

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

«ДОСЛІДНИЦЬКІ МЕТОДИ ТА СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ГЕОДЕЗІЇ»

*(для здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти
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 «Дослідницькі методи та сучасні технології геодезії» (для здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти денної та заочної форм навчання зі спеціальності 193 – Геодезія та землеустрій) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. : Е. С. Штерндок, М. А. Кухар, М. О. Пілічева. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2025. – 92 с.

Укладачі: канд. техн. наук, доц. Е. С. Штерндок,
канд. техн. наук, доц. М. А. Кухар,
канд. техн. наук, доц. М. О. Пілічева

Рецензент

С. Г. Нестеренко, кандидат технічних наук, доцент, 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 16.08.2024

ЗМІСТ

Вступ.....	4
Практичне заняття № 1 Інноваційні розробки та технології в геодезії та суміжних сферах.....	5
Практичне заняття № 2 Аналіз нормативно-правового забезпечення геодезичних робіт	8
Практичне заняття № 3 Концепції, зберігання та організації геоданих у сучасних інформаційних системах.....	14
Практичне заняття № 4 Проблемні питання актуалізації та переходу до європейських систем координат і висот.....	19
Практичне заняття № 5 Сучасні методи побудови й реконструкції геодезичних та гравіметричних мереж.....	25
Практичне заняття № 6 Застосування сучасних технологій для вирішення інженерно-геодезичних завдань.....	31
Практичне заняття № 7 Дослідження сучасних програмних засобів обробки результатів інженерно-геодезичних вишукувань.....	37
Практичне заняття № 8 Засади використання та обробки хмари точок.....	41
Практичне заняття № 9 Особливості здійснення й організації геодезичних вимірювань та моніторингових робіт в умовах воєнного стану.....	43
Практичне заняття № 10 Огляд класифікаторів та вимог до даних про геопросторові об'єкти, міжнародна стандартизація геопросторових даних.....	49
Практичне заняття № 11 Робота з державними системами зберігання та реєстрації результатів топографо-геодезичних робіт.....	54
Практичне заняття № 12 Сучасні методи геодезичних та картометричних обчислень в геоінформаційних системах.....	59
Практичне заняття № 13 Перспективи застосування хмарних обчислень та штучного інтелекту в геодезичних дослідженнях.....	64
Практичне заняття № 14 Застосовування методів наукових досліджень в геодезії.....	68
Завдання до практичних робіт.....	73
Завдання до самостійної роботи.....	79
Список рекомендованих джерел.....	82

ВСТУП

Метою навчальної дисципліни «Дослідницькі методи та сучасні технології геодезії» є формування у майбутніх науковців вищої кваліфікації знань і практичних навичок щодо сучасних методів та технологій збору геопросторових даних, їх обробки, трансформації та застосування для виконання прикладних задач та наукових досліджень у сфері геодезії та землеустрою.

Завданнями вивчення дисципліни є оволодіння сучасними технологіями та практичними навичками їх застосування в геодезії для побудови, аналізу та дослідження просторових моделей об'єктів місцевості.

До методичних рекомендацій включено практичні завдання, що охоплюють різнопланові методи дослідження у галузі геодезії – від збору до організації та зберігання геоданих у сучасних інформаційних системах з урахуванням новітніх технологій та особливостей воєнного стану. Також розглядаються питання класифікації геопросторових об'єктів, міжнародної стандартизації геоданих, застосування сучасних програмних засобів та методів наукових досліджень у геодезії.

Кожне практичне заняття має на меті розвинути у здобувачів здатність успішно виконувати науково-дослідницькі завдання.

Методичні рекомендації призначені для виконання практичних робіт та організації самостійної роботи здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти спеціальності 193 – Геодезія та землеустрій.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 1

ІННОВАЦІЙНІ РОЗРОБКИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ В ГЕОДЕЗІЇ ТА СУМІЖНИХ СФЕРАХ

Теоретична частина

Сучасна геодезія активно застосовує інноваційні технології для підвищення точності, ефективності й автоматизації процесів збору та обробки геопросторової інформації. Поєднання передових технічних засобів, зокрема дронів, лазерних сканерів, роботизованих тахеометрів та GNSS-приймачів із потужним програмним забезпеченням, відкриває нові можливості для геодезистів та суміжних спеціалістів.

Аналіз передових технічних засобів отримання геопросторової інформації з кожним роком удосконалюється.

Розвиток геодезичних технологій протягом останніх років представляє таке обладнання:

- Leica BLK2FLY – перший у світі автономний літальний лазерний сканер, який поєднує LiDAR та дрон для швидкого збору 3D-даних з повітря;
- Trimble SX10 – інтегрує функції високоточних вимірювань тахеометра та 3D-сканування, забезпечуючи універсальність геодезичних робіт;
- Topcon GT-1200 – роботизований тахеометр із високою швидкістю та точністю, призначений для автоматизованих геодезичних робіт на будівельних майданчиках;
- Delair Tech UX11 – безпілотний літальний апарат з високоточним GNSS-приймачем, призначений для збору геопросторових даних на великих площах;
- Leica GS18 I – інноваційний GNSS-приймач з інтегрованою камерою, що дозволяє здійснювати високоточне вимірювання та фотограмметрію одночасно.

Аналіз передових програмних засобів для обробки геопросторової інформації характеризується також певним ступенем розвитку, який представлений такими технологіями:

- SciPy – бібліотека для мови Python, яка використовується для наукових та технічних обчислень, включаючи обробку геодезичних даних;
- JAG3D – відкрите програмне забезпечення для зрівноваження геодезичних мереж та аналізу вимірювань;
- Cyclone 3DR – програмне забезпечення для обробки та аналізу хмар точок, отриманих за допомогою лазерного сканування;

- CloudCompare – відкрите програмне забезпечення для обробки хмар точок та 3D-даних, широко використовується в геодезії та суміжних сферах;
- ArcGIS Pro – потужна платформа для аналізу й візуалізації геопросторових даних, що забезпечує інтеграцію з іншими програмними засобами та приладами;
- QGIS – це безкоштовна та відкрита геоінформаційна система (ГІС), яка надає інструменти для створення, редагування, візуалізації та аналізу геопросторових даних;
- AutoCAD Civil 3D – спеціалізоване програмне забезпечення для проектування та документації в галузі цивільного будівництва, яке підтримує імпорту та обробку даних з різних геодезичних приладів.

Під час дослідження за тенденціями технологічного розвитку приладової бази варто брати до уваги INTERGEO.

INTERGEO є провідною міжнародною виставкою, яка об'єднує фахівців у галузі геодезії, геоінформаційних технологій та управління земельними ресурсами. На виставці презентуються новітні розробки, обговорюються тенденції та майбутні напрями розвитку галузі. Основні тенденції включають інтеграцію штучного інтелекту, автоматизацію процесів збору та обробки даних, а також підвищення точності та ефективності геодезичних робіт.

Сучасні геодезичні технології розвиваються дуже стрімко. Зростає необхідність застосування сучасних геодезичних приладів, забезпечених сучасною електронікою, які вирізняються не лише номером моделі, але й принципово новими технологічними рішеннями. Новітнє програмне забезпечення, яке використовується в самих приладах та при обробці геопросторових даних, надає більше можливостей автоматизації процесу створення моделей місцевості та реалізації нестандартних завдань, тому на сьогодні характерним для розвитку сучасного геодезичного обладнання є не збільшення точності вимірів, яка на цей час закриває всі потреби геодезії, а оптимізація робочого процесу з використанням цих приладів за рахунок розвитку технічної та програмної частини.

Завдання до практичного заняття

1. Проаналізуйте новітнє геодезичне обладнання та сформулюйте ваше припущення про тенденції в цій галузі на підставі фактичних даних.

2. Проаналізуйте новітнє геодезичне програмне забезпечення та сформулюйте ваше припущення про тенденції в цій галузі на підставі фактичних даних.

Питання для самоконтролю

1. Які передові технічні засоби використовуються для отримання геопросторової інформації?
2. Які новітні програмні засоби використовуються для обробки геопросторових даних?
3. Як нові технології впливають на точність і ефективність геодезичних вимірювань?
4. Які основні тенденції формуються на ринку геодезичних приладів?
5. Як міжнародні виставки, наприклад INTERGEO, впливають на розвиток геодезичних технологій?
6. Які переваги і обмеження має сучасне програмне забезпечення для тривимірного моделювання?
7. Як нові моделі геодезичних приладів відповідають потребам сучасної практики?
8. Які інновації у галузі геодезії були представлені на останніх міжнародних виставках?
9. Які основні тренди в розвитку геодезичних технологій ви можете назвати?
10. Як ви оцінюєте вплив новітніх технічних і програмних засобів на майбутнє геодезичної практики?

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 2

АНАЛІЗ НОРМАТИВНО-ПРАВОВОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБІТ

Теоретична частина

В Україні, як і в інших країнах сучасного світу, законодавство постійно розвивається, модернізується та підлаштовується під новітні обставини і технологічні зміни. Це стосується і галузі геодезії, яка, своєю чергою, потребує постійних змін у законодавчому регулюванні, щоб відповідати вимогам часу, впроваджувати новітні методи та технології, а також забезпечувати високий рівень точності та ефективності геодезичних робіт.

Законодавство у сфері геодезії в Україні містить численні нормативно-правові акти, які регламентують як технічні аспекти проведення геодезичних робіт, так і організаційні, а також забезпечують захист прав і інтересів громадян, підприємств та організацій у цій сфері.

Оскільки галузь геодезії постійно інтегрує нові технології, такі як супутникові навігаційні системи, геоінформаційні системи (ГІС), дронів технології та інші новації, законодавство повинне оперативно реагувати на ці зміни та впроваджувати нові правила. Цей процес охоплює різні аспекти діяльності – від визначення стандартів якості та вимог до точності й розвитку нових методів контролю та нагляду.

Основними нормативно-правовими актами у сфері геодезії є такі:

1. Закон України «Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність» від 23 грудня 1998 р. № 353-XIV. Цей закон визначає правові основи топографо-геодезичної та картографічної діяльності в Україні. Він регулює порядок виконання геодезичних та картографічних робіт, встановлює вимоги до їх якості та точності, а також визначає права та обов'язки суб'єктів цієї діяльності. Закон також встановлює порядок використання та зберігання геодезичних та картографічних матеріалів, що є основою для різних галузей економіки та державного управління.

2. Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження Порядку ведення державного обліку топографо-геодезичних і картографічних робіт» від 1 вересня 2023 р. № 938. Цей нормативно-правовий акт встановлює процедуру ведення державного обліку топографо-геодезичних та картографічних робіт в Україні, що дозволяє забезпечити їх доступність та використання для державних

органів, підприємств та громадян. Постанова також встановлює вимоги до документування та зберігання результатів геодезичних та картографічних робіт, що важливо для забезпечення їх вірогідності та доступності.

3. Постанова Кабінету Міністрів України «Деякі питання функціонування Державного картографо-геодезичного фонду України» від 19 січня 2024 р. № 67. Цей нормативно-правовий документ визначає процедуру ведення Державного картографо-геодезичного фонду України, зокрема надходження, ведення обліку, зберігання, використання та ведення переліку топографо-геодезичних і картографічних матеріалів, що передаються до Держкартгеофонду, процедуру їх валідації. Поширюється на суб'єктів топографо-геодезичної і картографічної діяльності, які виготовляють, зберігають та використовують результати виконання загальнодержавних та спеціальних топографо-геодезичних і картографічних робіт, результати яких мають міжвідомче значення, для використання їх органами державної влади та органами місцевого самоврядування, а також фізичними та юридичними особами.

4. Закон України «Про основні засади державного нагляду (контролю) у сфері господарської діяльності» від 5 квітня 2007 р. № 877-V. Цей закон встановлює основні засади державного нагляду та контролю у сфері господарської діяльності, включаючи топографо-геодезичну та картографічну діяльність. Він визначає органи, які здійснюють нагляд та контроль, їх повноваження та процедури проведення перевірок. Закон також встановлює вимоги до суб'єктів господарювання щодо дотримання законодавства та стандартів у сфері геодезії та картографії.

5. Постанова Кабінету Міністрів України «Деякі питання реалізації частини першої статті 12 Закону України «Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність» від 7 серпня 2013 р. № 646. Постанова затверджує Порядок побудови Державної геодезичної мережі, а порядок, своєю чергою, визначає механізм побудови Державної геодезичної мережі із застосуванням сучасних глобальних навігаційних супутникових систем, суворих математичних методів оброблення даних та інформаційних технологій, а також традиційних геодезичних методів.

6. Наказ Головного управління геодезії, картографії та кадастру при Кабінеті Міністрів України «Про затвердження Інструкції з топографічного знімання у масштабах 1 : 5 000, 1 : 2 000, 1 : 1 000 та 1 : 500» від 9 квітня 1998 р.

№ 56. Цей наказ встановлює вимоги та методику проведення топографічного знімання в зазначених масштабах, визначає порядок виконання знімальних робіт, вимоги до точності та якості отриманих матеріалів, а також процедури їх обробки та використання. Інструкція є основним документом для виконання топографічних знімальних робіт в Україні. Також інструкція встановлює норми побудови геодезичної основи для виконання великомасштабних знімань.

7. Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження Порядку охорони геодезичних пунктів» від 8 листопада 2017 р. № 836. Цей нормативно-правовий акт регулює порядок охорони геодезичних пунктів в Україні. Він встановлює вимоги до збереження та захисту геодезичних пунктів, що є основою для проведення геодезичних вимірювань та забезпечення точності геодезичних даних. Постанова також визначає органи, відповідальні за охорону геодезичних пунктів, та процедури їх відновлення у разі пошкодження або знищення.

