти.

Основні компоненти інтерфейсу QGIS:

1. Головне меню, що містить доступ до всіх функцій QGIS.
2. Панелі інструментів, які дозволяють швидко отримати доступ до основних команд.
3. Область карти – головне робоче поле, де відображаються шари з просторовими даними.
4. Панель шарів містить список усіх завантажених векторних та растрових даних.
5. Консоль Python використовується для автоматизації процесів за допомогою скриптів.

Налаштування інтерфейсу для ефективної роботи:

1. Увімкнення необхідних панелей інструментів через меню «Перегляд» → «Панелі».
2. Налаштування проєкцій у «Параметрах» (EPSG-коди систем координат).
3. Додавання основних шарів та налаштування їх відображення (символіка, рендеринг).
4. Використання атрибутивних таблиць для роботи з просторовими даними.

Хід роботи

Завдання:

1. Ознайомлення з QGIS:
 - завантажити та встановити QGIS (за необхідності);
 - запустити програму та ознайомитися з головним вікном;
 - визначити основні панелі та інструменти інтерфейсу (панель шарів, панель інструментів, консоль Python тощо).
2. Налаштування інтерфейсу:
 - увімкнути/вимкнути необхідні панелі та інструменти через меню «Вигляд» → «Панелі» та «Вигляд» → «Інструментальні панелі».
 - налаштувати гарячі клавіші для пришвидшення роботи (Редагування → Налаштування клавіатури);
 - встановити необхідні плагіни через «Менеджер розширень».
3. Робота з шарами:
 - завантажити векторний та растровий шари;
 - відобразити та змінити їхні властивості (стилізація, прозорість, атрибутивні таблиці);
 - виконати просте редагування векторного шару (додавання, переміщення та видалення об'єктів).

4. Збереження проєкту:

- налаштувати автоматичне збереження;
- створити новий проєкт і зберегти його з назвою «QGIS_Practice1».

Контрольні запитання

1. Які основні елементи інтерфейсу QGIS ви використовували?
2. Як налаштувати панелі інструментів та гарячі клавіші?
3. Яким чином можна додати нові плагіни в QGIS?
4. Як завантажити та налаштувати шари у QGIS?
5. Як зберігати та відкривати проєкти у QGIS?

Практичне заняття № 2

Створення 2D-моделей за даними OSM засобами QGIS

Мета: ознайомитися з процесом встановлення та використання модулів QGIS, завантаженням та обробкою даних OpenStreetMap для створення 2D-моделей у QGIS.

Необхідне програмне забезпечення:

1. QGIS 3.x (остання стабільна версія).
2. Доступ до Інтернету для завантаження модулів і даних OSM.

Теоретичні відомості

Для створення 2D-моделей у QGIS на основі даних OpenStreetMap (OSM) вам необхідно завантажити дані OSM у QGIS, обробити їх, і за необхідності перетворити на шейп-файли. Потім можна використовувати ці шейп-файли для створення різних візуальних уявлень, таких як карти або інші графічні елементи.

Крок I. Завантаження даних OSM у QGIS. Використання плагіна OpenLayers: ви можете використовувати плагін OpenLayers, щоб завантажити базові карти OSM. У QGIS перейдіть в меню «Плагіни» і виберіть «OpenLayers», потім натисніть «Додати шар OpenStreetMap»;

Імпорт OSM-файлу. Якщо у вас є файл OSM (наприклад, у форматі XML), ви можете завантажити його в QGIS. Для цього в меню «Веб» виберіть «OpenStreetMap», а потім «Завантажити OSM з файлу».

Крок II. Обробка даних OSM. Перегляд даних: після завантаження дані OSM будуть відображатися у вигляді векторних шарів QGIS. Ви можете вивчити ці шари, щоб зрозуміти їхню структуру та зміст.

Фільтрування та виділення даних. Ви можете фільтрувати дані OSM за різними параметрами, наприклад, за типом об'єкта (будинки, вулиця, парк) або за мітками (name, highway, amenity).

Геообробка. QGIS надає різні інструменти геообробки, які дозволяють змінювати, аналізувати та перетворювати дані OSM. Наприклад, ви можете використовувати інструменти для створення буферних зон, перетинів шарів, генерації сітки або побудови полігонів.

Крок III. Створення 2D-моделей. Шейп-файли. Після обробки даних OSM можна зберегти їх у форматі шейп-файлів. Для цього клацніть правою кнопкою миші на шарі в панелі «Шари» та виберіть «Зберегти як». У діалоговому вікні виберіть «ESRI Shapefile» як формат і вкажіть ім'я та місцезнаходження для шейп-файлу.

Використовуйте шейп-файли для створення 2D-моделей у QGIS. Ви можете налаштувати стилі шарів, додати легенди, масштаби та інші елементи візуалізації даних.

Різні формати даних. OSM надає багато різних типів даних. Ви можете використовувати їх для створення різноманітних 2D-моделей, наприклад для відображення вулиць, будівель, парків, кордонів територій тощо.

QGIS дозволяє створювати різні типи карт, наприклад, тематичні карти, топографічні карти, карти-врізання тощо.

Макет карти. Для підготовки карт, придатних для друку, ви можете створювати макети карт у QGIS.

Хід роботи

Завдання:

1. Інсталяція модулів QGIS:

– відкрити QGIS;

– увімкнути плагін Spatial Query: Plugins → Manage and Install Plugins →

Знайти *Spatial Query* → Увімкнути;

– встановити плагін QuickWKT: Plugins → Manage and Install Plugins → Вкладка All → Пошук «QuickWKT» → *Install plugin*;

– встановити експериментальний плагін TimeManager: Settings → Enable experimental plugins → Пошук «TimeManager» → Встановити.

2. Пошук та завантаження даних OSM:

– встановити плагіни OSM Place Search та OpenLayers;

– відкрити базову карту: Plugins → OpenLayers plugin → Add OpenStreetMap layer;

– знайти м. Лондон за допомогою панелі OSM Place Search;

– завантажити OSM-дані: Vector → OpenStreetMap → Download data → Обрати From map canvas → зберегти як london.osm.

3. Обробка OSM-даних: імпортувати топологію: Vector → OpenStreetMap → Import topology from XML.

Вказати:

– вхідний файл: london.osm;

– вихідний файл: london.osm.db.

Експортувати дані у SpatialLite: Vector → OpenStreetMap → Export topology to SpatialLite:

– обрати тип: Point (nodes);

– назва шару: london_points;

– завантажити теги name, amenity.

4. Фільтрація об'єктів (паби):

– відкрити таблицю атрибутів шару london_points;

– застосувати фільтр: Select features using expression → amenity = 'pub';

– зберегти вибірку як новий шар: Save Selection As... → Назва: london_pubs.shp → Додати до карти.

Контрольні запитання

1. Як встановити та активувати плагіни у QGIS?
2. Які плагіни дозволяють завантажувати дані OSM у QGIS?
3. Як виконати імпорт та експорт даних OSM у формат SpatialLite?
4. Які типи геооб'єктів містить база даних OSM?
5. Як здійснити фільтрацію просторових об'єктів за атрибутивними даними?

Практичне заняття № 3

Створення та аналіз 3D-наборів мережевих даних

Мета роботи:

1. Ознайомитися з процесом створення 3D-наборів мережевих даних.
2. Навчитися виконувати аналіз маршрутів у тривимірному просторі.
3. Засвоїти використання інструментів ArcGIS для роботи з 3D-мережами.

Необхідні ресурси:

1. Програмне забезпечення ArcGIS **Desktop** зі встановленими розширеннями Network Analyst та 3D Analyst.
2. Навчальні дані, доступні за посиланням: ArcGIS Tutorial Data for Desktop.

Теоретичні відомості

ArcGIS – це багатофункціональна система географічної інформації (ГІС), розроблена компанією ESRI. Її використовують для створення, аналізу, візуалізації та управління географічними даними. ArcGIS містить різноманітні продукти та інструменти для роботи з різними типами даних, від картографування до просторового аналізу.

ArcGIS Desktop – це група настільних продуктів сім'ї ArcGIS, що надає весь необхідний інструментарій для повноцінної роботи з географічною інформацією: створення і редагування даних, оформлення і публікації карт, побудови запитів і аналізу інформації.

Хід роботи

Завдання:

1. Підготовка даних: завантажте та розпакуйте навчальні дані за посиланням: ArcGIS Tutorial Data for Desktop.

2. Рекомендується розмістити їх у папці C:\ArcGIS\ArcTutor\Network Analyst\Workflow\3DRouting.

1. Створення 3D-набору мережевих даних:

- відкрийте ArcCatalog та перейдіть до папки з навчальними даними;
- ознайомтеся з наявними класами об'єктів, які уособлюють тривимірні шляхи пересування всередині будівлі (наприклад, коридори, сходи, ліфти);
- за допомогою Майстра створення набору мережевих даних створіть новий 3D-набір, обравши опцію «Використання значень Z-координати з геометрії» для моделювання висоти.

2. Виконання аналізу маршруту:

- відкрийте ArcScene та додайте створений 3D-набір мережевих даних;
- створіть новий шар маршруту та додайте початкову та кінцеву точки на різних поверхах будівлі;
- виконайте обчислення оптимального маршруту між цими точками, враховуючи тривимірну структуру будівлі.

3. Візуалізація результатів: налаштуйте відображення отриманого маршруту в ArcScene для наочної демонстрації його проходження через різні поверхи та елементи будівлі.

4. Аналіз та висновки:

- проаналізуйте отриманий маршрут: які шляхи були обрані (коридори, сходи, ліфти); чи є альтернативні маршрути, які можуть бути більш ефективними;
- розгляньте можливості застосування 3D-аналізу мережевих даних у реальних сценаріях, таких як планування евакуаційних шляхів або оптимізація внутрішньої логістики в будівлях.

Контрольні запитання

1. Які є переваги використання 3D-наборів мережевих даних порівняно з використанням традиційних 2D-наборами?
2. Як значення Z-координат впливають на побудову та аналіз мережі?
3. Які типи об'єктів необхідно оцифрувати для створення 3D-набору мережевих даних всередині будівлі?
4. Як можна застосувати аналіз 3D-мереж у міському плануванні та управлінні інфраструктурою?

Практичне заняття № 4

Тестування системи ГІС інженерної інфраструктури промислового підприємства

Мета роботи: використовуючи програмне забезпечення ArcGIS, провести тестування системи ГІС інженерної інфраструктури великого промислового підприємства.

Необхідні ресурси:

1. Програмне забезпечення: ArcGIS Desktop (модулі Network Analyst, Schematics, Utility Network Analyst).
2. Навчальні дані: ГІС інженерної інфраструктури великого промислового підприємства.

Теоретичні відомості

ArcMap має багатий набір інструментів, що дозволяє вирішувати багато типових завдань мережного аналізу за допомогою геометричних мереж.

Побудована геометрична мережа в базі геоданих, крім її зберігання, вимагає модифікації й доробки в ArcMap. Як вже відзначали, у ГІС інженерної інфраструктури основними є тематичні шари, на яких відображаються облікові об'єкти інженерної мережі: колодязі, джерела, гідранти, мережа трубопроводів.

ArcMap крім атрибутивної інформації підтримує й графічну, що дуже важливо під час перегляду будови й положення частин газової мережі. Так наприклад, у разі аварійної ситуації на колодязі, оператор може видавати не тільки атрибутивну інформацію, але й графічну, що набагато полегшує процес підготовки до ремонтно-відбудовчих робіт і інформованості робітника.

Хід роботи

Для тестування системи ГІС інженерної інфраструктури потрібно вирішити завдання.

Завдання 1: облік і зберігання інформації в базі даних, можливість поповнення й редагування її в реальному часі. Створення звітів про стан мереж. Аналіз технічних характеристик облікових ділянок інженерної мережі й споруджень, планування заходів з метою запобігання аварійних ситуацій.