8. Наказ Міністерства аграрної політики та продовольства України «Про затвердження Порядку обстеження та оновлення пунктів Державної геодезичної мережі» від 3 листопада 2014 р. № 435. Цей наказ встановлює порядок обстеження та оновлення геодезичних пунктів, що є основою для проведення точних геодезичних вимірювань. Він забезпечує підтримку актуальності та точності геодезичних мереж в Україні.

9. Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження Порядку загальнодержавного топографічного і тематичного картографування» від 4 вересня 2013 р. № 661. Цей документ регулює порядок проведення загальнодержавного топографічного та тематичного картографування в Україні. Він визначає процедури планування, виконання та контролю за виконанням картографічних робіт, а також вимоги до якості та точності картографічних матеріалів. Постанова також встановлює порядок використання та поширення картографічної продукції, що є важливим для різних сфер діяльності.

10. Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження критеріїв, за якими оцінюється ступінь ризику від провадження господарської діяльності та визначається періодичність здійснення планових заходів державного нагляду (контролю) за топографо-геодезичною і картографічною діяльністю Державною службою з питань геодезії, картографії та кадастру» від 19 вересня 2018 р. № 765. Ця постанова визначає критерії, за якими оцінюється ступінь ризику під час провадження господарської діяльності у сфері топографо-геодезичних та картографічних робіт. Вона також встановлює періодичність перевірок і

планових заходів державного нагляду, що забезпечує ефективний контроль за виконанням стандартів у цих сферах.

11. Наказ Міністерства аграрної політики та продовольства України «Про затвердження Вимог до технічного і технологічного забезпечення виконавців топографо-геодезичних і картографічних робіт» від 11 лютого 2014 р. № 65. Цей наказ встановлює вимоги до технічного і технологічного забезпечення виконавців топографо-геодезичних і картографічних робіт, зокрема щодо застосування обладнання, програмного забезпечення та методик. Він забезпечує високі стандарти якості виконуваних робіт.

12. Постанова Кабінету Міністрів України «Про Державну службу України з питань геодезії, картографії та кадастру» від 14 січня 2015 р. № 15. Ця постанова визначає основні функції та повноваження Державної служби України з питань геодезії, картографії та кадастру, яка здійснює контроль і регулювання в цих сферах. Вона також визначає організаційну структуру служби.

13. ДБН А.2.1-1-2008 Інженерні вишукування для будівництва визначають основні положення, етапи, склад та загальні технічні вимоги проведення інженерно-геодезичних вишукувань, але детально не регламентують методи і технології проведення інженерно-геодезичних вишукувань – вони є предметом розгляду спеціальних інструкцій і посібників.

14. ДБН А.2.2-3:2014 Склад та зміст проектної документації на будівництво встановлює склад та зміст проектної документації на нове будівництво, реконструкцію та капітальний ремонт будівель і споруд будь-якого призначення, їх комплексів та частин.

15. ДБН В.1.3-2:2010 Система забезпечення точності геометричних параметрів у будівництві. Геодезичні роботи у будівництві встановлюють загальні правила проектування, виконання та приймання геодезичних робіт, які потрібно виконувати під час будівництва, реконструкції, технічного переоснащення об'єктів будівництва будь-якого призначення.

Геодезія, як важлива складова інфраструктури будь-якої країни, охоплює широкий спектр діяльності, пов'язаної з точними вимірюваннями і визначенням геопросторових характеристик території. В Україні ця галузь відзначається великою кількістю нормативно-правових актів, що регламентують геодезичні вишукування та роботи. Однак, як і в багатьох інших сферах, вона потребує певних змін і вдосконалення для адаптації до сучасних технологій, вимог ринку і світових стандартів.

Шляхи розвитку геодезії в Україні. У сучасних умовах розвиток геодезії в Україні тісно пов'язаний з кількома важливими факторами: інноваційні технології та автоматизація, стандартизація і інтеграція з міжнародними системами, вдосконалення законодавства.

Дерегуляція у сфері геодезії. Процес дерегуляції передбачає спрощення адміністративних процедур, усунення зайвих обмежень та перешкод для розвитку ринку геодезичних послуг. В Україні цей процес має важливе значення, оскільки: зменшення бюрократичних бар'єрів, гнучкість нормативної бази, розвиток ринку геодезичних послуг.

З наукової точки зору впровадження інноваційних технологій у геодезії значно підвищує точність та ефективність вимірювань. Наведемо три приклади таких технологій, які зараз є досить актуальними:

1. Використання безпілотних літальних апаратів (БПЛА) для геодезичних робіт. БПЛА дозволяють швидко та ефективно отримувати високоточні аерофотознімки, що значно знижує час та вартість традиційних аерофотозйомок. Це особливо важливо для картографування важкодоступних територій. Детальніше про застосування БПЛА у геодезії можна дізнатися зі статті [37].

2. Поєднання глобальних навігаційних супутникових систем (GNSS) з геодезичними приладами. Дозволяє отримувати більш точні координати та зменшити час на проведення вимірювань. Це особливо важливо для створення детальних карт та кадастрових планів. Додаткову інформацію про інтеграцію GNSS з геодезичними приладами можна знайти за посиланням [38].

3. Використання лазерного сканування (LiDAR) для 3D-моделювання місцевості. Технологія LiDAR дозволяє створювати тривимірні моделі місцевості з високою точністю, що важливо для інженерних та будівельних проєктів. Це дозволяє детально аналізувати рельєф та інші характеристики території.

Упровадження цих технологій сприяє підвищенню ефективності та точності геодезичних робіт, що важливо для розвитку інфраструктури та забезпечення сталого розвитку територій.

Завдання до практичного заняття

1. Проаналізуйте чинні нормативно-правові акти, що регулюють геодезичну діяльність, та визначте їх відповідність сучасним вимогам технологій та науки.

2. Визначте можливі суперечності чи застарілі вимоги чинного законодавства.

3. Розробіть рекомендації щодо вдосконалення чинного законодавства в сфері геодезії.

Питання для самоконтролю

1. Якою є роль нормативно-правового забезпечення у сфері геодезії?

2. Які основні документи регулюють геодезичні роботи в Україні?

3. Які сучасні технології і методики повинні бути враховані в нормативно-правових актах?

4. Як критичний аналіз нормативних документів допомагає в удосконаленні геодезичних робіт?

5. Які проблеми можуть виникати через застарілі або неактуальні нормативні документи?

6. Які переваги можуть бути досягнуті внаслідок дерегуляції у сфері геодезії?

7. Як обробка нормативної документації впливає на якість геодезичних вишукувань?

8. Які основні напрямки розвитку нормативно-правового забезпечення у сфері геодезії?

9. Як відображаються міжнародні стандарти у національних нормативних актах?

10. Які кроки необхідно вжити для гармонізації національних нормативів з міжнародними вимогами?

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 3

КОНЦЕПЦІЇ, ЗБЕРІГАННЯ ТА ОРГАНІЗАЦІЇ ГЕОДАНИХ У СУЧАСНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ

Теоретична частина

У сучасних інформаційних системах зберігання та організація геоданих є ключовими завданнями ефективного управління та аналізу просторової інформації. Основними законодавчими актами, що регулюють питання формування та роботи з геопросторовими даними, є Закон України «Про національну інфраструктуру геопросторових даних» від 13 квітня 2020 р. № 554-IX, Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження Порядку функціонування національної інфраструктури геопросторових даних» від 26 травня 2021 р. № 532.

На сьогодні геопросторові дані – це сукупність даних про геопросторовий об’єкт, тобто об’єкт, який характеризується певним місцем розташування на Землі і визначеними у встановленій системі просторово-часовими координатами.

Зазвичай геопросторові дані, складаються із двох взаємопов’язаних частин – позиційної (геометричної) і непозиційної (атрибутивної), які відповідно описують просторове положення і тематичний зміст даних (властивості об’єктів). Процес визначення позиційної складової геопросторових даних називається геокодуванням.

Усі геопросторові об’єкти та явища за типами просторової локалізації поділяються на класи та види, представлені на рисунку 3.1.

Однією з базових моделей цифрового подання географічного поля в інформаційних системах є растрова модель – цифрова модель, що ґрунтуються на способах квантування простору за допомогою регулярної сітки з розмірністю $N \cdot M$, щодо якої у відповідність ставиться прямокутна матриця такої ж розмірності, кожний елемент якої характеризується набором ознак, а його місце розташування номером рядка та стовпчика в матриці.

Векторні дані – моделі просторових об’єктів, визначені в термінах границь та подані за допомогою конструктивних геометричних примітивів (точка, полілінія, полігон). До топологічних властивостей векторних моделей належать розмірність, замкнутість, зв’язність, простота, розташування на межі, всередині або поза певною областю простору тощо.

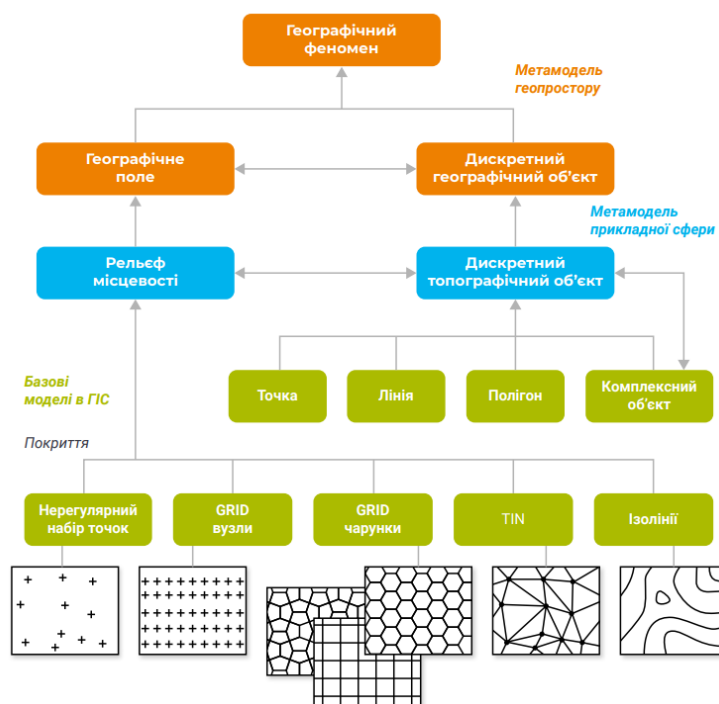


Рисунок 3.1 – Концептуальна схема базових моделей геопросторових даних [19]

Формати геопросторових даних можуть бути різними – від простих текстових файлів до складних бінарних форматів. До найпоширеніших форматів належать формати для векторних (наприклад, Shapefile, GeoJSON, KML) та растрових даних (наприклад, BMP, TIFF, JPEG, GeoTIFF, JPEG2000).

Метадані – це відомості про геопросторові дані та/або сервіси, що надають можливість їх пошуку та використання. Метадані забезпечують виявлення, пошук, оцінювання придатності для використання та умов доступу і використання геопросторових даних і геоінформаційних сервісів. Вимоги до структури та змісту метаданих, їх мінімального набору, обов'язкових і необов'язкових елементів, методів їх розширення визначаються відповідно до вимог Національного стандарту ДСТУ ISO 19115-1.

У ГІС зазвичай використовуються комбінації векторних і растрових даних для комплексного аналізу. Наприклад, векторні дані можуть використовуватися для визначення меж зон, а растрові – для аналізу характеристик цих зон. Важлива взаємозамінність форматів, що дозволяє інтегрувати дані з різних джерел та забезпечує гнучкість у використанні різних інструментів та програмного забезпечення.

В архітектурі сучасних геоінформаційних системах (ГІС), які за еволюцією геоінформаційних систем належать до ГІС третього покоління, спостерігається їх повне інтегрування з універсальними системами керування базами даних (СКБД), а також їх вихід у глобальний інформаційний простір через Інтернет. У таких ГІС обидві компоненти моделі геопросторових об'єктів (атрибутивна й позиційна) зберігаються в середовищі єдиної бази даних, а розширена мова структурованих запитів SQL (Structured Query Language) дозволяє описувати множину просторових предикатів для виконання просторових запитів і аналізу даних. Такі бази даних можуть містити векторні та растрові дані, метадані, а також інші атрибути, що описують географічні об'єкти (просторові оператори, просторові функції і просторові індекси).

Використання підходу, заснованого на базах даних щодо зберігання й опрацювання геопросторових даних в ГІС, забезпечує такі основні переваги:

- централізоване зберігання і керування просторовими та непросторовими даними в єдиному середовищі СКБД;
- дотримання стандартів та незалежність геопросторових даних від будь-яких ГІС-платформ;
- безпеку та цілісність даних;
- скорочення надлишковості даних;
- усунення суперечливості даних;
- багатокористувацький доступ до даних;
- розподілене спільне використання даних;
- адміністрування та регламентування доступу до даних;
- реплікацію даних.

Геопросторові дані БГД можуть експортуватися з баз даних як набори геопросторових даних в обмінних форматах. За визначенням, набір геопросторових даних – це ідентифікована сукупність даних, на які поширюється одна і та ж специфікація геопросторових даних.

Специфікація геопросторових даних містить докладний опис набору геопросторових даних або комплекту наборів геопросторових даних, а також додаткову інформацію, які забезпечують створення і постачання геопросторових даних виробниками даних та їх повторне використання іншими користувачами.

Інформація, що міститься в специфікації геопросторових даних, відрізняється від інформації, що надається в метаданих, які містять інформацію про конкретний фізичний набір даних. Інформація зі специфікації

геопросторових даних може бути використана при створенні метаданих для конкретного набору даних, що виробляється у відповідності до специфікації. Метадані описують актуальний набір даних, специфікація геопросторових даних визначає, яким повинен бути набір даних.

Вимоги до специфікацій визначаються Наказом Міністерства аграрної політики та продовольства України «Технічні вимоги до специфікацій геопросторових даних національної інфраструктури геопросторових даних» від 10 листопада 2021 р. № 347.

Специфікація геопросторових даних повинна містити такі обов'язкові розділи: стислий огляд, сфера застосування, ідентифікація набору геопросторових даних, зміст і структура геопросторових даних, системи відліку, якість геопросторових даних, постачання геопросторових даних, метадані.

Бази геопросторових даних можуть постачатись як цільові набори геопросторових даних у форматах обміну вмістом баз даних, наприклад, georackage, FlatGeobuf тощо, або у форматах геопросторових даних на основі GML, GeoJSON.

Хмарні сервіси надають можливості для зберігання, обробки та аналізу геоданих без необхідності в локальних інфраструктурах. Вони забезпечують доступ до потужних обчислювальних ресурсів, масштабованість та гнучкість під час використання. Користувачі можуть отримувати доступ до геоінформаційних сервісів через Інтернет, що спрощує співпрацю та обмін даними. Хмарні сервіси забезпечують доступ до даних з будь-якого місця, підтримують спільну роботу з даними, і дозволяють ефективно використовувати ресурси без потреби в локальних обчислювальних потужностях. Хмарні платформи, наприклад AWS, Google Cloud або Microsoft Azure, пропонують спеціалізовані сервіси для зберігання, обробки та аналізу геопросторових даних.

ArcGIS Online – це хмарна платформа від Esri, яка дозволяє створювати, аналізувати та публікувати інтерактивні карти, додатки та геопросторові дані. Вона надає користувачам доступ до потужних інструментів ГІС без необхідності встановлення спеціалізованого програмного забезпечення.

Застосування цих концепцій дозволяє створювати ефективні та надійні системи для зберігання, організації та аналізу геоданих, що є основою для прийняття обґрунтованих рішень у різних сферах діяльності.

Завдання до практичного заняття

1. Визначте особливості, переваги та недоліки типів геопросторових даних.
2. Оцініть ефективність зберігання та організації геоданих у сучасних інформаційних системах
3. Розробіть рекомендації для поліпшення процесів зберігання й організації геоданих і пропозиції щодо вибору форматів даних, організації баз даних та використання хмарних сервісів для вирішення конкретних геодезичних і землепорядних завдань.

Питання для самоконтролю

1. Що таке геопросторові дані і метадані? Яким є їхнє значення для сучасних інформаційних систем?
2. Які основні формати геопросторових даних використовуються в геодезії?
3. У чому полягають основні відмінності між растровими і векторними моделями даних?
4. Як комбінація форматів і їх взаємозамінність впливають на обробку і зберігання геоданих?
5. Які переваги і недоліки має використання баз геоданих порівняно з традиційними форматами даних?
6. Як хмарні сервіси можуть поліпшити процес зберігання і обробки геоданих?
7. Назвіть основні платформи для зберігання геоданих у хмарі. Які сервіси вони пропонують?
8. Які критерії потрібно враховувати під час вибору формату геопросторових даних для конкретних застосувань?
9. Як ефективно організувати базу геоданих для забезпечення швидкого доступу і обробки даних?
10. Які основні виклики і можливості пов'язані з використанням хмарних сервісів для геопросторових даних?

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 4

ПРОБЛЕМНІ ПИТАННЯ АКТУАЛІЗАЦІЇ ТА ПЕРЕХОДУ ДО ЄВРОПЕЙСЬКИХ СИСТЕМ КООРДИНАТ І ВИСОТ

Теоретична частина

Побудова Державної геодезичної мережі (ДГМ) в Україні визначається Порядком побудови Державної геодезичної мережі, затвердженим Постановою Кабінету Міністрів України від 7 серпня 2013 р. № 646.

Державна геодезична мережа складається з мережі геодезичних пунктів, рівномірно розміщених на території держави, що забезпечує поширення систем координат і висот та гравіметричної системи і є вихідною для створення інших мереж.

Структура ДГМ представлена на рисунку 4.1. Складовими ДГМ є геодезична (планова), нівелірна (висотна) та гравіметрична мережі, пункти яких повинні бути суміщені або мати між собою надійний геодезичний зв'язок.

Геодезична (планова) мережа поділяється на такі:

- Українська постійно діюча (перманентна) мережа спостережень глобальних навігаційних супутникових систем;

- геодезична (планова) мережа I класу;
- геодезична (планова) мережа II класу;
- геодезична (планова) мережа III класу.

- Геодезична (планова) мережа забезпечує поширення на території країни Державної геодезичної референційної системи координат УСК-2000, яка застосовується як єдина система координат.

- Геодезична (планова) мережа з необхідною точністю і щільністю геодезичних пунктів забезпечує поширення на території країни світової геодезичної системи WGS-84, міжнародної земної референційної системи ITRS та європейської земної референційної системи 1989 року ETRS89, що використовуються під час проведення міжнародних досліджень, у яких бере участь Україна, зокрема під час вивчення глобальних геодинамічних та сейсмічних процесів, визначення фігури Землі, а також у космічній і транспортній галузях.



Рисунок 4.1 – Структура ДГМ [23]

Геодезичні пункти Державної геодезичної мережі є вихідними пунктами для побудови геодезичних мереж спеціального призначення.

Положення геодезичних пунктів української постійно діючої (перманентної) мережі спостережень глобальних навігаційних супутникових систем та геодезичної (планової) мережі I класу визначається в таких системах координат: світовій, загальноземній, європейській та референційній, між якими встановлюються однозначні зв'язки, що визначаються параметрами зв'язку систем.

За загальноземну систему координат приймається Міжнародна земна референційна система International Terrestrial Reference System (ITRS) Міжнародної служби обертання Землі. Система ITRS встановлена Секцією координатної основи Центрального бюро Міжнародної служби обертання Землі – International Earth Rotation Service (IERS) з присвоєнням їй назви International Terrestrial Reference Frame (ITRF), що забезпечує відповідність ITRS певній часовій епосі.

За європейську систему координат приймається Європейська земна референційна система 1989 року European Terrestrial Reference System 1989 (ETRS89). Система ETRS89 встановлена підкомісією з питань європейської референційної основи – IAG Subcommisson for Europe (EUREF) з присвоєнням їй

назви European Terrestrial Reference Frame – ETRF, що забезпечує відповідність ETRS89 певній часовій епосі.

У системах ITRS та ETRS89 за відліковий еліпсоїд прийнята Геодезична референційна система 1980 року Geodetic Reference System 1980 (GRS1980).

УСК-2000 утворена від ITRS/ITRF2000. За відліковий еліпсоїд у зазначеній системі прийнято референц-еліпсоїд Красовського.

Сьогодні вченими запропоновано три шляхи розвитку національної системи геодезичного відліку [21]:

- перший варіант передбачає уточнення параметрів УСК-2000 до нової реалізації системи ITRS / ITRF2020 на епоху 2025 та збереження відлікового еліпсоїда Красовського та проєкції Гаусса – Крюгера;

- другий варіант також передбачає уточнення параметрів УСК-2000 до нової реалізації системи ITRS / ITRF2020 на епоху 2025, але враховує ті зміни, які сталися в топографо-геодезичній діяльності, а саме те, що створюються топографічні карти у світовій геодезичній системі WGS-84 та в картографічній проєкції Меркатора (UTM), отже, тепер можна було перейти від використання еліпсоїду Красовського до еліпсоїду GRS-80 і від проєкції Гаусса – Крюгера до проєкції Меркатора (UTM);

- третій варіант передбачає прямий перехід до Європейської земної системи координат ETRS89 через її останню реалізацію ETRF2014, або новішу, та до картографічної проєкції Меркатора (UTM).

Нівелірна (висотна) мережа забезпечує поширення до 1 січня 2026 р. на всій території України Балтійської системи висот 1977 року, вихідним пунктом якої є нуль Кронштадтського футштока. Нівелірна (висотна) мережа включається з 1 січня 2026 р. до Об'єднаної європейської нівелірної мережі (UELN) та забезпечує поширення на всій території України Європейської вертикальної референційної системи (EVRS), вихідним пунктом якої є нуль Амстердамського футштока.

Приєднання нівелірної (висотної) мережі України до Об'єднаної європейської нівелірної мережі (UELN) та забезпечення використання на території України Європейської вертикальної референційної системи (EVRS) виконується в п'ять етапів [22–23]:

- етап 1. Вирівнювання вузлових пунктів нівелірної мережі I, II класів у центрі впровадження системи UELN/EVS2000 (Об'єднаної європейської нівелірної мережі / Європейської вертикальної системи 2000 року), BKG

(Federal Agency for Cartography and Geodesy) Федерального агентства картографії і геодезії Німеччини;

- етап 2. Збір нівелірних наборів по лініях нівелювання III класу (2024 рік).
- етап 3. Сумісне вирівнювання нівелірної мережі I, II, III класів. (2024–2025 роки);
- етап 4. Каталогізація нівелірних пунктів (2025 рік);
- етап 5. Введення в дію системи висот UELN/EVS2000 – з 1 січня 2026 року.

Гравіметрична мережа задає на території держави Гравіметричну систему 1971 року та поширює з необхідною точністю і щільністю пунктів Міжнародну гравіметричну стандартну мережу 1971 року – International Gravity Standardization Net 1971 (IGSN-71).

Під час виконання геодезичних робіт для вирішення земельпорядних завдань використовується система координат УСК-2000 або місцеві системи координат, однозначно зв'язані із системою координат УСК-2000, що регламентується Наказом Міністерства аграрної політики та продовольства України від 2 грудня 2016 р. № 509.

Картографічні матеріали та документація із землеустрою, створені в системах координат СК-42, СК-63 та місцевих системах координат, утворених від них, переводяться в систему координат УСК-2000 або місцеву систему координат, однозначно зв'язану із системою координат УСК-2000.

У сучасних повнофункціональних ГІС можна виокремити такі методи трансформування даних:

- конформне трансформування Гельмерта;
- афінне перетворення – поліном 1-го порядку;
- інтерполяційні поліноми 2-го та вищих порядків;
- проєктивні методи;
- інтерполяція кубічними сплайнами;
- метод скінченних елементів.

У земельпорядній практиці використовують два шляхи для отримання координат в УСК-2000 (рис. 4.2):

- I спосіб – перетворення даних з архівних, що зберігаються у системах СК-42 та СК-63;
- II спосіб – отримання координат з використанням даних глобальних навігаційних супутникових систем, які працюють у системі координат WGS-84.

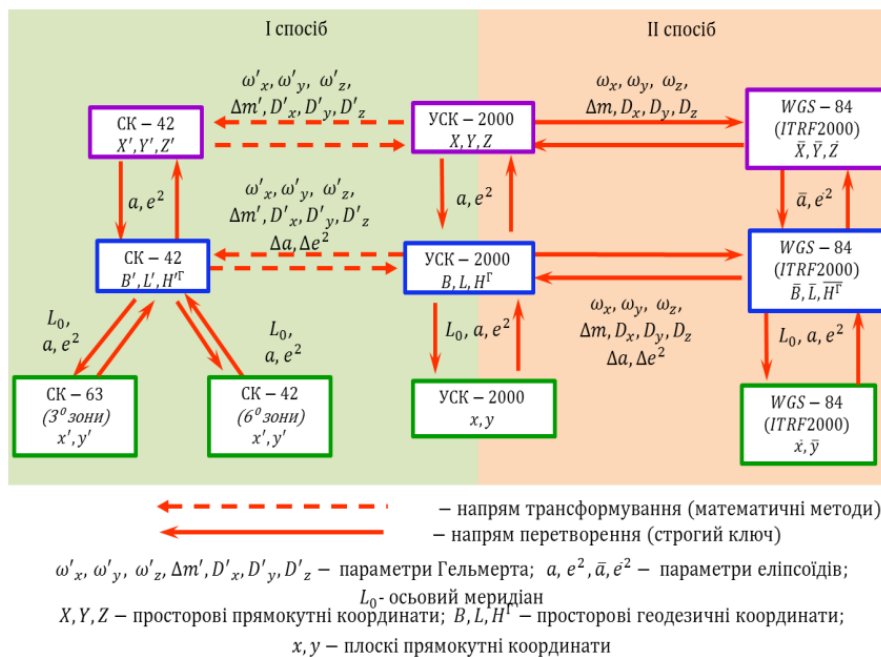


Рисунок 4.2 – Технологія координатного перетворення та трансформування між основними системами координат та їх похідними, що застосовуються в Україні [24]

Для забезпечення ведення Державного земельного кадастру між системами координат проводяться дві операції:

- перетворення – емпірично суворий зв'язок (ключ);
- трансформування – використання трансформаційного поля за допомогою сплайн-функції або шляхом використання афінного трансформування координат методом скінченних елементів, наявне в потужних ГІС-продуктах.

Завдання до практичного заняття

1. Виконайте порівняльний аналіз параметрів європейських систем координат та висот з національними системами координат.
2. Проаналізуйте методи трансформування координат та висот, визначте їх переваги та недоліки, а також наведіть приклади їх застосування.
3. Визначте основні проблеми, що виникають під час переходу до європейських систем координат та висот, а також запропонуйте рекомендації для вирішення встановлених проблем.