Використовуючи атрибутивну інформацію, за допомогою інструмента «Живий зв'язок» (Live link) пов'яжіть декілька об'єктів шару колодязі з графічною інформацією колодязя (рисунок).

Завдання 2: необхідно дізнатися, де прокладені труби діаметром 300 мм.

У таблиці атрибутів «Sewerage_K1» запускаємо вікно «Select By Attributes» і виставляємо умови прикладної задачі. Розв'язання задачі буде відображатися як в таблиці з атрибутивними даними, так і у графічному вигляді.

Вирішенням цього запиту є вибрані труби у таблиці атрибутів, також можна проглянути місце розташування даних труб.

Завдання 3: в ArcMap за допомогою утиліти «Utility Network Analyst», потрібно відобразити потік води у водопроводі від джерела до споживача.

Завдання 4: на цьому прикладі показана змодельована аварійна ситуація на ділянці водопроводу. Відбувся прорив водопроводу: необхідно довідатися, яких споживачів треба відключити, та дізнатись деяку корисну інформацію.

Вирішення цього завдання в ArcMap буде відбуватися за допомогою утиліти «Utility Network Analyst». Першим етапом необхідно локалізувати аварію. За допомогою утиліти ставимо «бар'єр» на місці аварії.

Ставимо «прапор» на джерелі, вибираємо умови в «Utility Network Analyst» і натискаємо розрахунок.

Завдання 5: за допомогою модуля ArcGIS Schematics будуємо діаграми інженерних мереж за допомогою різних алгоритмів:

- Geo-Initial Position (геосхематичне зображення даних);
- Orthogonal (ортогональне зображення даних).

Масштабування та панорамування створених об'єктів

У процесі роботи з просторовими об'єктами в ArcMap важливими операціями для зручності візуалізації є *масштабування (zoom)* та *панорамування (pan)*. Ці інструменти дозволяють здійснювати навігацію по карті, акцентувати увагу на потрібних ділянках інженерної інфраструктури, деталізувати аналіз об'єктів і спрощувати роботу з великою кількістю графічних даних.

Масштабування виконується за допомогою таких інструментів:

- Zoom In збільшує масштаб вибраної ділянки;
- Zoom Out – зменшує масштаб карти;
- Fixed Zoom In / Out – крокове збільшення або зменшення масштабу;
- Zoom to Layer / Selected / Full Extent – масштабування до меж шару, вибраного об'єкта або всієї карти.

Ці функції дають змогу швидко переміститися до об'єкта (наприклад, колодязя або відрізка трубопроводу) й детально розглянути його просторове положення, зв'язки з іншими об'єктами та потенційні технічні проблеми.

Панорамування (Pan) дозволяє переміщувати карту в будь-якому напрямку без зміни масштабу. Це зручно під час послідовного аналізу протяжних інженерних об'єктів, наприклад трубопроводів або кабельних трас. Інструмент особливо корисний у випадках, коли потрібно дослідити шлях від джерела до споживача, не втрачаючи орієнтації на мапі.

Практичне застосування масштабування та панорамування у роботі:

- у завданні 2, у разі вибору труб діаметром 300 мм, масштабування дозволяє детально переглянути розташування відфільтрованих труб на карті;
- у завданні 3, під час моделювання потоку води, масштабування й панорамування дають змогу простежити повний шлях руху води до споживачів;
- у завданні 4, під час імітації аварії, зручно масштабувати карту до місця прориву й переміщатися по мережі для аналізу потенційних зон вимкнення.

Операції масштабування та панорамування є базовими, але критично важливими для повноцінної взаємодії з геоінформаційною системою. Їхнє правильне використання підвищує ефективність аналізу інженерної інфраструктури, сприяє оперативному виявленню проблемних ділянок та забезпечує точне позиціонування під час тестування системи ГІС.

Очікувані результати:

- отримання практичних навичок роботи з аналізом розміщення інженерних мереж у середовищі ArcGIS;
- виконання аналізу структури інженерних мереж на основі реального підприємства;
- тестування системи ГІС інженерної інфраструктури.

Контрольні запитання

1. Які основні етапи аналізу розміщення інженерних мереж промислового підприємства?
2. Які дані потрібно використовувати для аналізу розміщення інженерних мереж промислового підприємства?
3. Які основні можливості надає інструмент «Живий зв'язок» (Live link) у ArcMap?
4. Які типи діаграм можна побудувати за допомогою ArcGIS Schematics?
5. Які ще задачі управління інженерними мережами підприємства можуть бути розв'язані у ArcGIS?

Практичне заняття № 5

Створення тривимірної моделі промислового підприємства

Мета роботи: розглянути аспекти створення тривимірної моделі промислового підприємства на прикладі заводу за допомогою модуля ArcGIS 3D Analyst. Ознайомитися з побудовою TIN-моделі рельєфу, створенням 3D-сцени та додаванням 3D-об'єктів.

Необхідні ресурси:

1. Програмне забезпечення: ArcGIS Desktop, 3D Analyst, ArcScene.
2. Навчальні дані: ГІС інженерної інфраструктури великого промислового підприємства.

Теоретичні відомості

TIN (Triangulated Irregular Network) – це модель поверхні, яка формується з трикутників, що з'єднують точки з відомими координатами та висотами. Вона ефективна для зображення складного рельєфу, особливо на пересіченій місцевості.

ArcScene (3D Analyst) дає змогу створювати тривимірні сцени, додавати 3D-моделі будівель, інженерної інфраструктури, та виконувати просторовий аналіз у трьох вимірах.

Хід роботи

Завдання 1:

- побудуйте TIN-модель рельєфу для території промислового підприємства на основі шару висотних відміток або контурів;
- імпортуйте векторний шар висот (точки/лінії);
- створіть TIN-модель за допомогою інструменту Create TIN;
- відобразіть отриману модель у ArcScene.

Завдання 2:

- створіть 3D-сцену рельєфу у ArcScene;
- імпортуйте TIN як базову поверхню;
- налаштуйте сцену: освітлення, орієнтацію камери, текстурування;
- збережіть файл 3D-сцени.

Завдання 3:

- імпортуйте 3D-моделі будівель та споруд підприємства (у форматі multipatch або shapefile з Z-координатами);
- розмістіть моделі на відповідних ділянках поверхні;
- перевірте правильність їхніх орієнтації та масштабу;
- об'єднайте всі об'єкти в єдину 3D-композицію.

Завдання 4:

- змодельуйте інженерну інфраструктуру підприємства (трубопроводи, лінії зв'язку) як тривимірні об'єкти;
- створіть лінійні об'єкти з Z-координатами;
- відобразіть їх з відповідними атрибутами.

Очікувані результати:

- отримані навички побудови TIN-рельєфу;
- створення повноцінної 3D-сцени з об'єктами підприємства;
- інтеграція інженерної інфраструктури у тривимірний простір;
- підготовка до візуалізації та аналізу об'єктів у середовищі 3D GIS.

Контрольні запитання

1. Які основні етапи створення тривимірної моделі в ArcGIS?
2. У чому переваги використання TIN-моделі для відображення рельєфу?
3. Які формати даних підходять для відображення 3D-об'єктів у ArcScene?
4. Які можливості аналізу надає модуль ArcGIS 3D Analyst?
5. У яких випадках використання тривимірного моделювання є найбільш доцільним?

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2

МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ГІС-МОДЕЛЮВАННЯ ОБ'ЄКТІВ НЕРУХОМОСТІ

Практичне заняття № 6

Ознайомлення з основами роботи в програмному забезпеченні Leica Cyclone FIELD 360 та Cyclone REGISTER 360

Мета: ознайомлення студентів із функціональними можливостями та технологічними перевагами програмного забезпечення Leica Cyclone FIELD 360 та Cyclone REGISTER 360 для обробки даних лазерного сканування 3D-сканера Leica RTC360 для просторового збору даних та створення високоточних цифрових моделей.

Необхідні ресурси:

1. Програмне забезпечення: Leica Cyclone FIELD 360 та Cyclone REGISTER 360.
2. Обладнання: 3D-сканер Leica RTC360.

Теоретичні відомості

Сканер Leica RTC360 може бути відмінним рішенням для створення віртуальної реальності VR і доповненої реальності AR. Віддалена демонстрація реалізації проєкту, контроль процесу будівництва, перегляд квартир і будинків в агентствах нерухомості, перегляд готелів та благоустрою прилеглої території в турагентствах, тест-драйв нових автомобілів, шоуруми і багато іншого. За допомогою RTC360 можуть бути створені цифрові двійники будь-яких об'єктів.

Необхідно використовувати високоавтоматизований портативний 3D-сканер RTC360 спільно з польовим програмним забезпеченням Leica Cyclone FIELD 360 для мобільних пристроїв для автоматичної реєстрації сканів

у режимі реального часу і Leica Cyclone REGISTER 360 для швидкого і точного порівняння хмар точок, зроблених із різних пунктів зйомки.

Із моменту появи у 2018 році Leica Cyclone FIELD 360 є одним з небагатьох програм для мобільних пристроїв на ринку, які можуть виконувати процедури візуалізації та попередньої реєстрації хмар точок у поєднанні з лазерними сканерами Leica RTC 360 та Leica BLK 360.

Лазерний сканер, як і тахеометр, є кутомірним приладом, об'єднаним із лазерним далекоміром. Відмінність у тому, що сканер в автоматичному режимі виконує дуже велику кількість вимірів за одиницю часу (нині – до 2 000 000 точок на секунду). Результатом лазерного сканування є «хмара точок» – набір точок у певній системі координат. Хмара точок характеризується високою щільністю та наявністю додаткових даних – наприклад, даних про реальний колір точки тощо.

Історія лазерного сканування від Leica Geosystems налічує більше ніж 25 років досвіду. За цей час лазерний сканер перевтілювався у потужну самостійну одиницю, якій під силу за короткий час провести великий об'єм робіт із високою точністю. Паралельно із розвитком лазерного сканеру відбувалось створення та оновлення відповідного програмного забезпечення, яке могло оперативно, швидко та якісно відобразити потужнішу хмару точок.

Хмари точок знайшли своє застосування в архітектурі, 3D-моделюванні об'єктів, а також для вирішення прикладних завдань, таких як підрахунок обсягів. У 2018 році Leica представила сканер нового покоління – Leica RTC360. Це компактний, точний та швидкий сканер. Із його появою процес сканування став доступним не лише фахівцям із лазерного сканування, а й будь-якому кваліфікованому архітектору, інженеру чи криміналісту.

Одночасно з появою RTC360 вийшло абсолютно нове програмне забезпечення – комплекс Cyclone Register 360 та Cyclone Field 360. Процес отримання хмари точок виглядає так: дані зі сканера (так звані «сирі» дані) накопичуються в процесі польової роботи (зйомка), а потім в умовах офісу обробляються – імпортуються в офісне програмне забезпечення (імпорт),

очищуються від шумів і перешкод (чистка), об'єднуються в єдиний масив (реєстрація) та вивантажуються у зовнішні формати (експорт) зазвичай для подальшої обробки у CAD-пакетах.

Хід роботи

Підготовка до роботи:

1. Ознайомитись із технічними характеристиками та основними функціями наземного лазерного сканера Leica RTC360.
2. Визначити ключові переваги використання цього пристрою порівняно з іншими методами збору просторових даних.
3. Описати процес сканування та подальшої обробки даних у програмному забезпеченні Leica Cyclone FIELD 360 та Cyclone REGISTER 360.
4. Ознайомитись із інтерфейсом Leica Cyclone FIELD 360 та принципами роботи з хмарою точок.
5. Вивчити приклади проєктів, створених за допомогою Leica RTC360 (можна скористатися демоматеріалами з офіційного сайту або YouTube-каналу Leica Geosystems).
6. Визначити типи об'єктів і середовищ, у яких найбільш ефективно використання Leica RTC360 (історичні пам'ятки, будівництво, інженерні об'єкти тощо).

Робота з результатами сканування:

1. Ознайомитись зі структурою отриманої хмари точок.
2. Провести базовий аналіз точності та повноти сканування.
3. Описати можливості об'єднання кількох сканів у єдину модель (реєстрація сканів).
4. Визначити особливості створення 3D-моделей і візуалізацій на основі даних RTC360.

Аналіз результатів та оформлення звіту:

1. Описати технічні параметри Leica RTC360 та його переваги у практичному застосуванні.
2. Оцінити потенційні сфери використання у професійній діяльності (геодезія, архітектура, реставрація, інженерія тощо).
3. Зробити висновки щодо ефективності використання наземного лазерного сканування порівняно з іншими методами збору просторових даних (GNSS, фотограмметрією).

Контрольні запитання

1. Які основні технічні характеристики має Leica RTC360?
2. У чому полягає інноваційність технології VIS (візуальної інерціальної системи) у Leica RTC360?
3. Які програмні продукти використовуються для обробки даних, отриманих за допомогою Leica RTC360?
4. У яких сферах доцільно застосовувати лазерне 3D-сканування?
5. У чому переваги хмари точок порівняно з іншими форматами просторових даних?
6. Які фактори впливають на точність та якість результатів сканування?
7. Які є обмеження у використанні Leica RTC360 у складних умовах (наприклад, за сильного освітлення, обмеженого простору тощо)?

Практичне заняття № 7

Знайомство з AutoCAD та графічним інтерфейсом

Мета заняття: навчитись орієнтуватися у середовищі AutoCAD, налаштовувати інтерфейс користувача та виконувати базові операції з файлами креслень.

Необхідні ресурси: програмне забезпечення: AutoCAD від Autodesk.

Теоретичні відомості

Autodesk AutoCAD – одна з найпопулярніших у світі програм для створення та редагування креслень у 2D та 3D. Це універсальна система автоматизованого проєктування (САПР), яка активно використовується в архітектурі, інженерії, будівництві, промисловому дизайні та інших галузях.

Спочатку AutoCAD був орієнтований на створення двовимірних креслень, але з часом програму значно вдосконалили. Свою історію AutoCAD почав у 1982 році, коли команда з 13-ти розробників, інвестувавши 60 000 дол., заснувала компанію **Autodesk**. Перший публічний показ програми (тоді ще під назвою MicroCAD) відбувся на виставці **COMDEX** у листопаді того ж року – і став справжнім проривом, адже AutoCAD був першим САПР для персонального комп'ютера.

З того часу AutoCAD безперервно оновлюється, щороку виходять нові версії з розширеним функціоналом, включно із параметричним кресленням, 3D-моделюванням, підтримкою хмарних технологій та інші сучасні можливості. Наразі програма дозволяє працювати не лише з базовими геометричними елементами (лініями, дугами, колами), а й з комплексними 3D-об'єктами, поверхнями, матеріалами та візуалізацією.

Основні переваги роботи в AutoCAD:

1. Цифрове середовище проєктування. Немає потреби у паперових носіях або креслярських інструментах, достатньо встановити програму на комп'ютер. Доступні як комерційна, так і навчальна ліцензії.
2. Легке редагування та збереження версій. У будь-який момент можна внести зміни до креслення, створити копію або резервну версію файлу.
3. Мобільність та форматування. Креслення можна зберігати в одному файлі, пересилати електронною поштою, друкувати в будь-якому масштабі або експортувати у растрові й векторні формати.
4. Необмежений простір моделі. Робота ведеться в масштабі 1 : 1, довжина об'єктів не обмежена.
5. Висока точність креслень. Завдяки функціям об'єктної прив'язки та відстеження, креслення є максимально точними; виміри доступні у будь-який момент.
6. Система шарів. Дає змогу структурувати складні креслення (наприклад, генплан або профіль місцевості), керувати відображенням об'єктів, друкувати вибірково.
7. Широкий вибір шаблонів і блоків. Багато типових об'єктів (меблі, техніка, конструкції) доступні у вигляді блоків. Це суттєво пришвидшує процес проєктування.
8. Автоматичне нанесення розмірів. Програма самостійно визначає довжини та додає розмірні лінії, які можна налаштувати за стилем, шрифтом та одиницями.
9. Потужне 3D-моделювання. З останніх версій AutoCAD підтримує тривимірне моделювання з ізометричним відображенням, призначенням матеріалів, налаштуванням освітлення і візуалізацією об'єктів з можливістю експорту зображення.

AutoCAD – провідна система автоматизованого проєктування для створення 2D- та 3D-креслень працює у просторі Model (проєктування) та **Layout** (підготовка до друку).

Інтерфейс складається зі стрічки інструментів, командного рядка, панелі властивостей, меню, вкладок, ділянки креслення.

Підтримує роботу з шарами, шаблонами, автоматичним масштабуванням параметричними об'єктами, імпортом / експортом файлів різних форматів.

Хід роботи

Завдання:

1. Запуск AutoCAD і огляд інтерфейсу:

- відкрити AutoCAD;
- визначити основні елементи: заголовок, стрічка, командний рядок, ділянка креслення, рядок стану;
- перевірити активність вкладки «Малювання і анотації» (Drafting and Annotation).

2. Налаштування інтерфейсу:

- увімкнути панель Menu Bar: Quick Access Toolbar → Show Menu Bar;
- перевірити активність режимів креслення (Grid, Snap, Ortho, Polar, Osnap) у нижньому рядку або клавішами F3, F7, F8, F9, F10, F11;
- відкрити Options: *Tools* → *Options*;
- налаштувати розмір графічного перехрестя (*Crosshair Size*);
- встановити темну/світлу тему: вкладка *Display* → *Colors...*;
- вимкнути ViewCube (вкладка *3D Modeling*).

3. Робота з файлами креслень:

- створити нове креслення: File → New;
- зберегти файл у форматі DWG: File → Save As...;
- встановити тип збереження під конкретну версію AutoCAD (Open and Save → Save As → AutoCAD 2013 DWG);
- відкрити текстове вікно (історія команд): натиснути F2.

4. Ознайомлення з командним рядком:

- виконати просту команду (наприклад, LINE);

- ввести координати вручну;
- перевірити відображення дій у командному рядку та текстовому вікні.

Контрольні запитання

1. Яке призначення командного рядка в AutoCAD?
2. Які основні переваги AutoCAD як САПР?
3. Як здійснюється взаємодія користувача з AutoCAD?
4. Назвіть основні елементи інтерфейсу AutoCAD.
5. Що таке діалогове вікно і для чого воно використовується?
6. Як змінити колірну схему AutoCAD?
7. Як налаштувати вкладки стрічки?
8. Як задати AutoCAD зберігати файли у старішій версії за замовчуванням?

Практичне заняття № 8

Створення тривимірних моделей об'єктів засобами AutoCAD

Мета: набуті вмінь і навичок роботи щодо налаштування основних елементів інтерфейсу тривимірної сцени, створення моделей і їх редагування.

Необхідні ресурси: програмне забезпечення: AutoCAD від Autodesk.

Теоретичні відомості

AutoCAD дозволяє працювати у трьох підходах до тривимірного моделювання:

- каркасні моделі (Wireframe) створюються з об'єктів типу лінія, полігон;
- поверхневі моделі (Surface) описують форму об'єкта за допомогою поверхонь;
- твердотільні моделі (Solid) тривимірні об'єкти з повним обсягом і можливістю розрізу.

Керування об'єктами відбувається у **WCS** або **UCS**, які задають просторову орієнтацію.

В AutoCAD під час переходу в простір 3D Modeling на стрічці з'являються нові вкладки, призначені для створення тривимірних тіл, поверхонь і мереж (каркасні моделі).

Незважаючи на ці особливості, принципи роботи з програмою у разі тривимірного моделювання залишаються тими самими, що і в робочому просторі Drafting & Annotation.

Хід роботи

Завдання:

1. Перехід до середовища 3D-моделювання: у верхньому лівому куті AutoCAD виберіть робоче середовище «3D Modeling» замість «Drafting & Annotation».

2. Налаштування вікна моделювання:

- перемкнути стиль візуалізації: Visual Styles → Shaded with Edges;
- активувати куб огляду (ViewCube) та навігацію Orbit;
- встановити ізометричний вид (наприклад, SE Isometric) для перегляду сцени.

3. Створення базових 3D-примітивів. Створити: Box (коробку): Home → Modeling → Box → задати базу (2D прямокутник) → висоту; Cylinder (циліндр), Sphere (куля), Cone (конус), Torus (тор).

Параметри вводити як вручну, так і мишею.

4. Побудова з площин (Extrude, Revolve). Створити об'єкти з 2D-профілю:

- побудуйте замкнений контур (полілінію, коло, прямокутник);
- команда Extrude → витягнути профіль у 3D-модель;
- команда Revolve → обертання контуру навколо осі.

5. Застосування операцій над твердими тілами. Виконати:

- Union – об'єднання двох тіл;
- Subtract – вирізання одного тіла з іншого;
- Intersect – залишення спільної частини.

Приклад:

- 1) створіть box і cylinder;
- 2) використайте Subtract, щоб зробити отвір у коробці.

6. Редагування UCS (створеної користувачем системи координат):

- відкрийте вкладку View → Coordinates → UCS;
- встановіть UCS за об'єктом або площиною;
- переконайтесь, що командна лінія показує Current UCS: Custom.

Результат:

1. Створіть 3D-модель цокольної частини будівлі з отвором.
2. Застосуйте команду Presspull для витягування внутрішньої частини.
3. Побудуйте отвір за допомогою об'єкта Cylinder + Subtract.

Контрольні запитання

1. У чому полягає різниця між каркасною, поверхневою та твердотільною моделлю?
2. Як перейти у середовище 3D-моделювання?
3. Як змінити UCS? Для чого це необхідно?
4. Яка команда використовується для обертання профілю?
5. Що робить команда Union, і де її застосовують?
6. Яка різниця між Extrude та Presspull?
7. Як керувати видом тривимірної сцени?

Практичне заняття № 9

Створення фотореалістичної 3D-сцени в AutoCAD

Мета: опанувати техніки створення фотореалістичних тривимірних зображень, використовуючи джерела світла, матеріали, камери та інструменти візуалізації.

Необхідні ресурси: програмне забезпечення AutoCAD від Autodesk.

Теоретичні відомості

AutoCAD призначений для виконання переважно проєктно-конструкторських робіт, проте в ньому передбачені розвинені засоби фотореалістичної візуалізації (такі самі, як у 3D Studio MAX).

Фотореалістична візуалізація об'єктів досягається привласненням їхнім поверхням властивостей реальних матеріалів, додаванням освітлення і побудовою тіней, установкою тла. Тонування дозволяє створювати високоякісні зображення, порівняні з малюнками, які отримані традиційними способами: аквареллю, кольоровими олівцями, тушшю.

У середовищі AutoCAD доступна повноцінна система рендерингу сцен, подібна до 3ds Max. Вона містить:

- призначення матеріалів (колір, прозорість, світлопроникність, рельєфність);
- налаштування джерел світла (тип, напрям, інтенсивність, затухання);
- побудову камер з індивідуальними параметрами (фокусна відстань, ціль);
- фотореалістичну візуалізацію з налаштуванням якості, тіней, тла та анімацій.

Хід роботи

Завдання:

1. Створення джерел освітлення:

- точкові (Point): світло у всі сторони, з підтримкою затухання;
- прожектор (Spotlight): спрямоване світло у вигляді конуса;
- віддалене (Distant): імітує сонячне світло з паралельними променями;
- сонце та небо: автоматична імітація денного освітлення з урахуванням

геолокації, дати й часу.