Питання для самоконтролю

1. Які основні світові та європейські системи координат використовуються в геодезії?
2. Які основні системи висот застосовуються в Європі?
3. Які проблеми можуть виникати при переході до європейських координатних систем?
4. Як державна геодезична мережа впливає на точність геодезичних вимірювань?
5. Які методи трансформації координат і висот використовуються для адаптації до нових стандартів?
6. Які ключові аспекти необхідно враховувати під час інтеграції національних систем координат в європейські?
7. Як корекція висот впливає на якість геодезичних даних?
8. Які проблеми можуть виникати при переході на європейські системи координат у різних регіонах?
9. Як можна оцінити ефективність методів трансформування координат і висот?
10. Які рекомендації можна надати для вирішення проблем, пов'язаних із переходом на європейські стандарти?

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 5

СУЧАСНІ МЕТОДИ ПОБУДОВИ Й РЕКОНСТРУКЦІЇ ГЕОДЕЗИЧНИХ ТА ГРАВІМЕТРИЧНИХ МЕРЕЖ

Теоретична частина

Побудова Державної геодезичної мережі (ДГМ) в Україні визначається Порядком побудови Державної геодезичної мережі, затвердженим Постановою Кабінету Міністрів України від 7 серпня 2013 р. № 646.

Пріоритетним методом створення та згущення Державної геодезичної мережі є супутникові методи знімання.

Під час визначення просторового положення геодезичних пунктів геодезичної мережі I класу (ГМ-1) використовуються винятково методи супутникових спостережень, методами визначення нормальних висот пунктів є геометричне нівелювання або GPS-нівелювання.

Положення геодезичних пунктів геодезичної мережі II і III класу в плані визначається традиційними лінійно-кутовими методами (тріангуляції, полігонометрії та трилатерації) або відносними методами супутникових геодезичних спостережень, нормальні висоти – геометричним нівелюванням або GPS-нівелюванням.

У пунктах фундаментальної гравіметричної мережі здійснюється абсолютне і відносне визначення прискорення вільного падіння, координат і висот, а також проводиться аналіз гідрогеологічного режиму за даними спеціалізованих організацій.

Побудова гравіметричної мережі I класу (ГрМ-1) здійснюється за такими основними правилами:

- пункти ГрМ-1 розміщують рівномірно по території країни, на відстані 100–200 км один від одного, суміщаючи їх з пунктами української постійно діючої (перманентної) мережі спостережень глобальних навігаційних супутникових систем ГМ-1 або поблизу них;
- пункти ГрМ-1 поєднуються відносними визначеннями прискорення вільного падіння з пунктами фундаментальної гравіметричної мережі та суміжними пунктами I класу;
- середня квадратична похибка визначення прискорення вільного падіння між пунктами ГрМ-1 чи між ними і пунктами фундаментальної гравіметричної мережі не повинна перевищувати ± 20 мкГал.

Геодезичною основою для топографічних зйомок є:

- ДГМ, включаючи українську постійно діючу (перманентну) мережу спостережень глобальних навігаційних супутникових систем (УПМ ГНСС);
- геодезичні мережі спеціального призначення;
- знімальні геодезичні мережі.

Побудова геодезичних мереж спеціального призначення та знімальних мереж визначається Інструкцією з топографічного знімання у масштабах 1 : 5 000, 1 : 2 000, 1 : 1 000 і 1 : 500. У зв'язку з тим що зазначена інструкція була прийнята в 1998 р. і вже застаріла, зараз проходить обговорення Проекту Порядку топографічної зйомки у масштабах 1 : 5 000, 1 : 2 000, 1 : 1 000 та 1 : 500.

До геодезичних мереж спеціального призначення належать:

- геодезичні мережі згущення IV класу та I і I розряду, які будуються для забезпечення кадастрової та містобудівної діяльності, створення місцевих систем координат;
- геодезичні мережі для інженерно-геодезичних вишукувань об'єктів будівництва, гірничої справи, формування інженерної та транспортної інфраструктури;
- геодезичні мережі для геодинамічних досліджень на підставі геодезичних вимірювань.

Складовими геодезичних мереж спеціального призначення є:

- геодезична (планова) мережа;
- нівелірна (висотна) мережа;
- мережа постійно діючих станцій спостережень глобальних навігаційних супутникових систем (станції ГНСС).

Пункти геодезичних мереж спеціального призначення повинні бути суміщені або між ними встановлений надійний геодезичний зв'язок.

Планові геодезичні мережі спеціального призначення створюють методами ГНСС-спостережень; лінійно-кутових побудов; полігонометрії; комбінованого поєднанням цих методів. Висотні геодезичні мережі спеціального призначення створюють методами геометричного нівелювання III, IV класів; технічного нівелювання; тригонометричного нівелювання.

Знімальні геодезичні мережі є основою для виконання топографічних зйомок усіх масштабів та інших топографо-геодезичних робіт. Знімальні геодезичні мережі поділяються на планові й висотні. Планові знімальні

геодезичні мережі створюють методами ГНСС-спостережень; лінійно-кутових побудов; комбінованого поєднання цих методів. Висотні знімальні геодезичні мережі створюють методами: технічного нівелювання; тригонометричного нівелювання.

Координати пунктів знімальних геодезичних мереж визначають побудовою теодолітних ходів, прямими, оберненими та комбінованими засічками, методом супутникових геодезичних спостережень. Висоти пунктів знімальної мережі визначають геометричним нівелюванням, тригонометричним нівелюванням та методом супутникових геодезичних спостережень з використанням моделі квазігеоїда (ГНСС-нівелювання).

Розвиток знімальних геодезичних мереж для створення топографічних планів у масштабах 1 : 5 000, 1 : 2 000, 1 : 1 000 та 1 : 500 може виконуватися теодолітними ходами або методом супутникових геодезичних спостережень, зокрема в режимі реального часу (RTK) у мережі активних станцій ГНСС.

Під час використання супутникових геодезичних приймачів для визначення точок знімальної геодезичної мережі із застосуванням технологій RTK перевіряється диференційне поле координатних поправок, які задаються мережами станцій ГНСС. Контроль диференційного поля координатних поправок під час роботи з використанням технологій RTK здійснюється не менш ніж на двох найближчих пунктах ДГМ або геодезичних мереж спеціального призначення, координати яких отримують в адміністратора банку геодезичних даних.

Геодезичний моніторинг Державної геодезичної мережі включає:

- моніторинг стану та стабільності геодезичних пунктів Державної геодезичної мережі;
- спостереження за горизонтальними і вертикальними деформаціями земної поверхні, зміною величин прискорення у вільному падінні на території країни.

Моніторинг геодезичних пунктів Державної геодезичної мережі проводиться Держгеокадастром шляхом забезпечення систематичного та періодичного обстеження їх стану.

Систематичне обстеження та оновлення геодезичних пунктів Державної геодезичної мережі здійснюються виконавцями геодезичних робіт на окремих територіях під час проведення топографо-геодезичних робіт, земельно-кадастрової зйомки, інженерно-геодезичних вишукувань, пов'язаних із

використанням геодезичних пунктів Державної геодезичної мережі. Результати обстеження геодезичних пунктів Державної геодезичної мережі заносяться до банку геодезичних даних.

Періодичне обстеження та оновлення геодезичних, гравіметричних пунктів і нівелірних реперів проводяться в міру потреби, але не рідше ніж один раз на 10 років, а на території міст і зон активної господарської діяльності – не менше ніж один раз на п'ять років.

Спостереження за деформаційними процесами та складення карти сучасних рухів земної поверхні проводяться з метою отримання вірогідної інформації про рухи земної поверхні, спричинені високим техногенним навантаженням, та оцінки їх впливу на просторову стабільність геодезичних пунктів Державної геодезичної мережі. Періодичні спостереження за сучасними рухами земної поверхні території країни проводяться методами супутникових геодезичних спостережень, геометричного нівелювання I, II класу, а також у процесі відносних гравіметричних спостережень у геодезичних пунктах Державної геодезичної мережі.

Періодичність спостережень на локальних ділянках, на яких можлива активізація небезпечних геологічних процесів, та на територіях інтенсивного техногенного навантаження визначається з урахуванням спеціальних геодезичних, маркшейдерських та геологічних даних і проводиться в рамках окремих технічних проєктів.

Реконструкція геодезичних мереж включає аналіз існуючих точок, їх перевірку та коригування з використанням новітніх технологій для підвищення точності та відповідності сучасним вимогам. Цей процес може включати впровадження нових точок, використовуючи ГНСС та інші методи, для доповнення або уточнення вже існуючих мереж. Реконструкція також передбачає оновлення та інтеграцію нових даних, що дозволяє адаптувати геодезичні мережі до змін у навколишньому середовищі та технологічному прогресі. Реконструкція геодезичних мереж може також виконуватися для прив'язки мережі до системи координат УСК-2000.

Реконструкція наявних геодезичних мереж, які реалізовували системи координат СК-42, СК-63 та похідні від них, з метою їх прив'язки до УСК-2000 виконується трьома методами:

- повна реконструкція мережі з прив'язкою її до системи координат УСК-2000;

- часткова реконструкція мережі з прив'язкою її до системи координат УСК-2000;

- прив'язка місцевої системи координат до системи координат УСК-2000.

Повна реконструкція міської геодезичної мережі з прив'язкою її до УСК-2000 включає:

- повне обстеження та оновлення існуючих геодезичних пунктів ДГМ I, II, III класів у межах населеного пункту;

- повне обстеження та оновлення геодезичних пунктів наявної геодезичної мережі;

- обстеження та оновлення пунктів нівелірної (висотної) мережі;

- виготовлення центрів і закріплення геодезичних пунктів ДГМ та геодезичних мереж спеціального призначення;

- виконання супутникових геодезичних спостережень на геодезичних пунктах ДГМ та геодезичних мережах спеціального призначення;

- виконання лінійно-кутових вимірів на пунктах геодезичної мережі;

- нівелювання IV класів по пунктах мережі;

- опрацювання супутникових та лінійно-кутових вимірювань на пунктах мережі;

- вирівнювання мережі та обчислення координат, укладання каталогів координат пунктів мережі в УСК-2000;

- аналіз деформації геодезичної мережі;

- обчислення координат пунктів ДГМ і міської геодезичної мережі та укладання каталогів координат і висот у місцевій системі координат;

- розроблення трансформаційного поля для перетворення картографічних та землевпорядних матеріалів із місцевої системи координат, утвореної від СК-42 або СК-63, у місцеву систему координат;

- складання технічного звіту.

Завдання до практичного заняття

1. Виконайте порівняльний аналіз наявних методів побудови геодезичних та гравіметричних мереж.

2. Визначте технологію проведення моніторингу геодезичних пунктів.

3. Визначте технологію реконструкції геодезичних мереж.

Питання для самоконтролю

1. Які сучасні методи побудови геодезичних мереж використовуються сьогодні?
2. Яка роль ГНСС технологій у побудові геодезичних мереж?
3. Які переваги і виклики пов'язані з використанням ГНСС технологій в геодезії?
4. Що таке гравіметричні мережі і яке їхнє значення для геодезії?
5. Які методи використовуються для моніторингу стану геодезичних мереж?
6. З якою метою проводяться роботи з моніторингу геодезичних пунктів?
7. Які процеси охоплює реконструкція геодезичних мереж?
8. Як забезпечується точність вимірювань у гравіметричних мережах?
9. Які основні відмінності між традиційними методами побудови геодезичних мереж і сучасними технологіями?
10. Які методи супутникових технологій застосовуються для побудови та реконструкції геодезичних мереж?

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 6

ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ІНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧНИХ ЗАВДАНЬ

Теоретична частина

Способів застосування сучасних технологій для інженерної геодезії з кожним роком стає все більше. Розвиток технологій спонукає до розширення методів застосування цих технологій.

Склад інженерно-геодезичних вишукувань такий:

- інженерно-геодезична та топографічна зйомка з точністю масштабів 1 : 5 000; 1 : 2 000; 1 : 1 000; 1 : 500; 1 : 200 та точніше; інженерно-гідрографічні, трасувальні роботи, геодезичні стаціонарні спостереження, кадастрові та інші спеціальні роботи, а також комплексні інженерно-геодезичні вишукування, які включають усі види робіт, що дозволяють отримати просторову модель розташування елементів наявної ситуації у заданій формі її відображення, зберігання та використання;
- створення опорної геодезичної мережі, яка включає геодезичні мережі спеціального призначення для будівництва та експлуатації будівель і споруд;
- створення топографічних планів, профілів, інших топографо-геодезичних матеріалів і даних у графічній та цифровій формах, призначених для розроблення проєктів, робочої документації та будівництва об'єктів, для оцінювання техногенного навантаження, розроблення заходів з інженерної підготовки та захисту територій;
- створення та ведення геоінформаційних систем населених пунктів і промислових майданчиків, державного містобудівного та земельного кадастрів; створення й оновлення тематичних карт, планів і атласів спеціального призначення у графічній або цифровій формах;
- створення інженерно-топографічної основи і отримання геодезичних даних для виконання інших видів інженерних вишукувань, у тому числі геотехнічного контролю, обстеження ґрунтів основ та фундаментів будівель і

споруд, розроблення заходів з інженерної підготовки, захисту й локального моніторингу територій, а також авторського нагляду в процесі будівництва;

- оновлення інженерно-топографічних планів вишукувань минулих років за виявленими в результаті польового обстеження змінами ситуації та рельєфу. За загального обсягу змін більше ніж 35 % знімальні роботи виконують у повному обсязі;

- інженерно-геодезичні роботи з контролю за деформаціями будівель, споруд та елементів їх конструкцій у період будівництва та експлуатації.

Лазерне сканування є сучасним методом збору високоточних геопросторових даних. Ця технологія дозволяє отримувати тривимірні моделі об'єктів з високою деталізацією, що робить її незамінною для вирішення інженерних завдань, зокрема проєктування інфраструктурних об'єктів, моніторинг стану будівель та споруд, створення цифрових моделей місцевості.

Сьогодні з метою своєчасного виявлення дефектів і деформацій стін, а в деяких випадках і дефектів будівель, використовують таку сучасну технологію як 3D-лазерне сканування. Воно дозволяє найбільш детально уявити геометричні форми і параметри приміщення для подальшого планування, дизайну об'єктів і проведення ремонтних робіт. Лазерне сканування будівель, а також інших великогабаритних об'єктів – це ефективний і точний спосіб отримати детальну інформацію про їх просторові характеристики, а також новітній метод отримання 2D- і 3D-моделей навколишнього простору.

У процесі роботи приладів створюється хмара точок із просторовими координатами, які в підсумку дають об'ємне зображення. Отримана модель об'єкта може містити від декількох тисяч до декількох мільйонів координатних точок. До того ж вимірювання виконуються з точністю до міліметра. Послідовність робіт із лазерного сканування така:

- польові роботи: рекогностування місцевості, врахування перекриття хмар точок під час розмічувальних робіт, встановлення на місцевості обладнання та вимірювання координат станцій, процес сканування на станціях;

- камеральні роботи: завантаження у програмне забезпечення даних сканування, зшивання хмар точок та їхнє зрівнювання, експорт даних в інші програмні продукти системи автоматизованого проєктування.

Наразі з розвитком технологій та появою сучасного обладнання поширення набув комбінований метод геомоніторингу, який включає поєднання тахеометричної зйомки з наземним лазерним скануванням та цифровою наземною стереофотозйомкою, що дозволяє отримати об'ємну 3D-картину деформацій всієї будівлі (як фундаментів, так і стін). Аналогом цього методу стало застосування традиційних наземних методів – нівелювання та планово-висотної зйомки, а прототипом – наземної стереофотозйомки.

Шляхом застосування сучасних геодезичних методів моніторингу з інноваційними сучасними технологіями (електронного тахеометра, лазерного сканера, цифрової фотокамери) можна отримати об'ємну картину зрушення будівель та споруд (об'ємний вигляд деформацій) для вживання своєчасних заходів до боротьби з ними та запобігання подальшому руйнуванню будівель.

Порівняльні характеристики наявних методів моніторингу наведені на рисунку 5.1.

Порівняльна характеристика методів моніторингу будівель та споруд

Назва методу	Вартість приладів	Вартість програмного забезпечення	Точність визначення	Переваги	Недоліки
Традиційний геодезичний	електронний тахеометр Leica TS07 5" R500; 644 689 грн	ПЗ Leica FlexField 28 050 грн	Кутів – 5" Відстаней $\pm (2.0 \text{ мм} + 2.0 \text{ ppm})$	Вартість	Час виконання зйомки, великий обсяг робіт
Цифровий фотографічний	цифрова камера Nikon D300S 17 546 грн	ПК «Digitals Professional/ Stereo/ Ortho» 14 850 грн	координат $m_x = m_z = m_p = 5 \cdot 10^{-6} \text{ м}$, кутів $m_\alpha = m_\omega = m_k = m_\gamma = 3''$	Точність, можливість отримання 3D-моделі	Необхідне коригування спотворень зображень
Наземне лазерне сканування	лазерний сканер Leica BLK360 918 400 грн	ПЗ Leica Cyclone 700 088 грн.	від 5 мм до 5 см	Швидкість зйомки (від 15 с до 15 хв.)	Висока вартість обладнання, наявність «мертвих зон»

Рисунок 5.1 – Порівняльна характеристика методів моніторингу будівель та споруд [29]

Кожен із розглянутих методів має свої переваги й недоліки. Проте більшість дослідників рекомендують застосовувати саме комбінований метод на основі поєднання вказаних трьох методів. Поєднання наземної цифрової зйомки та наземного лазерного сканування (НЛС) дозволяє підвищити точність та

читабельність 3D-моделей, виключити «мертві зони», які не може захопити сканер. Для реєстрації всієї будівлі потрібно встановити марки на стінах і виконати виміри за допомогою тахеометра.

Безпілотні літальні апарати (БПЛА) є важливим інструментом для збору геопросторових даних. Використання БПЛА дозволяє швидко та ефективно отримувати аерофотознімки і тривимірні моделі великих територій. Це особливо важливо для моніторингу стану інфраструктури, оцінювання пошкоджень після природних катастроф, планування будівельних робіт та інших інженерних завдань.

Розглянемо технологію дистанційної діагностики трубопроводу із застосуванням БПЛА. Таку діагностику виконують у три етапи [30]:

а) етап передполітної підготовки:

- аналіз проєктної, будівельної, експлуатаційної документації на об'єкти обстеження;
- вирішення питань щодо підбору цільового устаткування і літальних апаратів;
- калібрування і юстирування знімального обладнання;
- підбір або створення картографічної основи для політних карт;
- розробка й узгодження програми практичних польотів;

б) етап натурних досліджень:

- вирішення організаційних питань в експлуатаційних підрозділах замовника;
- виконання наземної розвідки, уточнення точок стартів;
- тестові польоти БПЛА;
- виконання різних видів цифрової аерофотозйомки (фото-, відеозйомка, зйомка тепловізором);
- отримання й оперативна оцінка якості результатів;

в) етап обробки даних, що охоплює:

- систематизацію даних;
- інтерпретацію телеметричної інформації;
- геопросторову прив'язку і геометричну корекцію результатів зйомки;
- дешифрування отриманих матеріалів;
- фотограмметричні вимірювання й обробка їх результатів в ГІС-програмах для БПЛА;

- комплексний аналіз даних попередніх обстежень, результатів виконаних робіт, знімків ДЗЗ у фірмовому програмному продукті для аналізу зображень з БПЛА з можливістю під'єднання до мережі користувачів;
- створення звітних матеріалів в різних форматах, зокрема оцифрування знімків в програмах AutoCAD, MicroStation V8i.

Комбінація різних технологій, наприклад, лазерне сканування, БПЛА та ГНСС, дозволяє досягати високої точності і деталізації під час вирішення інженерних завдань. Поєднання даних, отриманих з різних джерел, забезпечує комплексний підхід до аналізу і планування інженерних робіт.

Незважаючи на високу ефективність сучасних технологій, їх застосування супроводжується вирішенням низки проблемних питань, що включає технічні обмеження обладнання, складність обробки великих обсягів даних, вимоги щодо спеціалізованого програмного забезпечення, а також правові та регуляторні аспекти використання БПЛА й лазерного сканування.

Завдання до практичного заняття

1. Оцініть ефективність і можливості сучасних технологій геодезії (тахеометричне знімання, лазерне сканування, БПЛА, ГНСС технології), а також розгляньте проблемні аспекти їх застосування під час вирішення інженерних завдань.

2. Розробіть технологію проведення геодезичних робіт із застосуванням сучасних технологій для вирішення конкретного інженерного завдання.

Питання для самоконтролю

1. Порівняйте та проаналізуйте ефективність різних методів геодезичного моніторингу (тахеометрія, лазерне сканування, фотограмметрія) з точки зору точності, вартості та швидкості отримання даних. За яких умов доцільно застосовувати кожен із них?

2. Розкрийте алгоритм обробки даних, отриманих за допомогою лазерного сканування – від початкового збору хмари точок до створення кінцевої 3D-моделі. Які програмні інструменти використовуються на кожному етапі?

3. Оцініть вплив точності геопросторової прив'язки даних, отриманих із БПЛА, на якість кінцевих результатів дистанційної діагностики лінійних об'єктів.

4. Проаналізуйте правові та регуляторні аспекти використання БПЛА в інженерній геодезії. Які обмеження існують щодо висоти польотів, зон використання та отримання дозволів?

5. Якими є переваги та недоліки використання комбінованих методів геомоніторингу порівняно з традиційними методами. Які фактори потрібно враховувати під час вибору оптимального методу?

6. Як інтеграція даних, отриманих із різних джерел (лазерне сканування, БПЛА, ГНСС), дозволяє підвищити точність та деталізацію інженерно-геодезичних робіт?

7. Чи є економічно ефективним застосування сучасних технологій в інженерній геодезії?

8. Які функції ГІС є найбільш корисними для інженерів-геодезистів?

9. Як технології лазерного сканування та БПЛА можуть бути використані для моніторингу деформацій складних інженерних споруд, наприклад мости або тунелі?

10. Який алгоритм дій застосовують для оновлення інженерно-топографічних планів із використанням даних, отриманих за допомогою БПЛА?

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 7

ДОСЛІДЖЕННЯ СУЧАСНИХ ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ ОБРОБКИ РЕЗУЛЬТАТІВ ІНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧНИХ ВИШУКУВАНЬ

Теоретична частина

На сьогодні через велику кількість просторової інформації, яку необхідно обробляти спеціалістам галузі геодезії, не можна обійтися без програмного забезпечення. З огляду на це існують як вітчизняні зразки програмного забезпечення, так і іноземні, які використовуються українськими спеціалістами.

Серед найпоширеніших зразків українського програмного забезпечення виокремлюють Digital – програмне забезпечення для створення топографічних карт і планів, обробки геодезичних вимірів та побудови геодезичних мереж. Використовується для збору, обробки та аналізу даних геодезичних приладів, створення планів, карт, розрахунку координат та визначення площ. Найбільшого поширення це програмне забезпечення набуло для цілей землеустрою, для чого воно й проєктувалося. З наукової точки зору Digital використовується для аналізу та моделювання просторових даних, перевірки точності вимірювань, для дослідження просторових даних в геодезії та землеустрої.

До найпопулярніших програмних продуктів обробки інженерно-геодезичних вишукувань на теренах нашої держави належать:

- SciPy – бібліотека для Python, що забезпечує числові обчислення, зокрема для обробки геодезичних даних. SciPy використовується для наукових обчислень, включаючи математичні моделі, аналіз геодезичних вимірювань, інтерполяцію та статистичну обробку даних. За допомогою цього програмного забезпечення можна виконувати обчислення геодезичних завдань (наприклад, для визначення координат точок), інтерполяцію та обробку просторових даних, розв’язання геометричних задач у наукових дослідженнях.

- JAG3D – відкрите програмне забезпечення для врівноваження геодезичних мереж та аналізу вимірювань, зокрема для коригування координат та побудови 3D-моделей. Застосовується для коригування та оптимізації вимірювань у геодезичних мережах, аналізу точності та порівняння результатів. Програмне забезпечення використовується для обробки даних у наукових дослідженнях щодо точності геодезичних вимірювань, побудови і коригування 3D-моделей;

- Cyclone 3DR – програмне забезпечення для обробки та аналізу хмар точок, отриманих через лазерне сканування. Використовується для обробки даних лазерного сканування, аналізу 3D-хмар точок, створення моделей для інженерії та геодезії. Використовується з метою обробки результатів лазерного сканування для картографування, створення 3D-моделей, моделювання геодезичних мереж, аналізу точкових хмар. Можна використовувати з метою наукового аналізу моделювання територій, аналізу об'єктів для створення цифрових двовимірних та тривимірних моделей;
- CloudCompare – відкрите програмне забезпечення для обробки 3D-хмар точок, що широко використовується в геодезії, картографії та суміжних сферах. Застосовується для візуалізації, аналізу та порівняння 3D-хмар точок, а також для вимірювання відстаней між точками в хмарах. Можна виконувати обробку та аналіз хмар точок для створення 3D-моделей, моніторингу геодезичних об'єктів. Використовується для наукових досліджень, зокрема моніторингу змін на ландшафті, аналізу точних даних лазерного сканування;
- Pix4D – програмне забезпечення, яке дозволяє будувати 3D-карти та моделі на підставі даних, отриманих із дронів. Програмне забезпечення базується на алгоритмах фотограмметрії та комп'ютерного зору;
- ArcGIS Pro – потужна платформа для аналізу та візуалізації геопросторових даних, що забезпечує інтеграцію з іншими програмними засобами та приладами. Використовується для створення карт, аналізу просторових даних, а також для моделювання та прогнозування на підставі геопросторової інформації, для наукових досліджень на базі просторового аналізу, картографування, прогнозування геодезичних та екологічних змін;
- QGIS – безкоштовна та відкрита геоінформаційна система (ГІС), яка надає інструменти для створення, редагування, візуалізації та аналізу геопросторових даних. QGIS використовується для створення та редагування карт, аналізу просторових даних, моделювання територій та прогнозування на підставі геопросторової інформації. Програму, загалом, використовують для таких завдань: геопросторовий аналіз, створення та редагування карт, моделювання територій, просторові дослідження для наукових та практичних цілей, підготовка картографічної продукції для друку та публікації. Цю програму можна використовуватися в наукових дослідженнях для просторового аналізу, картографування, моделювання екологічних процесів та прогнозування змін у

навколишньому середовищі завдяки поєднанню з іншими ГІС-платформами та інструментами;

– AutoCAD Civil 3D – спеціалізоване програмне забезпечення для проєктування та документації в галузі цивільного будівництва, яке підтримує імпорту та обробку геодезичних даних. Використовується для проєктування інженерних систем, наприклад дороги, мережі водопостачання, а також для обробки геодезичних даних; для наукових розробок у галузі інженерії, аналізу геодезичних даних та проєктування на підставі отриманих вимірювань.

Кожне програмне забезпечення доцільно застосовувати саме для тих цілей, для яких воно було створене, з урахуванням можливостей та визначених завдань.

Використання хмарних технологій дозволяє здійснювати обробку та зберігання геоданих онлайн, що забезпечує доступ до даних з будь-якої точки світу та полегшує спільну роботу над проєктами. Хмарні сервіси, зокрема Google Earth Engine, ArcGIS Online, дозволяють швидко обробляти великі обсяги даних, забезпечують надійне зберігання та можливість масштабування ресурсів.