2. Налаштування параметрів світла:

- інтенсивність, колір, тип тіней (різкі або м'які), фотометричні характеристики;
- затухання: немає, лінійне або квадратичне;
- обмеження дії світла – за початковою та кінцевою дистанцією.

3. Робота з матеріалами:

- призначення готових матеріалів із бібліотеки або створення власних;
- карти текстур: кольору (diffuse), прозорості (opacity), рельєфу (bump);
- налаштування блиску, прозорості, світіння та інших властивостей;
- типи проєктування текстур: плоске, коробкове, циліндричне, сферичне.

4. Камери:

- створення камер для перегляду сцени із заданого ракурсу;
- налаштування положення, цілі, фокусної відстані, обрізання виду;
- додавання фону (Image) та попередній перегляд результату.

5. Анімація:

- запис обертання сцени або переміщення камери по траєкторії (сплайн, дуга, полігон);
- експорт результату у відеофайл після перегляду.

6. Фотореалістична візуалізація:

- вибір режиму рендерингу: швидкий перегляд, висока якість або власний шаблон;

- візуалізація повної сцени або виділеної ділянки;
- попередній перегляд результату в окремому вікні.

Загальний алгоритм створення тонованих зображень такий:

1. Створіть і налаштуйте потрібні джерела світла.
2. Під'єднайте матеріали до об'єктів креслення (сцени). За необхідності можна створити нові матеріали або відредагувати існуючі.
3. Створіть камеру і налаштуйте вигляд із неї. За необхідності можна увімкнути фонове зображення.
4. Налаштуйте параметри тонування.
5. Виконайте тонування моделі і збережіть отримане зображення.

Контрольні запитання

1. Як імітується у тривимірній сцені природне сонячне освітлення?
2. Для чого у сцені використовуються камери? Що вони дозволяють імітувати під час візуалізації?
3. Як під'єднується фонове зображення до моделей в сцені?
4. Як створюються анімаційні ролики в AutoCAD?
5. Чи можна задати якість одержуваного статичного зображення? Як це виконується?

Практичне заняття № 10

Створення 3D-моделі у SketchUp

Мета роботи: ознайомлення з основними інструментами та методами роботи у програмі SketchUp для створення тривимірних моделей будівель і споруд. Формування навичок моделювання геометричних об'єктів, редагування, текстурування та візуалізації 3D-моделей.

Необхідні ресурси: програмне забезпечення SketchUp.

Теоретична частина

SketchUp є одним із найпопулярніших інструментів тривимірного моделювання, який широко використовується в архітектурі, будівництві та урбаністиці. Його зручний інтерфейс і доступність роблять його ідеальним інструментом для створення моделей будівель та інших об'єктів нерухомості. У поєднанні з ArcGIS від Esri ці моделі можна інтегрувати в геоінформаційне середовище для аналізу, візуалізації та ухвалення рішень.

Огляд розвитку та можливостей SketchUp

Програма SketchUp – це одна з найвідоміших платформ для тривимірного моделювання, яка вже понад два десятиліття залишається популярною серед архітекторів, дизайнерів, урбаністів та розробників візуальних середовищ. Її перша версія була випущена американською компанією Last Software у 1999 році. У 2006 році SketchUp придбала корпорація Google, яка одразу почала активно розвивати продукт. Так, у 2007 році вийшла версія Google SketchUp 6, а наступні оновлення – версії 7 та 8 – побачили світ відповідно у 2008 і 2010 роках.

У квітні 2012 року Google передала права на SketchUp компанії Trimble, що спеціалізується на технологіях позиціонування. Відтоді Trimble активно розвиває програму, підтримуючи співпрацю з Google у рамках роботи онлайн-

платформи 3D Warehouse – сховища тривимірних моделей, створених користувачами. Цей сервіс надає змогу завантажувати, поширювати та повторно використовувати моделі, а також переглядати їх безпосередньо у Google Earth. На сьогодні база 3D Warehouse налічує близько двох мільйонів моделей.

Переваги SketchUp

SketchUp здобув визнання завдяки простому інтерфейсу, доступності та широким функціональним можливостям. Програма має дві версії:

- SketchUp Pro – професійна версія з повним функціоналом;
- безкоштовна версія SketchUp Free – веборієнтована альтернатива з базовими можливостями, яка підходить для більшості навчальних і побутових задач.

Інтерфейс SketchUp розроблений з урахуванням потреб як початківців, так і професіоналів. Спрощений набір інструментів, інтуїтивно зрозумілий сценарій взаємодії з користувачем і можливість швидкого створення 3D-об'єктів роблять процес моделювання ефективним і захопливим.

Застосування SketchUp

SketchUp широко використовується в таких сферах:

- архітектура та містобудування: створення моделей будівель, парків, інтер'єрів, з можливістю деталізації, поділу на частини, виконання розрізів, анімацій та перегляду об'єктів «зсередини»;
- проєктування: швидке створення концептуальних рішень та візуалізація об'єктів на різних стадіях проєктування;
- ігрова індустрія: побудова 3D-сцен, моделювання рівнів та інтер'єрів з можливістю навігації від першої особи;
- навчання: зручний інструмент для студентів архітектурних і дизайнерських спеціальностей.

Технологічні можливості

Усі тривимірні моделі в SketchUp будуються на основі простих 2D-примітивів – ліній, дуг, прямокутників, багатокутників тощо. Ці елементи за

допомогою інструментів на кшталт *Push/Pull* або *Follow Me* легко перетворюються на складні об'ємні структури. Наприклад, можна змодельовати будинок, додати до нього веранду, розмістити меблі, і все це – з використанням інтуїтивно зрозумілих інструментів.

SketchUp також підтримує експорт у популярні формати (DAE, KMZ, FBX, OBJ), що дозволяє інтегрувати моделі у такі середовища, як 3ds Max, Revit, ArchiCAD чи ArcGIS.

Професійна точність і підтримка

Попри свою простоту SketchUp забезпечує високий рівень точності, який можна порівняти з CAD-системами. Програма динамічно підказує наступні кроки та способи дій, а контекстні графічні й текстові підказки допомагають користувачам уникати помилок у процесі моделювання.

SketchUp – це потужний і водночас доступний інструмент для 3D-моделювання, що поєднує інтуїтивність із професійною функціональністю. Завдяки постійному розвитку та інтеграції з іншими платформами, програма залишається актуальною для широкого кола користувачів – від студентів до архітекторів і розробників комп'ютерних ігор.

SketchUp – програма для моделювання відносно простих тривимірних об'єктів – будівель, меблів, інтер'єру.

Проекти SketchUp зберігаються в форматі *.skp. Також підтримується імпорт та експорт різних форматів двовимірної растрової та тривимірної графіки, зокрема: *.3ds, *.dwg, *.ddf, *.jpg, *.png, *.bmp, *.psd, *.obj.

Імпорт растрової графіки має декілька можливостей: вставка образу як окремого об'єкта, як текстури та як основи для відновлення тривимірного об'єкта за фотографією. Експорт в формат *.jpg здійснюється якості знімку з робочої області вікна застосунку.

Додатково встановлювані плагіни дозволяють експортувати в формати *.mxs, *.atlt, *.dae, *.b3d тощо. Подальше редагування експортованого файлу в відповідних застосунках може здійснюватись без будь-яких обмежень.

Основи роботи у SketchUp

Інтерфейс та інструменти:

- робоче середовище: тривимірне креслення з панеллю інструментів;
- основні інструменти: «Line», «Push/Pull», «Rectangle», «Follow Me», «Orbit» тощо;
- компоненти та групи для структурування об'єктів;
- переваги використання SketchUp;
- простота у використанні;
- бібліотека готових об'єктів (3D Warehouse);
- плагіни для розширення функціоналу;
- експорт у різні формати (OBJ, DAE, KMZ, STL).

Моделювання об'єктів нерухомості

Етапи побудови моделі:

- імпорт геопідоснови або креслення;
- створення об'ємної геометрії будівлі;
- додавання текстур та матеріалів;
- розміщення у контексті оточення.

Збереження моделі у відповідному форматі

Для інтеграції з ArcGIS рекомендується використовувати формат Collada (.DAE), .KMZ або .FBX.

Хід роботи

Завдання:

1. Ознайомлення з інтерфейсом SketchUp:

- відкрити програму SketchUp та вивчити панель інструментів;
- ознайомитися з основними гарячими клавішами та режимами навігації.

2. Створення базових геометричних об'єктів:

- побудувати прості 3D-форми: куб, циліндр, призму;
- використати інструменти «Push/Pull» для екструзії поверхонь.

3. Моделювання будівлі:

- вибрати реальний об'єкт (наприклад, житловий будинок, офісну будівлю або навчальний корпус) для створення 3D-моделі;
- побудувати контури будівлі у вигляді 2D-проєкту;
- використовуючи інструмент «Push/Pull», надати будівлі тривимірну форму;
- додати деталі: вікна, двері, покрівлю.

4. Текстурування та матеріали:

- застосувати текстури матеріалів до фасадів будівлі;
- використати бібліотеку матеріалів SketchUp або завантажити власні текстури.

5. Створення елементів оточення:

- додати прилеглу територію: тротуари, газони, дороги;
- вставити готові 3D-моделі дерев, лавок або інших об'єктів з бібліотеки SketchUp.

6. Візуалізація та експорт:

- налаштувати освітлення та тіні для реалістичності моделі;
- створити кілька ракурсів для перегляду будівлі;
- експортувати модель у форматі .skp, .jpg або .png для подальшої презентації.

Після виконання цієї практичної роботи студенти зможуть створювати базові 3D-моделі будівель у SketchUp, застосовувати текстури та матеріали, виконувати візуалізацію та експортувати свої роботи для подальшого використання у ГІС або архітектурному проєктуванні.

Контрольні запитання

1. Які основні інструменти використовуються у SketchUp для створення 3D-моделі?
2. Як можна редагувати та змінювати форму об'єктів у SketchUp?
3. Які можливості надає текстурування у SketchUp?
4. Як експортувати готову модель у різні формати?
5. Які переваги використання SketchUp для створення архітектурних моделей?

Практичне заняття № 11

Конвертація 3D-моделі зі SketchUp до ArcGIS та ArcGIS Pro

Мета: навчитися виконувати експорт тривимірних моделей з середовища SketchUp у формат, сумісний із ArcGIS та ArcGIS Pro, та здійснити імпорт, візуалізацію й базову обробку моделі у середовищі ГІС.

Необхідні ресурси:

1. Програмне забезпечення SketchUp.
2. Програмне забезпечення ArcGIS або ArcGIS Pro.

Теоретичні відомості

SketchUp дозволяє створювати 3D-моделі архітектурних об'єктів, які можна експортувати у форматах .dae (COLLADA), .kmz (KML + DAE) або .obj.

ArcGIS Pro підтримує імпорт тривимірних моделей через інструменти *Multipatch features*, які дозволяють інтегрувати об'ємні об'єкти у 3D-сцену. Зазвичай використовується конвертація до формату **Multipatch** або імпорт KML/KMZ.

Хід роботи

Завдання:

1. Підготовка моделі в SketchUp:
 - відкрити / створити 3D-модель будівлі в SketchUp;
 - перевірити географічне розміщення File → Geo-Location → Add Location;

– експортувати модель у формат *.dae* (COLLADA): *File* → *Export* → *3D Model* → *COLLADA (.dae)** або *.kmz* (для імпорту в ArcGIS Pro): *File* → *Export* → *3D Model* → *KMZ*.

2. Імпорт у ArcGIS Pro:

1) відкрити ArcGIS Pro → створити проєкт із типом Global Scene;

2) додати нову **File Geodatabase** (за потреби);

3) використати **Geoprocessing Tool**. Import 3D Files *або* KML To Layer:

– інструмент: KML To Layer (для *.kmz*);

– інструмент: Import 3D Files (для *.dae*, *.obj* тощо);

– вказати шлях до моделі, геоданих і шар виходу.