Розгляд реальних прикладів застосування програмних засобів для обробки геоданих дозволяє краще зрозуміти їх можливості та ефективність. Практичні кейси можуть включати обробку даних лазерного сканування, аерофотозйомки, створення тривимірних моделей місцевості, моніторинг змінювання ландшафту та інші інженерно-геодезичні завдання.

Порівняння різних програмних рішень дозволяє визначити їх переваги та недоліки, що включає аналіз вартості, функціональності, зручності використання, сумісності з іншими програмними продуктами, технічної підтримки та інших аспектів. Важливо також враховувати специфічні вимоги щодо програмного забезпечення в контексті конкретних завдань та умов експлуатації.

Завдання до практичного заняття

1. Виконайте порівняльний аналіз програмних продуктів для обробки геодезичних вимірювань за обраним напрямом, визначте переваги та недоліки обраних програмних продуктів.

2. Запропонуйте варіанти застосування обраних програмних продуктів для вирішення конкретної практичного або наукового завдання.

Питання для самоконтролю

1. Які основні функціональні можливості мають вітчизняні програмні продукти для обробки результатів геодезичних вишукувань?
2. Які переваги та обмеження мають вітчизняні програмні засоби порівняно з іноземними аналогами?
3. Які іноземні програмні продукти для обробки геоданих ви знаєте?
4. Які основні переваги використання іноземних програмних продуктів для обробки геоданих?
5. Які переваги та обмеження для обробки геоданих мають хмарні технології?
5. Які хмарні сервіси використовуються для обробки геоданих?
6. Наведіть приклади використання хмарних технологій для вирішення інженерно-геодезичних завдань.
7. Як комбіноване використання різних програмних продуктів може підвищити ефективність обробки геоданих?
8. Які технічні вимоги до програмного забезпечення для обробки геоданих слід враховувати при виборі продукту?
9. Які рекомендації ви можете надати щодо вибору програмного забезпечення для обробки результатів інженерно-геодезичних вишукувань?

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 8

ЗАСАДИ ВИКОРИСТАННЯ ТА ОБРОБКИ ХМАРИ ТОЧОК

Теоретична частина

Лазерне сканування є потужним методом збору тривимірних даних щодо об'єктів та місцевості, що дозволяє отримувати точні та детальні хмари точок.

Після проведення лазерного сканування отримують хмари точок – набори координат у тривимірному просторі, які відображають геометрію сканованих об'єктів. Хмари точок використовуються для створення 3D-моделей, цифрових моделей рельєфу та інших геопросторових продуктів. Ці дані зберігаються в різних форматах, серед яких найбільш поширеними є такі:

- .rcp (ReCap Project) – використовується в програмному забезпеченні Autodesk ReCap для обробки та візуалізації хмар точок;
- .ptx (Leica Cyclone) – формат, що підтримується програмами Leica Cyclone для обробки даних лазерного сканування;
- .e57 – універсальний формат, який підтримується багатьма програмами для обробки хмар точок, забезпечуючи сумісність між різними системами;
- .las – формат, що використовується для зберігання даних лазерного сканування, зокрема в геоінформаційних системах.

Це найпоширеніші формати, але їх існує набагато більше.

Обробка хмари точок включає кілька етапів:

- реєстрація – об'єднання окремих сканувань в єдину хмару точок;
- фільтрація – видалення шумів та зайвих точок для поліпшення якості даних;
- класифікація – розподіл точок на різні категорії (наприклад, земля, рослинність, будівлі) для подальшого аналізу;
- моделювання: створення 3D-моделей на підставі обробленої хмари точок.

Для цілей обробки використовують різні програмні засоби, зокрема Autodesk ReCap, Leica, Pix4D та інші.

Також в обробці хмари точок застосовується штучний інтелект (ШІ). Він дозволяє автоматизувати та поліпшити процеси класифікації, сегментації й аналізу даних. Алгоритми машинного навчання можуть ефективно розпізнавати різні об'єкти та структури в хмарах точок, що значно зменшує використання часу та підвищує точність обробки. Наприклад, ШІ може автоматично ідентифікувати

будівлі, дороги, рослинність та інші елементи на підставі геометричних і текстурних характеристик точок.

Завдяки інтеграції ШІ в процес обробки хмар точок стало можливим більш ефективно та точно створення 3D-моделей, цифрових моделей рельєфу та інших геопросторових продуктів, що важливо для різних галузей, наприклад, будівництво, архітектура, геодезія та екологія.

Завдання до практичного заняття

1. Виконайте сканування об'єкта, проведіть повну камеральну обробку даних та побудуйте 3D-об'єкт.
2. Розробіть рекомендації щодо використання хмари точок для різних інженерно-геодезичних завдань на підставі проведених досліджень.

Питання для самоконтролю

1. Що таке хмара точок і як її отримують?
2. Які основні формати даних використовуються для зберігання хмар точок?
3. Які етапи включає обробка хмари точок?
4. Які методи фільтрації хмари точок вам відомі?
5. Що таке вирівнювання хмари точок і чому воно важливе?
6. Як класифікують точки в хмарі точок?
7. Які завдання щодо обробки хмари точок вирішують за допомогою штучного інтелекту?
8. Що таке цифрова модель поверхні (DEM) і як вона створюється?
9. Які проблеми можуть виникнути під час обробки хмари точок і як їх можна вирішити?
10. Які переваги надає використання хмарних технологій для обробки хмари точок?

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 9

ОСОБЛИВОСТІ ЗДІЙСНЕННЯ Й ОРГАНІЗАЦІЇ ГЕОДЕЗИЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ ТА МОНІТОРИНГОВИХ РОБІТ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ

Теоретична частина

В умовах збройної агресії Російської Федерації в Україні топографо-геодезичні роботи потребують особливої уваги до безпеки, дотримання обмежень та адаптації технологій, зокрема ГНСС.

Під час дії воєнного стану органи влади мають право встановлювати обмеження та заборони на проведення окремих видів робіт, включаючи топографо-геодезичні та інші види робіт, які можуть використовуватися для проведення військових операцій.

Згідно з п. 19 Закону України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо особливостей регулювання земельних відносин в умовах воєнного стану» від 12 травня 2022 року № 2247-ІХ, під час дії воєнного стану на відповідних територіях не підлягає обмеженню (крім комендантської години) виконання сертифікованим інженером-землевпорядником та/або сертифікованим інженером-геодезистом обстежувальних, вишукувальних, топографо-геодезичних робіт, у тому числі для складання документації із землеустрою, використання геодезичного обладнання (геодезичних ГНСС-приймачів, електронних тахеометрів, теодолітів), користування геодезичними та картографічними даними, відомостями про координати пунктів Державної геодезичної мережі, а також надання відомостей про координати поворотних точок меж об'єктів Державного земельного кадастру за умови надання сертифікованому інженеру-землевпоряднику та/або сертифікованому інженеру-геодезисту, який виконує такі роботи, органом Служби безпеки України спеціального дозволу на виконання топографо-геодезичних вишукувань під час дії воєнного стану, хоча із серпня 2023 р. втратив чинність Наказ Служби Безпеки України «Про затвердження Порядку видачі спеціальних дозволів на виконання топографо-геодезичних вишукувань під час дії воєнного стану, їх обліку та зберігання» від 23 червня 2022 р. №159, який регулював механізм видачі дозволів.

З 24 лютого 2022 року закрито повітряний простір України для цивільних користувачів повітряного простору, включаючи й безпілотні повітряні літальні апарати (БПЛА). Рішення щодо можливості використання повітряного простору безпілотними повітряними суднами в конкретній області ухвалює Генеральний штаб Збройних Сил України. Для можливості забезпечення належного використання безпілотних повітряних суден у сільському господарстві суб'єктам господарювання необхідно звернутися до відповідної обласної військової адміністрації на предмет можливості використання на конкретній території (у районі) безпілотних повітряних суден.

Організація геодезичних робіт в умовах війни є складним, а в більшості випадків і небезпечним завданням, оскільки бойові дії створюють низку перешкод для виконання таких робіт. До найістотніших особливостей можна віднести такі:

- безпека. Під час вишукувань персонал має дотримуватися всіх процедур і заходів безпеки. Геодезисти мають бути обладнані спеціальними захисними засобами та знати, як діяти в небезпечних ситуаціях. Крім того, навіть за умови проведення робіт не в зоні активних бойових дій, залишається безпека у вигляді вибухових засобів (мін, снарядів, вибухівки тощо), що несуть загрозу для життя геодезистів та ускладнюють проведення робіт;

- співпраця з військовими. У зоні бойових дій геодезисти можуть виконувати завдання разом із військовими підрозділами, що потребує застосування спеціальних підходів та усвідомлення їхніх потреб і вимог. Геодезисти мають співпрацювати з військовими та дотримуватися їхніх вимог і правил;

- обмежені ресурси. В умовах війни ресурси, зокрема інструменти, техніка та матеріали, обмежені, тому виконавці мають дбати про ощадливе та ефективне використання ресурсів і шукати альтернативні рішення;

- обмежений доступ. В умовах війни доступ до деяких територій може бути обмежений або заборонений, якщо не отримано спеціального дозволу, тому геодезисти мають дотримуватися всіх правил та обмежень стосовно доступу до певних територій;

- обмеження часу. В умовах війни час є важливим чинником, тому від геодезистів можуть вимагати виконання робіт у стислі терміни, що може вплинути на якість і точність робіт;

- потреба мобільності. Умови роботи під час воєнних дій вимагають від виконавців швидкої реакції та мобільності, що, своєю чергою, може впливати на їх продуктивність та результативність;

- ускладнення обробки даних. Під час воєнних дій можуть виникати труднощі з обробкою отриманих даних, тому геодезисти мають бути готові до роботи в таких умовах та забезпечувати надійність таких даних;

- конфіденційність. В умовах війни дані, отримані під час топографо-геодезичних робіт, є надзвичайно чутливою інформацією, тому геодезисти мають бути готові до забезпечення їх конфіденційності та виконання всіх вимог щодо збереження.

У воєнний час існують обмеження на використання ГНСС-систем через потенційні перешкоди або обмеження сигналу, особливо це стосується зон бойових дій або наближених до них територій. Тому важливо враховувати можливі збої в роботі ГНСС та використовувати додаткові методи й технології для забезпечення точності та надійності геодезичних вимірювань (наприклад, використання наземних референційних станцій, застосування методів постобробки даних, проведення робіт із застосуванням альтернативних приладів (електронних тахеометрів тощо). Під час повітряних тривог сигнал ГНСС може повністю або частково зникнути, через що геодезичні роботи доводиться ставити на паузу. На роботу будь-якої навігаційної системи впливає активність українських РЕБ – систем радіоелектронної боротьби, що блокують радіозв'язок ворога і перешкоджають точному наведенню російських ракет на українські цілі. Ці системи надзвичайно важливі для України, але неможливо передбачити, як саме і в який момент вони вплинуть на GNSS. Іноді це стається до або після тривоги, на окремих ділянках території.

На цей час в Порядку проведення обстеження прийнятих в експлуатацію об'єктів будівництва прямо не визначена необхідність проведення геодезичних робіт при обстеженні об'єктів, проте згідно з ДБН В.1.3-2:2010 Геодезичні роботи у будівництві із Зміною №1 під час будівництва, експлуатації та реконструкції будівель і споруд обов'язково проводиться супроводження робіт інженером-геодезистом.

Визначимо роль та місце інженерно-геодезичних робіт в процесі обстеження. Обстеження об'єкта, що проводиться в разі виявлення дефектів, пошкоджень і деформацій у процесі поточного огляду та технічного обслуговування об'єкта або прийняття рішення про подальшу експлуатацію (у тому числі відновлення шляхом капітального ремонту, реконструкції, реставрації) або демонтаж (ліквідація) у зв'язку з пошкодженням об'єкта внаслідок воєнних дій, проводиться за такими етапами:

- підготовка до проведення обстеження;
- попереднє та/або основне (детальне) обстеження;
- складення звіту про результати обстеження із рекомендаціями щодо подальшої експлуатації.

На всіх етапах обстеження є складові робіт, що можуть потребувати залучення сертифікованих інженерів-геодезистів:

- на етапі підготовки повинні бути вивчені проведені інженерно-геодезичні вишукування і матеріали виконавчої геодезичної документації;

- на етапі попереднього обстеження проводять вимірювання виявлених дефектів і пошкоджень та їх прив'язку до місцевості, також додатково фіксують їх у картографічних матеріалах (топографічні карти, плани, космічні знімки, знімки з БПЛА тощо);

- на етапі основного (детального) обстеження проводять вимірювання виявлених дефектів і пошкоджень та їх прив'язку до місцевості, виконання контрольних геодезичних інженерних вишукувань на земельній ділянці, також додатково фіксують результати вимірювання на картографічних матеріалах (топографічні карти, плани, космічні знімки, знімки з БПЛА тощо).

З листопада 2023 р. в Запорізькій області розпочався експериментальний проєкт щодо проведення обстеження знищених окремих категорій об'єктів нерухомого майна, зокрема із застосуванням інформаційних продуктів дистанційного зондування Землі згідно з Постановою Кабінету Міністрів України «Про реалізацію експериментального проєкту щодо проведення обстеження знищених окремих категорій об'єктів нерухомого майна, зокрема із застосуванням інформаційних продуктів дистанційного зондування Землі» від 27 жовтня 2023 р. № 1185. У цій Постанові інформаційні продукти дистанційного зондування Землі – оригінали (засвідчені копії) матеріалів аерозйомки, дистанційного зондування Землі різних знімальних систем або оброблені оригінали (засвідчені копії) матеріалів аерозйомки, дистанційного зондування

Землі (ДЗЗ) різних знімальних систем представлені у вигляді візуальних зображень, які повинні передаватися в електронному вигляді до Державного картографо-геодезичного фонду України.