У випадку COLLADA ArcGIS автоматично створить Multipatch.

3. Налаштування відображення:

– додати шар до 3D Scene (Add to Current Map);

– визначити координатну систему, якщо необхідно (через Properties шару);

– увімкнути Base Map: Imagery або Topographic для візуального контексту.

4. Перевірка і редагування Multipatch:

– увімкнути Symbology → Realistic 3D;

– перевірити висотне розміщення (Elevation → Absolute height);

– за потреби змістити модель або скорегувати її положення на карті.

Редагування експортованих моделей тривимірними сценами у середовищі ГІС

Після імпорту тривимірної моделі у середовище ArcGIS Pro важливо не лише забезпечити її коректне відображення, але й здійснити редагування параметрів розміщення, стилізації, висоти, а також за потреби – топології об'єкта. Це дозволяє забезпечити більш реалістичну візуалізацію моделі у контексті просторових даних, з якими вона взаємодіє.

Основні етапи редагування 3D-моделей у ArcGIS Pro:

1. Перевірка просторової прив'язки та положення моделі: у вікні *Layer Properties* → вкладка *Source* → перевірити координатну систему шару.

У разі необхідності виконати трансформацію координат за допомогою інструмента *Project*.

Якщо модель не співпадає з географічним контекстом (наприклад, «плаває у повітрі» або занурена в землю), відкоригувати висотне положення:

– *Layer Properties* → *Elevation* → встановити *Absolute Height* або *On the Ground*;

– також доступне ручне зміщення моделі за допомогою інструмента *Move* (*Editing Tools*).

2. Геометричне редагування *Multipatch*-об'єктів:

– використовується *Edit* → *Modify Features* → *Vertices* для редагування вершин об'єкта;

– можна також об'єднувати кілька моделей у один *Multipatch* за допомогою інструмента *Union 3D Features*;

– за необхідності розділити модель – *Explode 3D Features*.

3. Символізація та текстурування:

– для більш реалістичного вигляду застосовується режим *Realistic 3D* (*Symbology*);

– якщо текстури не відобразились автоматично, необхідно перевірити шлях до текстур у вихідній моделі або вручну призначити матеріали за допомогою вкладки *Appearance*;

– додатково можна налаштувати освітлення, тіні та прозорість у вкладці *Scene Properties*.

4. Редагування у сцені (*3D Edit*):

– за допомогою інструментів *3D Edit* (переміщення, обертання, масштабування) можливо точно позиціонувати модель відносно існуючих об'єктів;

– застосування інструментів *Anchor Tool* або *Align To Ground* допомагає скоригувати положення моделі відповідно до поверхні землі.

5. Атрибутивне редагування:

– у вікні атрибутів можна вносити додаткову інформацію: назву об'єкта, його призначення, технічні характеристики тощо;

– можливе додавання гіперпосилань на документацію, зображення або звітні дані.

Редагування тривимірних моделей дозволяє:

– забезпечити точне розміщення об'єктів у просторовій сцені;

– досягнути високої якості візуалізації;

– інтегрувати моделі з іншими просторовими шарами (інженерними мережами, кадастровими даними тощо);

– підготувати моделі до аналізу, презентацій або подальшого публікування у Web Scene.

Додаткове завдання

1. Виконайте експорт ще однієї моделі у формат .obj.
2. Імпортуйте її до ArcGIS Pro, збережіть у новій сцені.
3. Порівняйте якість візуалізації та точність геопросторового положення.

Контрольні запитання

1. У якому форматі найзручніше експортувати 3D-модель зі SketchUp до ArcGIS Pro?
2. Для чого використовується формат Multipatch?
3. Який тип сцени потрібно використовувати у ArcGIS Pro для 3D-модельовання?
4. Як можна додати геоприв'язку до моделі SketchUp перед експортом?
5. Якими інструментами виконується імпорт тривимірних моделей у ArcGIS Pro?

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 3

ПРИКЛАДНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ ГІС У МОДЕЛЮВАННІ ОБ'ЄКТІВ НЕРУХОМОСТІ

Практичне заняття № 12

Завантаження та встановлення програмного забезпечення ArcGIS Pro

Мета:

- сформувані в студентів уміння самостійно завантажувати інсталятор ArcGIS Pro;
- коректно встановлювати програму згідно з системними вимогами;
- виконувати перший запуск, активацію та оновлення до актуальної версії.

Необхідні ресурси: програмне забезпечення ArcGIS Pro.

Очікувані результати

Після виконання практичного заняття студент буде вміти:

1. Визначати, чи відповідає робоча станція мінімальним та рекомендованим вимогам ArcGIS Pro.
2. Отримувати інсталятор із порталу My Esri або ArcGIS Online.
3. Виконувати покрокове встановлення (per-machine / per-user).
4. Активувати програму через організаційний портал та встановити необхідні мовні пакети.
5. Завантажувати та застосовувати патчі безпеки й оновлення.

Системні вимоги (ArcGIS Pro): URL: pro.arcgis.com:

- операційні системи (64-біт): Windows 11 Home/Pro/Enterprise; Windows 10 Home/Pro/Enterprise; Windows Server 2022/2019/2016;
- CPU: 4-ядерний процесор (рекомендовано 8+ логічних ядер);
- RAM: мінімум 8 ГБ; рекомендовано 16 ГБ або більше;
- GPU: підтримка DirectX 11, виділена відеопам'ять ≥ 4 ГБ;

– дисковий простір: 10 ГБ для встановлення; додатково 50 ГБ для тимчасових файлів-проектів;

– додатково: Microsoft .NET Desktop Runtime 6.0 (встановлюється автоматично, якщо його немає).

Аспекти щодо попередньої підготовки до завантаження та встановлення програмного забезпечення ArcGIS Pro наведено у таблиці 12.1.

Таблиця 12.1 – Попередня підготовка до завантаження та встановлення програмного забезпечення ArcGIS Pro

Крок	Дія	Коментар
1	Перевірте наявність робочого акаунта в організації ArcGIS Online	Якщо немає акаунта, надішліть запит адміністратору кафедральної організації
2	Оцініть конфігурацію ПК	Зверніть увагу на ОС, GPU та вільний диск
3	Переконайтеся, що маєте права Download software у My Esri	Попросіть адміністратора призначити відповідні права доступу

Завантаження інсталятора:

1. My Esri → My Organizations → Downloads → *ArcGIS Pro* → *Download* (розмір $\approx$ 2,8 ГБ): URL: pro.arcgis.com

2. ArcGIS Online → *Organization* → *Licensing* → *ArcGIS Pro* → *Download ArcGIS Pro*.

3. За потреби завантажте окремо потрібний мовний пакет (Ukrainian, Russian тощо): URL: pro.arcgis.com

4. (Опціонально) Перевірте SHA-256-контрольну суму, опубліковану на сторінці завантаження.

Встановлення:

1. Запустіть ArcGISPro.exe від імені адміністратора.

2. У майстрі виберіть:

– Installation type: Per-machine (рекомендовано для аудиторних ПК) або Per-user (для власного ноутбука): URL: pro.arcgis.com;

- Destination Folder: диск із ≥ 10 ГБ вільного простору;
- Optional Features: Python: встановлюйте Caller ID лише за потреби інтеграції із Survey123 та іншими мобільними застосунками.

3. Натисніть Install. Після завершення – Finish.

Перший запуск і активація:

1. Відкрийте ArcGIS Pro → *Sign in*.
2. У полі Your ArcGIS organization's URL введіть адресу порталу (наприклад, URL: <https://univgis.maps.arcgis.com>)
3. Увійдіть під своїм акаунтом.
4. На стартовій сторінці переконайтеся, що ліцензія *ArcGIS Pro Advanced* або *Standard* активована.

Оновлення та патчі:

- відкрийте Settings ► About → Check for Updates;
- для версії 3.3 на 14 травня 2025 р. доступний Patch 4 (3.3.4) – обов'язковий для усунення критичних вразливостей: URL: support.esri.com;
- за браком прав на автоматичне оновлення завантажте патч вручну з My Esri та встановіть, дотримуючись інструкції.

Типові помилки та їх усунення наведено у таблиці 12.2.

Таблиця 12.2 – Типові помилки та їх усунення

Симптом	Причина	Рішення
«The machine does not meet minimum requirements ...» під час запуску	GPU не підтримує DirectX 11	Оновіть драйвер або використовуйте ПК із дискретною відеокартою
Неможливо завантажити інсталятор із My Esri	Немає прав Download software	Зверніться до адміністратора організації
Вікно активації зависає	Брандмауер блокує порт 443	Дозвольте вихідні HTTPS-з'єднання *.arcgis.com у налаштуваннях мережі

Контрольні запитання

1. Які є мінімальні та рекомендовані вимоги до відеокарти для ArcGIS Pro?
2. Поясніть різницю між per-machine- та per-user-установкою.
3. Як увімкнути автоматичну перевірку оновлень у ArcGIS Pro?
4. Де зберігаються файли мовних пакетів після встановлення?
5. Які дії виконаєте, якщо після інсталяції ArcGIS Pro не отримує ліцензію?

Практичне заняття № 13

Імпорт та інтеграція 3D-моделей у сцену ArcGIS Pro

Мета:

- навчитися імпортувати 3D-моделі у форматах .glb, .gltf, .obj, .rvt до ArcGIS Pro;
- ознайомитися з типами 3D-шарів: multipatch та 3D object featurelayer;
- виконати геоприв'язку моделей, які не мають просторової прив'язки;
- створити 3D-сцену з інтегрованими моделями для візуалізації об'єктів нерухомості.

Необхідне програмне забезпечення та ресурси:

1. ArcGIS Pro 3.3 або новіша версія.
2. Дані з навчального проєкту: Import and incorporate 3D models in a scene.
3. Формати 3D-моделей: .glb, .gltf, .obj, .rvt.

Теоретичні відомості

Імпорт та інтеграція 3D-моделей до сцени ArcGIS Pro містить кілька кроків. Спочатку необхідно імпортувати 3D-моделі в проєкт, використовуючи інструменти або функції, передбачені ArcGIS Pro. Далі моделі необхідно інтегрувати в сцену, використовуючи інструменти просторової прив'язки та редагування.

Щоб імпортувати 3D-модель, можна скористатися інструментом «Імпорт 3D-файлів» або використати команду «Імпорт» у меню «Файл», як описано в Adobe Help Center. Після імпортування моделі, її можна додати до сцени та відредагувати її параметри, як зазначено в ArcGIS Online.

Хід роботи

Крок I. Підготовка проєкту:

1. Завантажте та розпакуйте архів Importing-Content.zip з навчального ресурсу.

2. Відкрийте файл Import_Content.mpkx у ArcGIS Pro.
3. Збережіть проєкт під новою назвою, наприклад, 3D_Modeling_Project.

Крок II. Імпорт 3D-моделей:

4. Імпортуйте 3D-модель у форматі .glb або .gltf за допомогою інструмента Import 3D Objects.
5. Додайте модель до 3D object feature layer та перевірте її відображення у сцені.
6. Імпортуйте ще одну модель у форматі .obj та додайте її до multipatch layer.
7. Порівняйте відображення обох моделей у сцені.

Крок III. Геоприв'язка моделей:

8. Якщо імпортовані моделі не мають просторової прив'язки, використайте інструменти геоприв'язки в ArcGIS Pro для їх розміщення у правильному місці сцени.
9. Збережіть зміни та перевірте точність розміщення моделей.

Крок IV. Робота з Revit-моделями:

10. Імпортуйте BIM-модель у форматі .rvt до ArcGIS Pro.
11. Виконайте геоприв'язку моделі та додайте її до сцени.
12. Перевірте відображення моделі та її взаємодію з іншими об'єктами у сцені.