Для вибору, створення та обробки даних дистанційного зондування Землі (необхідний формат, просторове розрізнення, напрям зйомки, відомості про дату, час зйомки з точністю до хвилини (у разі наявності) та про геолокацію даних об'єкта (п. 15 Постанови Кабінету Міністрів України «Про реалізацію експериментального проекту щодо проведення обстеження знищених окремих категорій об'єктів нерухомого майна, зокрема із застосуванням інформаційних продуктів дистанційного зондування Землі»)) та підготовки їх до передачі до Державного картографо-геодезичного фонду України (формування переліку метаданих про дані дистанційного зондування Землі (додаток 2 Постанови Кабінету Міністрів України «Деякі питання функціонування Державного картографо-геодезичного фонду України» від 19 січня 2024 р. № 67)) також необхідно залучати фахівців з геодезії, картографії та ДЗЗ.

Завдання до практичного завдання

1. Виконайте геодезичні вимірювання на заданій території, використовуючи сучасні технології (ГНСС, лазерне сканування, тахеометричне знімання) з дотриманням заходів безпеки та рекомендацій щодо поведінки в умовах воєнного стану.

2. Проаналізуйте геодезичні засоби та методи, які застосовуються для збору точних геопросторових даних про пошкоджені об'єкти.

3. Розробіть рекомендації щодо організації геодезичного моніторингу пошкоджених об'єктів та оцінювання збитків.

Питання для самоконтролю

1. Які специфічні умови виникають при виконанні геодезичних робіт в умовах воєнного стану?

2. Які безпекові питання необхідно враховувати при проведенні геодезичних вимірювань в умовах воєнного стану?

3. Які обмеження можуть виникати при використанні ГНСС технологій в умовах воєнного стану?

4. Які методи можуть бути використані для підвищення точності та надійності ГНСС вимірювань в умовах воєнного стану?
5. Які нові види геодезичних робіт виникають в умовах воєнного стану?
6. Які сучасні технології можуть бути використані для моніторингу пошкоджених об'єктів в умовах воєнного стану?
7. Як планувати геодезичні роботи в умовах воєнного стану, враховуючи поточну військову ситуацію та можливі загрози?
8. Які заходи безпеки необхідно враховувати при виконанні геодезичних вимірювань в умовах воєнного стану?
9. Які методи дистанційного зондування можуть бути використані для оцінки стану пошкоджених об'єктів?
10. Як аналізувати результати геодезичних робіт в умовах воєнного стану та виявляти можливі проблеми?

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 10

ОГЛЯД КЛАСИФІКАТОРІВ ТА ВИМОГ ДО ДАНИХ ПРО ГЕОПРОСТОРОВІ ОБ'ЄКТИ, МІЖНАРОДНА СТАНДАРТИЗАЦІЯ ГЕОПРОСТОРОВИХ ДАНИХ

Теоретична частина

Розглянемо наукові аспекти впровадження міжнародних стандартів ISO та INSPIRE в Україні, зокрема формування методик упровадження стандартів, вимоги до масштабів та систем координат, формати збереження геопросторових даних та звітні документи.

14 березня 2007 року була прийнята Директива Європейського Парламенту і Ради 2007/2/ ЄС «Про створення Інфраструктури просторової інформації у Європейському Співтоваристві (INSPIRE)». Метою Директиви є встановлення загальних правил, спрямованих на створення Інфраструктури просторової інформації у Європейському Співтоваристві для цілей реалізації екологічних політик Співтовариства та політик або видів діяльності, які можуть мати вплив на довкілля.

Принципи INSPIRE:

- дані повинні збиратися тільки один раз і зберігатись там, де їх можна обслуговувати найбільш ефективно;
- має бути можливість поєднувати однорідну просторову інформацію з різних європейських джерел та обмінюватись нею з багатьма користувачами та додатками;
- має бути можливість обміну інформацією, зібраною на одному рівні / і одному масштабі з усіма рівнями / масштабами;
- геопросторова інформація, необхідна для ефективного управління територіями, має бути готовою, прозорою та доступною;
- необхідна легкість визначення того, яка геопросторова інформація є доступною, як її можна використовувати відповідно до потреб та за яких умов її можна завантажити й використати.

Директива INSPIRE включає такі розділи: загальні положення; метадані; операційна сумісність наборів і сервісів просторових даних; мережеві сервіси; спільне користування даними; координація та додаткові заходи; прикінцеві положення; додатки «Тематичні групи просторових даних».

Стандартизація в національних інфраструктурах геопросторових даних практично всіх країн ґрунтується на комплексі міжнародних стандартів ISO 19100 Географічна інформація / геоматика, що розробляються Технічним комітетом ISO/TC211, та на специфікаціях Відкритого геопросторового консорціуму (Open Geospatial Consortium – OGC). Ця провідна роль міжнародних організацій обумовлює важливість тісної співпраці і взаємодії міжнародних і національних організацій зі стандартизації.

Стандарти ISO 19100 визначають методи, засоби та сервіси керування географічною інформацією, зокрема моделювання, створення та передавання геопросторових даних у цифровому вигляді між різними користувачами і системами.

В комплексі стандартів ISO 19100 за призначенням та спільністю тематики можна виділити шість основних груп:

- інфраструктурні стандарти – встановлюють концептуальні основи, загальні вимоги і правила, які застосовують до всіх складників комплексу ISO 19100. Вони визначають інфраструктуру для розвитку стандартів і для розроблення прикладних схем та профілів;
- стандарти моделювання даних – ця група стандартів ґрунтується на еталонній моделі предметної сфери з ISO 19101. Вона подається сукупністю абстрактних концептуальних схем для опису основних компонентів просторових об'єктів як елементів географічної інформації;
- стандарти на метадані та адміністрування даних – ця група стандартів також оснований на еталонній доменній моделі з ISO 19101. Але на відміну від стандартів моделювання даних, що сфокусовані на просторових об'єктах та їх характеристиках, ці стандарти зорієнтовані на опис наборів даних, що містять інформацію про один або (набагато частіше) про множину екземплярів просторових об'єктів;
- стандарти на геоінформаційні сервіси – визначають специфікації сервісів географічної інформації різного призначення та схеми доступу до геопросторових даних мережі «Інтернет». Предметно стандарти охоплюють сферу вебкартографування, веб-ГІС та Геопорталобудування;
- стандарти кодування географічної інформації – за еталонною моделлю архітектури із ISO 19101. Стандарти кодування потрібні для підтримання ефективного обміну геопросторовими даними і метаданими між системами та

послідовно визначають принципи й схеми використання мови XML для кодування геоінформаційних ресурсів різного призначення;

- стандарти для тематичних сфер та функціональні стандарти – розроблення стандартів для підтримання специфічних тематичних сфер. До однієї з таких сфер належить отримання й опрацювання аерофото- та космічних матеріалів (зображень), а їхнє унормування розглядається в стандартах, уже згаданих у відповідних групах, ISO/TS 19101-2 «Еталона модель – Зображення та ISO 19115-2 Метадані – Частина 2: Розширення для зображень та сіткових даних. Інші тематичні сфери, для яких ведеться розроблення стандартів: класифікація об'єктів землекористування, земельний кадастр і системи адресації.

У 2009 році було гармонізовано базовий стандарт ДСТУ ISO 19101:2009. Еталонна модель. Цей стандарт встановлює загальні вимоги та принципи розроблення та використання стандартів у сфері географічної інформації. Еталонна модель, як і інші стандарти серії ISO 19100, забезпечує інтеграцію геоінформаційних систем з інформаційними технологіями. Він встановлює загальні вимоги та принципи розроблення й використання стандартів у сфері географічної інформації.

У 2018 році в Україні був розроблений національний стандарт України ДСТУ 8774:2018 Географічна інформація. Правила моделювання геопросторових даних – український профіль стандартів ISO 19100, який включає необхідні положення з основних стандартів ISO 19100. Отже, метою цього стандарту є встановлення загальних правил моделювання геопросторових даних та створення на цій основі геопросторових даних щодо основних умов для досягнення інтероперабельності геопросторових даних, що створюються та постачаються різними виробниками в середовищі НІГД. Цей стандарт включає:

- загальні правила подання моделей з використанням UML (за ISO 19103:2015 Conceptual schema language);
- правила для прикладних схем (за ISO 19109:2015 Rules for application schema);
- просторові схеми (за ISO 19107:2003 Spatial schema);
- часові схеми (за ISO 19108:2002 Temporal schema);
- схеми для геометрії та функцій покриття (за ISO 19123:2005 Schema for coverage geometry and functions);
- каталоги геопросторових об'єктів (за ISO 19110:2016 Methodology for feature cataloguing);

- просторова прив'язка за географічними ідентифікаторами (за ISO 19112:2003 Spatial referencing by geographic identifiers);
- кодування та обмін даними (за ISO 19118:2011 Encoding).

Згідно з міжнародним стандартом якості геопросторових даних подається із використанням кількісних та описових елементів якості.

Описові елементи якості даних надають загальну не кількісну інформацію про якість. Вони дозволяють додатково оцінити придатність набору даних для конкретного застосування.

Кількісні елементи якості геопросторових даних дають змогу оцінити, якою мірою той чи інший набір даних відповідає критеріям, вказаним у специфікації даних-продукту. До кількісних елементів належать: повнота даних, логічна узгодженість, позиційна точність, тематична точність, часова точність і застосовність даних.

Масштаби та системи координат є важливими аспектами геопросторових даних. Масштаб визначає рівень деталізації даних, а система координат визначає спосіб представлення географічного положення об'єктів. Вимоги до цих аспектів включають відповідність даних до встановлених стандартів та їх узгодженість з іншими наборами даних.

На сьогодні в Україні діють два класифікатори для представлення топографічної інформації: Класифікатор (специфікація) топографічної інформації, яка відображається на топографічних картах у масштабі 1 : 10 000, 1 : 25 000, 1 : 50 000, 1 : 100 000, 1 : 200 000, 1 : 500 000, 1 : 1 000 000 та Класифікатор (специфікація) топографічної інформації, яка відображається на топографічних планах у масштабі 1 : 5 000, 1 : 2 000, 1 : 1 000, 1 : 500.

Завдання до практичного заняття

1. Проаналізуйте один із міжнародних стандартів для геопросторових даних та визначте його вимоги та застосування на практиці.

2. Визначте процедури, методи та процес оцінювання якості геопросторових даних.

Питання для самоконтролю

1. Що таке класифікатори геопросторових даних та для чого вони використовуються?
2. Перелічіть основні міжнародні стандарти для геопросторових даних.
3. Які вимоги визначають стандарти ISO 19115 та INSPIRE?
4. Якою є роль масштабів та систем координат у геопросторових даних?
5. Які основні формати збереження геопросторових даних ви знаєте?
6. Як обирається відповідний формат збереження геопросторових даних для конкретного проєкту?
7. Що включають звітні документи про геопросторові дані?
8. Як забезпечується сумісність геопросторових даних між різними країнами та організаціями?
9. Які методи використовуються для забезпечення якості геопросторових даних?
10. Як міжнародні стандарти впливають на процеси збору, обробки та зберігання геопросторових даних?

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 11

РОБОТА З ДЕРЖАВНИМИ СИСТЕМАМИ ЗБЕРІГАННЯ ТА РЕЄСТРАЦІЇ РЕЗУЛЬТАТІВ ТОПОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБІТ

Теоретична частина

В Україні технології зберігання та оформлення просторової інформації зорієнтовані на державні та приватні потреби, зокрема в таких галузях, як геодезія, картографія, землеустрій, містобудування та управління земельними ресурсами. Основними джерелами зберігання просторових даних є державні інформаційні системи. Наприклад, Державний земельний кадастр (ДЗК) використовується для обліку земельних ділянок, де застосовуються геопросторові бази даних на основі PostGIS. Він також забезпечує публічний доступ через портал map.land.gov.ua. Іншою важливою платформою є Національна інфраструктура геопросторових даних (НІГД), розроблена для інтеграції й обміну геопросторовою інформацією між державними органами та відповідає стандартам INSPIRE Європейського Союзу.

Серед місцевих систем важливе місце займають геоінформаційні системи містобудівного кадастру, які створюються у великих містах і регіонах для управління територіями. Одним із прикладів є Київська ГІС, побудована на платформі Esri ArcGIS. З точки зору технологій, в Україні поширені такі бази даних, як PostGIS, яка є розширенням PostgreSQL для роботи з просторовими даними, і QGIS – відкритий програмний продукт, який активно використовується через його доступність і багатофункціональність. У великих державних і комерційних проєктах застосовуються Esri ArcGIS, Oracle Spatial and Graph, а також спеціалізовані програмні рішення, такі як MapInfo, AutoCAD Civil 3D і Bentley MicroStation.

Для зберігання великих обсягів даних використовуються хмарні сервіси, серед яких AWS, Google Cloud і ArcGIS Online. Державні геопортали, як-от: «Кадастрова карта», «Екомережа України» та «Відкриті дані України», надають можливість обміну просторовою інформацією та забезпечують її доступність для користувачів.

Важливим аспектом є документування метаданих, які забезпечують опис джерел даних, точності та системи координат. Картографічні матеріали оформлюються із використанням стандартних символів, кольорів і шрифтів, а

звіти формуються у форматах PDF, Excel або Word. Усі картографічні матеріали повинні бути приведені до єдиної системи координат УСК-2000. Процес трансформування вивчався на практичному занятті № 4.