Контрольні запитання

1. Які формати 3D-моделей підтримує ArcGIS Pro?
2. У чому різниця між multipatch layer та 3D object feature layer?
3. Які інструменти використовуються для геоприв'язки 3D-моделей?
4. Як інтегрувати BIM-моделі у сцену ArcGIS Pro?

Практичне заняття № 14

Генерація цифрової моделі поверхні (DSM) та ортофотоплану за допомогою ArcGIS Reality for ArcGIS Pro

Мета:

- опанувати інструменти ArcGIS Reality для створення цифрової моделі поверхні (DSM) та справжнього ортофотозображення (True Ortho);
- ознайомитися з процесом створення проєкту Reality Mapping та етапами фотограмметричної обробки аерофотознімків;
- налаштувати параметри камери та координат, виконати орієнтацію знімків і створення продуктів.

Необхідне програмне забезпечення та ресурси:

1. ArcGIS Pro.
2. ArcGIS Reality for ArcGIS Pro.
3. Аерофотознімки (наприклад, TIFF або JPEG) і метадані до них (CSV, TXT або EXIF).
4. Під'єднання до ArcGIS Online або локального порталу.

Теоретичні відомості

Цифрова модель місцевості (ЦММ) – це цифровий набір даних висот Землі, включно із висотою об'єктів на поверхні, таких як дерева та будівлі. Справжнє орто – це ортотрансформоване зображення, скориговане за допомогою ЦММ, для усунення перспективних спотворень. У результаті усуваються недоліки, спричинені рельєфом або високими конструкціями. Наприклад, більше немає будівель, що нахиляються вбік і закривають наземні об'єкти.

Справжнє орто може бути використане для визначення контурів будівлі та інших об'єктів з високою точністю. Рекомендується використовувати

надирні зображення: це зображення, одержані у разі оптичної осі камери, перпендикулярної поверхні Землі (вертикально). Вони забезпечують хороше відображення верхньої частини об'єктів, що знаходяться у ландшафті, таких як дахи будівель.

Необхідно, щоб зображення накладалися одне на одне: щонайменше 60 % перекриття в межах смуги зображень і 30 % перекриття між смугами зображень. Оптимальні результати досягаються у разі 80-відсоткового перекриття в межах смуг та між ними.

Хід роботи

Крок I. Створення нового фотограмметричного проєкту:

- створіть новий проєкт в ArcGIS Pro;
- виберіть вкладку Imagery > Reality Mapping > New Reality Mapping Workspace;
- вкажіть тип даних: Aerial – Nadir;
- додайте аерофотознімки та метадані (наприклад, координати центрів знімків).

Крок II. Налаштування параметрів блоку:

- встановіть проєктну координатну систему;
- визначте параметри камери (фокусну відстань, розмір пікселя, тип сенсора);
- перевірте автоматичне розпізнавання параметрів камери або внесіть їх вручну.

Крок III. Орієнтація знімків:

- запустіть інструмент Adjust Imagery для виконання внутрішньої, зовнішньої та відносної орієнтації;
- перевірте залишкові помилки та якість блоку.

Крок IV. Генерація продуктів:

- 1) оберіть опцію Generate Products;

2) встановіть прапорці для створення:

– DSM (Digital Surface Model);

– True Ortho;

– вкажіть бажану роздільну здатність, покриття та додаткові параметри фільтрації;

– запустіть процес генерації та дочекайтесь створення результатів.

Крок V. Візуалізація:

– додайте створені продукти до локальної 3D-сцени;

– налаштуйте візуалізацію (кольорова шкала для DSM, прозорість, тіні);

– порівняйте результати з векторним шаром або базовою картою.

Контрольні запитання

1. Які є основні етапи створення DSM і True Ortho?
2. У чому полягає різниця між DSM та цифровою моделлю рельєфу (DTM)?
3. Яка інформація необхідна для створення фотограмметричного блоку?
4. Які параметри камери є критичними для якісної обробки знімків?

Практичне заняття № 15

Створення 3D-шарів за допомогою ArcGIS Reality for ArcGIS Pro

Мета:

- ознайомитися з процесом створення 3D-шарів (будівлі, поверхня, ортофото) на основі фотограмметричних даних;
- навчитися генерувати шари 3D-моделей у форматі multipatch та об'єктних 3D-шарів;
- засвоїти методику використання інструментів ArcGIS Reality для побудови детального цифрового середовища.

Необхідне програмне забезпечення та ресурси:

1. ArcGIS Pro.
2. модуль ArcGIS Reality for ArcGIS Pro.
3. Набір аерофотознімків або знімків з дронів.
4. Метадані (дані про орієнтацію камери, координати, калібрування).

Теоретичні відомості

3D mesh – це 3D-текстурована модель ділянки проєкту, в якій щільно та точно реконструйовані фасади наземних та надземних об'єктів. 3D mesh можна переглядати під будь-яким кутом, щоб отримати реалістичне та точне зображення ділянки проєкту. Майстер 3D Mesh спрощує робочий процес створення 3D mesh з використанням підготовлених параметрів датчиків для створення високоякісної моделі mesh.

Якщо водні об'єкти, такі як озера і річки, існують в межах ділянки проєкту, рекомендується додати попередньо створений клас 3D-об'єктів «Вихідний продукт». Використовуйте стереоскопічну компіляцію ArcGIS Image Analyst для створення шару 3D-об'єктів, який ідентифікує водні об'єкти. Це гарантує, що у вихідних даних зображення не розтягуватиметься навколо меж

гідрологічних об'єктів через відмінності у висоті між отриманою висотою ЦММ і значеннями висоти класу об'єктів.

Хід роботи

Крок I. Підготовка робочого середовища:

- створіть новий проєкт в ArcGIS Pro;
- завантажте знімки та метадані до програми;
- налаштуйте координатну систему та створіть 3D-сцену.

Крок II. Створення фотограмметричного блоку:

– перейдіть на вкладку Imagery > Reality Mapping > New Reality Mapping Workspace;

- оберіть тип джерела: Aerial – nadir або Drone;
- завантажте в проєкт усі знімки;
- вкажіть параметри камери або завантажте їх із файлу.

Крок III. Обчислення орієнтації:

– використайте інструмент Adjust Imagery для вирівнювання блоку;

– перевірте якість вирівнювання, кількість ключових точок та помилки орієнтації.

Крок IV. Генерація 3D-продуктів:

1. В меню Generate Products оберіть:

- 3D Mesh для створення суцільної тривимірної моделі місцевості;
- True Ortho – ортофото з точним контуром об'єктів;
- DSM – цифрову модель поверхні.

2. Запустіть обчислення з обраними параметрами (роздільною здатністю, просторовим охопленням, фільтрацією).

Крок V. Робота з 3D-шарами:

- завантажте отримані продукти до 3D-сцени;
- ознайомтеся з властивостями 3D-об'єктів;
- додайте multipatch-шари та перегляньте їх у розрізі.

Контрольні запитання

1. У чому полягає відмінність між 3D Mesh та multipatch?
2. Які вхідні дані необхідні для створення 3D-шарів у ArcGIS Reality?
3. Як ортофотозображення True Ortho відрізняється від звичайного?
4. Як можна використовувати створені 3D-шари в подальшому аналізі?

Практичне заняття № 16

Отримання продуктів із супутникових знімків в ArcGIS Reality for ArcGIS Pro

Мета:

- ознайомитися з можливостями ArcGIS Reality for ArcGIS Pro щодо обробки супутникових знімків;
- навчитися створювати цифрову модель поверхні (DSM), ортофото та хмару точок на основі знімків супутникового охоплення;
- опанувати основи роботи з мультиспектральними супутниковими зображеннями.

Необхідне програмне забезпечення та ресурси:

1. ArcGIS Pro або новіша версія.
2. Модуль ArcGIS Reality for ArcGIS Pro.
3. Супутникові знімки високої роздільної здатності (наприклад, Махаг або аналогічні).
4. Метадані знімків (RPC-файли або координати).

Теоретичні відомості

У ArcGIS Pro ви можете фотограмметрично скоригувати супутникові знімки, щоб усунути геометричні спотворення, викликані платформою і зміщенням рельєфу місцевості.

ArcGIS Pro може обробляти супутникові знімки з багатьох сенсорних платформ за умови, що орієнтація зображення описується моделлю коефіцієнтів раціонального багаточлена (RPC) або строгою моделлю сенсора.

Робоча сфера Reality Mapping – це підпроект ArcGIS Pro, присвячений робочим процесам картографування реальності.

Зображення, упаковані для цього заняття, були зібрані і надані Махаг Technologies. Вони містять пару мультиспектральних і панхроматичних зображень, таблицю наземних опорних точок і ЦМР.

Хід роботи

Крок I. Підготовка проєкту:

- створіть новий проєкт у ArcGIS Pro;
- імпортуйте супутникові знімки та пов'язані метадані (RPC-файли або таблицю з параметрами камери);
- налаштуйте координатну систему проєкту відповідно до знімків.

Крок II. Створення Reality Mapping workspace:

- на вкладці Imagery оберіть New Reality Mapping Workspace;
- виберіть тип проєкту: Satellite;
- завантажте знімки та переконайтеся, що всі RPC-дані коректно зчитані.

Крок III. Орієнтація знімків:

- виконайте автоматичне вирівнювання та прив'язку знімків;
- запустіть процес Adjust Imagery для генерації блоку фотограмметричних зв'язків;
- перевірте залишкові помилки.

Крок IV. Генерація продуктів:

- 1) оберіть опцію Generate Products;
- 2) створіть наступні продукти:
 - цифрову модель поверхні (DSM);
 - True Ortho (ортофотоплан);
 - хмару точок;
 - встановіть бажані параметри (роздільну здатність, фільтрацію, охоплення).

Крок V. Візуалізація та перевірка:

- завантажте згенеровані продукти до 3D-сцени;

- перевірте візуальну відповідність ортофото та DSM;
- за потреби порівняйте отримані дані з іншими шарами (наприклад, OpenStreetMap, топокартами, векторними межами).

Контрольні запитання

1. Які формати супутникових знімків підтримуються в ArcGIS Reality for ArcGIS Pro?
2. Яка роль RPC-даних під час обробки супутникових знімків?
3. У чому полягає різниця між DSM, DTM та True Ortho?
4. Як отримана хмара точок може бути використана в геоінформаційному аналізі?

ПРАКТИЧНІ ЗАВДАННЯ

Практичне завдання № 1

Аналіз просторових моделей інженерних мереж промислового підприємства

Мета роботи: ознайомитися з процесом створення просторових моделей інженерних мереж промислового підприємства на основі ГІС. Використовуючи програмне забезпечення ArcGIS Desktop, проаналізувати структуру моделі конкретного заводу, визначити основні етапи її створення та здійснити аналіз просторового розташування інженерних мереж.

Програмне забезпечення: ArcGIS Desktop (модулі Network Analyst, Schematics, Utility Network Analyst).

Теоретичні відомості

Геоінформаційні системи (ГІС) є потужним інструментом для створення, аналізу та візуалізації просторових моделей інженерних мереж промислових підприємств. Вони дозволяють ефективно керувати інфраструктурою, покращувати експлуатацію комунікацій та оптимізувати розподіл ресурсів.

Створення просторової моделі інженерних мереж містить такі основні етапи:

1. Збір вихідних даних:
 - отримання топографічних матеріалів (карти, плани, аерофотознімки);
 - векторизація креслень інженерних мереж;
 - збір атрибутивних даних (характеристики об'єктів, технічні параметри).
2. Створення бази геоданих:
 - визначення просторової структури даних;
 - розробка системи класифікації та кодування об'єктів;

- заповнення бази атрибутивними даними.

3. Моделювання геометричної мережі:

- визначення топологічних зв'язків між об'єктами мережі;

- побудова логічних моделей потоків ресурсів (водопостачання, енергозабезпечення, газопостачання тощо);

- використання ArcGIS Utility Network Analyst для аналізу потоків.

4. Схематизація та візуалізація:

- використання ArcGIS Schematics для автоматичного створення схем інженерних мереж;

- візуалізація інженерних комунікацій у 3D-середовищі (модуль ArcGIS 3D Analyst);

- аналіз просторових залежностей та можливих конфліктів у мережі.

5. Аналіз мережі та ухвалення рішень:

- виявлення вузьких місць у системі інженерних мереж;

- розрахунок витрат на реконструкцію або оптимізацію мережі;

- впровадження засобів моніторингу стану інфраструктури в реальному часі.

Впровадження ГІС у промислових підприємствах дозволяє скоротити експлуатаційні витрати, підвищити точність інженерних рішень та забезпечити безперервний контроль за станом мереж.

Хід роботи

1. Ознайомитися з основними етапами створення ГІС-моделі інженерного забезпечення промислового підприємства:

- збір та підготовка вихідних даних (топографічні матеріали, креслення інженерних мереж);

- створення бази геоданих та наповнення її атрибутивною інформацією;

- побудова геометричної мережі інженерних комунікацій;

- використання ArcGIS Network Analyst для моделювання потоків ресурсів;

- використання ArcGIS Schematics для візуалізації та управління схемами інженерних мереж;

- аналіз просторового розташування мереж та їхніх характеристик.

2. Відкрити у середовищі ArcGIS модель заводу БАТ «Турбоатом» і виконати такі дії:

- завантажити та переглянути топографічну основу підприємства;

- виконати просторовий аналіз розташування інженерних мереж (водопостачання, водовідведення, газопостачання, електромережі тощо);

- використовуючи модуль ArcGIS Utility Network Analyst, змоделювати рух ресурсів (наприклад, розповсюдження води у водопровідній мережі);

- за допомогою ArcGIS Schematics створити схематичне відображення інженерних комунікацій.

3. Виконати аналіз критичних ділянок інженерної інфраструктури, визначити можливі проблеми та запропонувати заходи щодо їх усунення.

Очікувані результати:

1. Отримання практичних навичок роботи з просторовими моделями інженерних мереж у середовищі ArcGIS.

2. Виконання аналізу структури інженерних мереж на основі реального підприємства.

3. Розуміння принципів роботи мережевого аналізу та схематичного відображення комунікацій.

Примітка: виконані результати оформити у вигляді звіту, який міститиме опис виконаних завдань, макети (компонування) моделей та відповіді на контрольні запитання.

Контрольні запитання

1. Які основні етапи створення просторової моделі інженерних мереж промислового підприємства?
2. Які дані використовуються для створення ГІС-моделі інженерних мереж?
3. Як здійснюється побудова геометричної мережі у середовищі ArcGIS?
4. Які можливості надає ArcGIS Network Analyst для аналізу мереж?
5. Як працює ArcGIS Schematics і які переваги він має для візуалізації мереж?
6. Які методи можна використати для визначення критичних ділянок інженерних комунікацій?
7. Які рішення можуть бути запропоновані для підвищення ефективності управління інженерними мережами підприємства?

Практичне завдання № 2

Тривимірне моделювання. Створення ЦММ

Мета роботи: ознайомлення з основами роботи з тривимірними геоданими, принципами їх візуалізації та аналізу в середовищі геоінформаційних систем. Формування навичок створення цифрової моделі місцевості та виконання просторового аналізу на її основі.

Необхідне програмне забезпечення:

1. ArcGIS Desktop (модулі ArcMap, ArcScene, 3D Analyst, Spatial Analyst).
2. База просторових даних з необхідними шарами: цифрова модель рельєфу, гідрографія, рослинність, будівлі тощо.

Теоретичні відомості

Тривимірні моделі є важливим інструментом візуалізації географічної інформації. Вони дозволяють не лише відображати об'єкти у просторі, а й аналізувати їх взаємодію в умовах складного рельєфу, обмеженої видимості, техногенних або природних перешкод.

Цифрова модель місцевості (ЦММ) – це тривимірне подання рельєфу, яке можна використовувати для аналізу зон видимості, моделювання кліматичних умов, транспортної доступності, водовідведення тощо.

Завдання присвячене знайомству з тривимірним ГІС-моделюванням. Географічна задача, яку вам належить вирішити – це визначення зони видимості в точці з урахуванням рельєфу та фізичних перешкод, таких як будинки та лісові масиви. Аналіз зон видимості дозволяє визначити охоплення території, доступне для візуального спостереження.

Зона видимості обмежується тривимірною лінією небосхилу (skyline). Чим крутіший кут напрямку між точкою спостерігача і лінією небосхилу, тим менше буде відкритість небосхилу за цим напрямом. Загальна відкритість небосхилу характеризує частку видимої частини небесної півсфери. Це

важливий топокліматичний параметр, що накладає обмеження на обсяг прямої сонячної радіації, що надходить.

Хід роботи

Завдання:

1. Додати на карту ЦМР та відобразити її методом горизонталей із пошаровим забарвленням.
2. Підготувати допоміжні об'єкти обліку перешкод.
3. Перетворити растрові дані на тріангуляційні.
4. Візуалізувати дані у тривимірному середовищі (додаток ArcScene).
5. Виконати аналіз зони видимості спостережного пункту за різних положень його висоти.

Основні етапи виконання:

1. Імпорт цифрової моделі рельєфу та її стилізація:
 - завантаження DEM (Digital Elevation Model);
 - відображення за допомогою горизонталей і фарбування інтервалів висоти.
2. Підготовка даних про перешкоди:
 - перетворення шару рослинності на растрову модель висоти;
 - складання моделей висоти рельєфу та об'єктів у єдиний растр.
3. Перетворення растру на тріангуляційну модель (TIN): оптимізація моделі для тривимірної візуалізації.
4. Створення тривимірної сцени у ArcScene:
 - драпірування знімка на поверхню рельєфу;
 - завантаження візуальних шарів (гідрографія, будівлі, геодезичні пункти);
 - застосування масштабного перебільшення по вертикалі.
5. Аналіз зон видимості:
 - побудова лінії горизонту з обраного пункту;
 - побудова просторової ділянки видимості;

– порівняння результатів для точок з різною висотою спостереження.

Ключові навички, що формуються:

1. Візуалізація рельєфу за допомогою горизонталей і кольорового кодування висот.
2. Підготовка цифрових моделей перешкод (рослинність, будівлі).
3. Конвертація растрової моделі рельєфу у тріангуляційну модель (TIN).
4. Робота з тривимірними сценами у ArcScene.
5. Побудова зон видимості та ліній горизонту з урахуванням висоти об'єктів.

Очікувані результати:

1. Отримання тривимірної моделі ділянки з урахуванням рельєфу та перешкод.
2. Побудова зон видимості для обраних точок.
3. Практичні навички роботи з ЦММ у середовищі ArcGIS Desktop.

Примітка: отримані результати оформити у вигляді звіту, який міститиме опис виконаних завдань, макети (компонування) моделей та відповіді на контрольні запитання.

Контрольні запитання

1. Опишіть суть та відмінності растрової та тріангуляційної моделей рельєфу.
2. На що впливає параметр допуску по висоті (z tolerance) під час перетворення растрової моделі на тріангуляційну?
3. Який ефект має параметр перебільшення по висоті (vertical exaggeration) стосовно цифрової моделі рельєфу?
4. Які дії необхідно виконати для того, щоб покласти знімок на тривимірну цифрову модель рельєфу?
5. Що таке лінія зони видимості та лінія небосхилу? Як вони співвідносяться?

Практичне завдання № 3

Створення моделі міста за даними з відкритих джерел засобами ArcGIS Pro

Мета завдання: побудувати 3D-модель міста на основі відкритих геопросторових даних. Навчитись імпортувати, обробляти та візуалізувати ці дані у середовищі ArcGIS Pro.

Необхідне програмне забезпечення:

1. ArcGIS Pro.
2. Доступ до Інтернету.

Теоретичні відомості

Коли для міста пропонується проєкт нової будівлі або інфраструктурний проєкт, більш ефективним буде демонстрація запланованого будівництва в контексті його забудови та природного середовища. 3D вебсцена, що показує місто з його будинками, вулицями, рослинністю та іншими міськими об'єктами може допомогти спільноті в цілому сприйняти запланований проєкт так, як вони це зробили б у реальному світі. Її також можуть використовувати містобудівники та інспектори для ефективної візуалізації проєкту.

Цифрова модель зазвичай створюється у власному форматі, такому як Revit, Vectorworks або Allplan, з використанням програмного забезпечення BIM.

Вихідні відкриті джерела даних (можна обрати будь-яке місто України):

1. OpenStreetMap (OSM): URL: <https://www.openstreetmap.org> (дані будівель, доріг, зелених зон).
2. Публічна кадастрова карта: URL: <https://map.land.gov.ua> (межі земельних ділянок).
3. **Geoportal.gov.ua** або інші локальні геопортали (тематичні шари: зони, межі, функціональне призначення територій).

4. Elevation data (наприклад, з USGS або Copernicus DEM): цифрова модель рельєфу – DEM: URL: <https://earthexplorer.usgs.gov> або URL: <https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser>

Хід роботи

Крок I. Завантаження вхідних даних:

1. Виберіть населений пункт (або частину міста) для моделювання.
2. Завантажте з OSM такі дані:
 - межі будівель (building footprints);
 - дорожню мережу;
 - водні об'єкти;
 - парки / зелені зони.
3. Завантажте цифрову модель рельєфу для цієї території (у форматі GeoTIFF).
4. За можливості визначте шар кадастрових або функціональних зон (із Geoportal або іншого ресурсу).

Крок II. Імпорт та підготовка даних:

1. Імпортуйте дані у ArcGIS Pro:
 - використовуйте інструменти Conversion Tools → From KML / JSON / GPX, якщо потрібно;
 - додайте DEM у вигляді растра до проєкту.
2. Приведіть усі шари до єдиної проєкції (наприклад, UTM або WGS 84).
3. Очистіть атрибутивні таблиці від зайвих полів, приведіть атрибути до зрозумілого вигляду.

Крок III. Створення 3D-сцени:

1. У ArcGIS Pro створіть Local Scene.
2. Додайте DEM як основний шар рельєфу (ground surface).

3. Застосуйте extrusion (витягування) до будівель – за атрибутом «height», або задайте умовну висоту.

4. За допомогою інструментів 3D Analyst або Scene Layer налаштуйте візуалізацію інших об'єктів (дороги, зелені зони).

Крок IV. Візуалізація та оформлення:

1. Додайте тіні, джерело освітлення, масштабну лінійку, орієнтир (північ).

2. Створіть знімки сцени з різних ракурсів або коротке відеоогляд (використовуючи Animation tools).

3. Збережіть проєкт.

Результат виконання:

1. Створена тривимірна модель частини міста у форматі Local Scene.

2. Візуалізовані основні об'єкти: рельєф, будівлі, дороги, зелені зони.

3. Експортований скріншот або відео 3D-сцени.

Примітка: виконані результати оформити у вигляді звіту, який міститиме опис виконаних завдань, макети (компонування) моделей та відповіді на контрольні запитання.

Контрольні запитання

1. Які типи даних OSM є найбільш корисними для створення 3D-моделі міста?

2. Яким чином можна задати висоту будівель у ArcGIS Pro?

3. У чому переваги використання Local Scene замість 2D-моделі?

4. Як можна використовувати DEM у моделюванні інфраструктури?

5. Назвіть приклади практичного застосування 3D-моделі міста для керування громадою.

ЗАВДАННЯ ДО САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

Самостійна робота № 1

Огляд новітніх модулів QGIS (наприклад, MOLUSCE 4.0)

Мета: ознайомлення студентів із сучасними модулями QGIS, що використовуються для просторового аналізу та моделювання. Практичне застосування розширення MOLUSCE 4.0 для аналізу змін землекористування.

Теоретична частина:

1. Ознайомитись із можливостями новітніх модулів QGIS (зокрема, MOLUSCE 4.0, а також інших модулів, що використовуються для аналізу змін землекористування, міського планування тощо).
2. Визначити основні функції та алгоритми роботи MOLUSCE 4.0.
3. Описати можливості використання даного модуля для аналізу змін території міста.

Практична частина:

1. Завантажити та встановити модуль MOLUSCE 4.0 через менеджер плагінів QGIS.
2. Завантажити та відкрити у QGIS два растрові шари, що подають стан території міста на двох часових зрізах (наприклад, карта забудови міста за 2010 і 2020 роки).
3. Переконатися, що растрові дані мають однакові роздільну здатність, охоплення та розмірність у пікселях.
4. Створити карту факторів, які могли вплинути на зміну території (наприклад, карта доріг, карта типів ґрунтів, карта щільності населення).

Використання MOLUSCE 4.0 для аналізу змін:

- 1) завантажити вихідні дані у модулі MOLUSCE 4.0;
- 2) виконати аналіз кореляції факторів;

3) згенерувати карту змін території та матрицю переходів між класами землекористування;

4) виконати навчання моделі прогнозування на основі нейромережевого алгоритму;

5) провести симуляцію майбутніх змін території міста на обраний період (наприклад, на 10 років уперед);

6) проаналізувати отримані результати та оцінити їхню точність за допомогою валідації прогнозу.

Аналіз результатів та оформлення звіту:

– описати використані вхідні дані та вибрані параметри моделювання;

– проаналізувати отримані результати (карта змін, прогноз розвитку території);

– визначити можливості застосування результатів аналізу для містобудівного планування;

– зробити висновки щодо точності прогнозу та перспектив застосування MOLUSCE 4.0 у міському плануванні.

Контрольні запитання

1. Які основні функції виконує модуль MOLUSCE 4.0?

2. Які алгоритми використовуються для аналізу змін територій у MOLUSCE 4.0?

3. Які вхідні дані необхідні для роботи з цим модулем?

4. Як проводиться кореляційний аналіз факторів у MOLUSCE 4.0?

5. Як здійснюється навчання моделі прогнозування змін території?

6. Які фактори можуть впливати на прогнозовані зміни території міста?

7. Як можна перевірити точність прогнозу, отриманого за допомогою MOLUSCE 4.0?

Додаткові матеріали:

1. Довідкова документація QGIS та MOLUSCE 4.0: URL: https://docs.nextgis.com/docs_ngggis/source/molusce.html
2. Наукові статті та дослідження з використанням MOLUSCE 4.0 для аналізу землекористування.
3. Геодані (растрові та векторні шари) для аналізу змін міського середовища.

Самостійна робота № 2

Порівняльний аналіз програмних продуктів ArcGIS Desktop, ArcGIS Pro та ArcGIS Enterprise

Мета роботи: самостійне ознайомлення студентів з особливостями програмних продуктів ArcGIS Desktop, ArcGIS Pro та ArcGIS Enterprise, їх функціональними можливостями, архітектурою та сферою застосування. Розвиток навичок критичного аналізу та порівняння геоінформаційних систем.

Теоретична частина:

1. Дослідити основні характеристики ArcGIS Desktop, ArcGIS Pro та ArcGIS Enterprise.
2. Визначити ключові відмінності між цими програмними продуктами.
3. Описати архітектуру та принципи роботи кожної з програм.

Практична частина:

1. Скласти таблицю порівняння за такими критеріями:
 - основне призначення;
 - тип ліцензування;
 - функціональні можливості;
 - інтерфейс та користувацький досвід;

- продуктивність;
- підтримка роботи з хмарними технологіями;
- інтеграція з іншими сервісами;
- особливості роботи з даними;
- переваги та недоліки.

Написання звіту:

1. Описати результати теоретичного аналізу.
2. Надати заповнену порівняльну таблицю.
3. Описати досвід роботи з обраним ПЗ, зробити висновки щодо його переваг та недоліків.

Рекомендовані джерела:

1. Офіційна документація Esri: URL: <https://www.esri.com/>
2. Навчальні матеріали з ArcGIS: URL: <https://learn.arcgis.com/>
3. Наукові статті та технічні огляди програмного забезпечення ГІС.

Форма звіту: робота оформлюється у вигляді документа (PDF або Word) та містить структуровані розділи згідно із завданням. Термін подання – відповідно до графіка навчального процесу.

Контрольні запитання

1. Які основні функціональні можливості ArcGIS Desktop, ArcGIS Pro та ArcGIS Enterprise?
2. Чим відрізняється архітектура ArcGIS Pro від ArcGIS Desktop?
3. Які особливості ліцензування ArcGIS Desktop, ArcGIS Pro та ArcGIS Enterprise?
4. Як здійснюється інтеграція ArcGIS Pro з іншими сервісами?
5. Які основні недоліки кожного з розглянутих програмних продуктів?

Завдання до самостійної роботи № 3

Створення хмари точок за допомогою ArcGIS Reality for ArcGIS Pro

Мета: ознайомитися з інструментами ArcGIS Reality Mapping та набути практичних навичок створення хмари точок на основі аерофотознімків (Reality Imagery).

Завдання:

1. Ознайомитися з матеріалами за посиланням: URL: <https://learn.arcgis.com/> Створення хмари точок (офіційна документація).
2. Встановити середовище роботи:
 - відкрити ArcGIS Pro (версію 3.3 або новішу);
 - створити новий проєкт (тип – *Map* або *Scene*);
 - переконатися, що встановлено модуль Reality Mapping.
3. Імпортувати вхідні дані:
 - підготувати набір аерофотознімків або скористатись тестовими даними;
 - додати дані до проєкту;
 - створити Reality Mapping Workspace:
Imagery → Reality Mapping → New Reality Mapping Workspace.
4. Налаштувати тип місії:
 - обрати Aerial – nadir (вертикальні знімки) або інший тип місії відповідно до даних;
 - заповнити параметри: сенсори, систему координат, метод орієнтування.
5. Виконати орієнтування знімків (АТ – Aerial Triangulation):
 - запустити процес Adjust;
 - перевірити якість орієнтування (результати AT Report).

6. творити хмару точок:

1) вибрати Tools → Generate Point Cloud;

2) вказати:

– вихідну локацію;

– роздільну здатність (Ground Sampling Distance, GSD);

– формат виводу: .las або .zlas.

7. Візуалізувати результати:

– додати хмару точок до сцени;

– налаштувати стиль відображення (класичний, за висотою, за інтенсивністю);

– визначити наявність шумів або артефактів.

Контрольні запитання

1. Яке призначення Reality Mapping Workspace?

2. У чому різниця між типами місій (Nadir, Oblique)?

3. Які основні етапи аерофототріангуляції?

4. Який формат хмари точок підтримується ArcGIS Pro?

5. Як здійснюється візуальна перевірка точності побудови?

Форма звітності:

1. Скріншоти робочих екранів (створення workspace, орієнтування, візуалізація).

2. Стисла текстова інструкція з виконаних кроків.

3. Короткі відповіді на питання для самоперевірки.

4. Опціонально: приклад файлу .las або посилання на хмарне сховище.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Міхно О. Г. Прикладні геоінформаційні системи [Електрон. ресурс] : навч. посіб. / О. Г. Міхно, І. М. Патракеєв. – Електрон. текст. дані. – Київ, 2020. – 98 с. – Режим доступу: https://geo.knu.ua/images/doc_file/navch_lit/GIS_Michno_Patrakeev.pdf, вільний (дата звернення: 29.05.2025). – Назва з екрана.
2. Сайт resources ArcGIS [Electronic resource]. – Electronic text data. – Regime of access: <https://resources.arcgis.com/en/help/>, free (date of the application: 27.05.2025). – Header from the screen.
3. Autodesk [Electronic resource] : website / Autodesk Inc. – Electronic text data. – California, U. S., 2021. – Constantly updated. – Regime of access: <https://www.xingfuzuoyoushou.com/home.html>, free (date of the application: 25.05.2025). – Header from the screen.
4. Bim Partner [Electronic resource] : website. – Electronic text data. – Constantly updated. – Regime of access: <https://bimpartner.com.ua/master-classes/>, free (date of the application: 29.05.2025). – Header from the screen.
5. Афанасьєв О. В. Засоби автоматизації створення карт [Електрон. ресурс] : конспект лекцій для здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти зі спеціальності 193 – Геодезія та землеустрій / О. В. Афанасьєв ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Електрон. текст. дані. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2022. – 30 с. – Режим доступу: <https://eprints.kname.edu.ua/61854/>, вільний (дата звернення: 13.09.2024). – Назва з екрана.
6. Євдокімов А. А. Інфраструктура просторових даних [Електрон. ресурс] : навч. посіб. / А. А. Євдокімов, Н. О. Манакова, Т. С. Сенчук ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Електрон. текст. дані. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2023. – 159 с. – Режим доступу: <https://eprints.kname.edu.ua/63676/>, вільний (дата звернення: 13.09.2024). – Назва з екрана.

7. Дорожко Є. В. Перетворення паперового картографічного матеріалу в цифрову модель місцевості [Електрон. ресурс] / Є. В. Дорожко // Комунальне господарство міст : наук.-техн. зб. – Електрон. текст. дані. – 2018. – Вип. 7 (146). – С. 214–217. – (Серія: Технічні науки та архітектура). – Режим доступу: <https://core.ac.uk/download/pdf/196237012.pdf>, вільний (дата звернення: 30.08.2024). – Назва з екрана.

8. Поморцева О. Є. Тривимірне моделювання об'єктів та інфраструктури міст в геоінформаційних системах [Електрон. ресурс]: підручник / О. Є. Поморцева ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Електрон. текст. дані. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2022. – 240 с. – Режим доступу: <https://eprints.kname.edu.ua/63180/>, вільний (дата звернення: 29.05.2025). – Назва з екрана.

9. Нестеренко С. Г. Системи мобільного лазерного сканування в геоінформаційних технологіях [Електрон. ресурс] / С. Г. Нестеренко, К. А. Мамонов, К. І. Вяткін // Комунальне господарство міст: наук.-техн. зб. – Електрон. текст. дані. – 2016. – Вип. 132. – С. 121–126. – (Серія : Технічні науки та архітектура). – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/kgm_tech_2016_132_22, вільний (дата звернення: 01.11.2024). – Назва з екрана.

Електронне навчальне видання

Методичні рекомендації

до проведення практичних занять та виконання самостійної роботи
з навчальної дисципліни

**«МОДЕЛЮВАННЯ ОБ’ЄКТІВ НЕРУХОМОСТІ ЗАСОБАМИ
ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ»**

*(для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти денної та заочної
форм навчання зі спеціальності 193 – Геодезія та землеустрій)*

Укладач **ЄВДОКІМОВ** Андрій Анатолійович

Відповідальний за випуск *К. А. Мамонов*

Редактор *Б. О. Хільська*

Комп’ютерне верстання *А. А. Євдокімов*

План 2025, поз. 523М

Підп. до друку 28.08.2025. Формат 60 × 84/16.

Ум. друк. арк. 4,6.

Видавець і виготовлювач:

Харківський національний університет

міського господарства імені О. М. Бекетова,

вул. Чорноглазівська (Маршала Бажанова), 17, Харків, 61002.

Електронна адреса: office@kname.edu.ua

Свідоцтво суб’єкта видавничої справи:

ДК № 5328 від 11.04.2017