Матеріали геодезичних робіт можуть бути як офіційні, так і неофіційні. Офіційні топографо-геодезичні матеріали – це документи, створені відповідно до вимог законодавства та державних стандартів, які підлягають реєстрації. Неофіційні топографо-геодезичні матеріали створюються приватними особами або організаціями без попереднього затвердження державними органами для особистого використання.

Офіційні результати робіт повинні бути зареєстровані та передані до Державного картографо-геодезичного фонду України (Держкартгеофонд) відповідно до Постанови Кабінету Міністрів України «Деякі питання функціонування Державного картографо-геодезичного фонду України» від 19 січня 2024 р. № 67.

Держкартгеофонд формується на підставі топографо-геодезичних і картографічних матеріалів в електронній (цифровій) формі, отриманих у результаті проведення загальнодержавних топографо-геодезичних і картографічних робіт, а також спеціальних топографо-геодезичних і картографічних робіт, результати яких мають міжвідомче значення, та матеріалів і даних дистанційного зондування Землі.

Юридичні та фізичні особи, які є виконавцями топографо-геодезичних і картографічних робіт, зобов'язані безоплатно передавати до Держкартгеофонду один примірник копій створених ними матеріалів і даних в електронній (цифровій) формі через електронний кабінет на національному геопорталі національної інфраструктури геопросторових даних.

Матеріали, які надійшли до Держкартгеофонду в електронній (цифровій) формі, підлягають обліку в геоінформаційній системі Держкартгеофонду в складі національної інфраструктури геопросторових даних.

Адміністратор Держкартгеофонду надає копії матеріалів Держкартгеофонду, створені за кошти державного, місцевого бюджетів, за запитами органів державної влади та органів місцевого самоврядування безоплатно, крім витрат на їх надсилання, за умови некомерційного використання таких матеріалів. Надання копій матеріалів Держкартгеофонду юридичним і фізичним особам здійснюється з урахуванням витрат на послуги та

оплату надсилання копій матеріалів з дотриманням умов їх використання, визначених розробником / замовником таких матеріалів.

Під час надходження даних до Держkartгеофонду виконується автоматизована перевірка (валідація) топографо-геодезичних матеріалів та даних, метою якої є встановлення відповідності наданого електронного документа, що містить відомості про результати топографо-геодезичних і картографічних робіт в електронній (цифровій) формі, вимогам до змісту, структури і технічних характеристик щодо розроблення такого документа.

Етапи та базові правила, за якими проводиться валідація матеріалів, що передаються до Держkartгеофонду, включають:

- перевірку метаданих – правильність зазначених даних, інформації про референційну систему координат, просторове розрізнення, тематичну категорію ресурсу, коректність вказаних дат, найменування файлів;
- перевірку геопросторових даних – коректність розташування об'єктів, топологічної узгодженості та розмірів об'єктів (мінімальної площі, довжини); замикання лінійних об'єктів; напрям об'єктів; кількість дублюючих об'єктів; самоперетин об'єктів;
- перевірку семантичних даних – відповідність доменної узгодженості, повноти даних (наявність обов'язкових характеристик), відсутність / наявність неприпустимих характеристик, коректність значень показників.

Результати топографо-геодезичної і картографічної діяльності подаються у вигляді таких файлів:

- результати топографо-геодезичної і картографічної діяльності, що створені у вигляді наборів геопросторових даних, – у вигляді бази даних GeoPackage GPKG/Geodatabase (GDB) та/або стандартизованого обмінного файлу GEOJSON/GML;
- графічні матеріали, які можуть бути відображені у векторній формі, створюються у векторній формі з можливістю пошарового перегляду;
- текстові та табличні матеріали, які створені в паперовій формі, містять підписи та/або засвідчені печаткою, зберігаються як скановані файли у форматі PDF і відповідають таким вимогам: повнокольорові; роздільна здатність становить не менше 300 точок на дюйм; матеріали зберігаються в окремих файлах у машиночитаному форматі; усі шрифти, що використовуються, вбудовані у файл; файли текстових документів мають структуровану форму,

зміст і посилання, що пов'язані з елементами структури, та забезпечують копіювання тексту; якість матеріалів забезпечує розбірливе читання їх змісту.

Пакети файлів створюються у форматі ZIP.

Для забезпечення цілісності структури бази топографічних даних виконавці будують структуру обмінного файлу згідно з Класифікатором (специфікацією) топографічної інформації, яка відображається на топографічних картах у масштабі 1 : 10 000, 1 : 25 000, 1 : 50 000, 1 : 100 000, 1 : 200 000, 1 : 500 000, 1 : 1 000 000, та Класифікатором (специфікацією) топографічної інформації, яка відображається на топографічних планах у масштабі 1 : 5 000, 1 : 2 000, 1 : 1 000, 1 : 500 відповідно до масштабів виконаних робіт.

Створення електронного документа у вигляді пакета файлів завершується накладенням кваліфікованого електронного підпису сертифікованого інженера-геодезиста, який є відповідальним за якість результатів топографо-геодезичних і картографічних робіт.

Удосконалення науки в галузі зберігання та обробки просторової інформації в Україні потребує інтеграції сучасних технологій: штучний інтелект та машинне навчання, для автоматизації процесів обробки та аналізу геопросторових даних. Варто розвивати національні та місцеві платформи з урахуванням міжнародних стандартів, забезпечуючи їх поєднання з новітніми хмарними технологіями для ефективного обміну даними. Крім того, особливу увагу потрібно приділити вдосконаленню метаданих і процесів валідації, щоб забезпечити високу точність і актуальність даних, а також розвитку навчальних програм і технічної підготовки спеціалістів для роботи з сучасними геоінформаційними системами.

Завдання до практичного заняття

1. Виконайте трансформацію даних із системи координат СК63 до УСК-2000. Перевірте точність перетворення та сумісність даних з іншими наборами даних.

2. Підготуйте комплект геодезичних даних для їх передачі до Державного картографо-геодезичного фонду. Оформіть їх відповідно до встановлених вимог.

Питання для самоконтролю

1. Що включає процес зберігання та оформлення геодезичних даних?
2. Перелічіть основні аспекти цифрової трансформації систем координат.
3. Що таке УСК 2000 і чому важливо привести дані до цієї системи координат?
4. Якою є роль Державного картографо-геодезичного фонду у зберіганні та обміні геопросторовою інформацією?
5. У чому полягає відмінність офіційних і неофіційних топографо-геодезичних матеріалів?
6. Як виконується реєстрація геодезичних даних у державних реєстрах?
7. Що таке валідація геодезичних матеріалів і чому вона важлива?
8. Перелічіть основні вимоги щодо оформлення геодезичних даних для їх передачі до Державного картографо-геодезичного фонду?
9. Які методи використовуються для перевірки точності цифрової трансформації систем координат?
10. Як забезпечується безпека зберігання геодезичних даних та їх захист від несанкціонованого доступу?

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 12

СУЧАСНІ МЕТОДИ ГЕОДЕЗИЧНИХ ТА КАРТОМЕТРИЧНИХ ОБЧИСЛЕНЬ В ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ

Теоретична частина

Найсучаснішим інструментом роботи з просторовими даними став штучний інтелект, методи застосування якого поступово розвиваються, а саме:

- створення та аналіз цифрових карт. ШІ може автоматизувати процеси створення карт, зокрема шляхом обробки супутникових та аерофотознімків для виявлення та класифікації об'єктів на місцевості. Наприклад, компанія Esoria AI використовує ШІ для швидкого перетворення багатоканальних зображень високої роздільної здатності на векторні карти високої чіткості, що дозволяє ефективно наносити на карту великі території;

- візуалізація рельєфу місцевості. Цифрові моделі рельєфу (ЦМР) є основою для аналізу та візуалізації рельєфу місцевості. ШІ може поліпшувати точність та деталізацію ЦМР, а також автоматично виявляти та класифікувати різні елементи рельєфу, наприклад, гори, долини, річки тощо, що дозволяє створювати більш точні та інформативні моделі рельєфу для подальшого аналізу;

- інтеграція даних з різних джерел. ШІ може автоматизувати процес інтеграції даних з різних джерел, наприклад супутникові знімки, аерофотознімки, GPS-дані та інші геопросторові дані. Це дозволяє створювати більш повні та точні геопросторові бази даних, що є основою для ефективного аналізу та прийняття рішень. Наприклад, у військових ГІС важливою є можливість інтеграції даних із різних джерел для забезпечення оперативності та точності інформації;

- топологічна сумісність та розграфлення карт. ШІ може автоматизувати процеси перевірки та забезпечення топологічної сумісності карт, виявляючи та виправляючи помилки, наприклад, перетини ліній, розриви та інші топологічні спотворення, що забезпечує високу якість та точність картографічних даних;

- плагіни та інструменти для інтеграції ШІ в ГІС. Для інтеграції ШІ в ГІС існують спеціалізовані плагіни та інструменти. Наприклад, плагін Aino для QGIS оптимізований для просторового аналізу даних та допомагає автоматизувати процеси, інтегруючи ШІ в ГІС.

У разі відсутності актуальних картографічних даних рекомендовано використовувати відкриті джерела даних, проте необхідно дуже обережно та зважено ставитися до таких ресурсів. Під час застосування таких джерел виникають певні проблеми:

- існують випадки, коли не встановлено відповідальної особи, яка б гарантувала якість відкритих даних;
- детальність та точність топографічних карт і планів перевищує якість відкритих даних;
- відсутність обов'язкових атрибутивних даних, які необхідні для формування базових і тематичних геопросторових даних;
- після отримання відкритих даних у певних форматах, їх все одно необхідно перевіряти та доопрацьовувати відповідно до вимог інформаційних ресурсів громади й загальнодержавних реєстрів;
- відкриті джерела даних можуть мати певні технічні обмеження на отримання даних за запитом (кількість запитів, кількість об'єктів, площа території, обсяг пам'яті, формат даних тощо).

Завдяки приватним ініціативам великих компаній та волонтерським проектам на сьогодні створено потужні набори геопросторових даних та відповідні вебсервіси з деталізацією до будинків, вулиць, адрес тощо наприклад: Google Maps, Google Earth, Open Street Map.

Найпоширенішими відкритими даними, якими користуються в Україні, є такі:

- OpenStreetMap (OSM);
- Microsoft Open Buildings, Bing Map;
- ортофотокарти Google Map;
- ортофотокарти World Imagery by ESRI.

Розглянемо способи отримання даних з OpenStreetMap:

- використовуючи OpenStreetMap API завантажити необхідні дані з урахуванням умов запиту до бази геопросторових даних OSM: URL: <https://overpass-turbo.eu/>;
- завантажити всю базу даних OpenStreetMap під назвою Planet.osm та обробляти її локально: URL: <https://planet.openstreetmap.org/>;
- скористатися одним із дзеркальних сайтів OpenStreetMap, які упаковують дані в менші блоки і конвертують в інші формати даних. Наприклад,

дані щодо деяких українських міст можна отримати на сайті: URL: <https://download.geofabrik.de/europe/ukraine.html>;

- використати сервіс для отримання і візуалізації даних OSM за допомогою звичайного запитання до ChatGPT, на основі якого формується запит до бази геопросторових даних OpenStreetMap: URL: <https://osm-gpt.rohitgautam.com.np/>.

Особливості ресурсу та застереження:

- OSM використовує систему координат WGS84 та проєкцію UTM;
- на території України найбільше і найякісніше покриття даними дистанційного зондування Землі, які можуть бути використані без ліцензійних обмежень у роботі над OpenStreetMap, надає Bing, пошуковий сервіс від Microsoft, але на точність даних впливає якість сигналів GPS-трекерів, якість наявних ортофотопланів та космічних знімків.;

- щодо цього ресурсу було розроблено власний формат на основі XML для подання геопросторових даних у вигляді вузлів (окремі точки), ребер (послідовності точок, що утворюють лінію), області (замкнені ребра, що представляють полігони) та відношень (колекції інших елементів). Кожен елемент (вузол, ребро або відношення) може мати низку пов'язаних із ним тегів, які несуть додаткову інформацію про нього;

- потребує додаткового опрацювання атрибутивних даних та обов'язкової перевірки повноти й точності;

- може містити недійсні геопросторові дані про певні об'єкти на певну територію внаслідок актів вандалізму, проте спільнота OSM намагається такі дії відстежувати та активно бореться з цим явищем;

- тайл-сервер української спільноти подає державні кордони відповідно до законодавства України та міжнародно визначених меж, використовуючи дані OpenStreetMap.

В інфраструктурі геопросторових даних діє принцип «дані, які створено один раз в одному місці, використовуються багаторазово» різноманітними користувачами в середовищі різноманітних геоінформаційних систем.

Для досягнення сумісності геопросторових даних національної інфраструктури геопросторових даних виробництво і постачання наборів базових геопросторових даних повинно виконуватися з дотриманням Технічних вимог та методів забезпечення інтероперабельності і сумісності наборів геопросторових даних та геоінформаційних сервісів.

Сумісність геопросторових даних забезпечується шляхом дотримання єдиних вимог щодо:

- системи координат, в якій подаються координатні описи геопросторових об'єктів;
- подання координатних даних геопросторових об'єктів;
- подання описів просторових відношень і топологічної узгодженості геопросторових об'єктів;
- класифікації об'єктів базових і тематичних геопросторових даних з використанням каталогів (класифікаторів) об'єктів та їх атрибутів;
- способів подання адресних даних та географічних ідентифікаторів об'єктів;
- ідентифікації геопросторових об'єктів з використанням системи унікальних ідентифікаторів;
- форматів надання даних.

Ефективним методом дотримання цього принципу є використання баз даних, що не залежать від будь-яких ГІС, оскільки на сьогодні існує велика кількість програмних засобів для роботи з геопросторовими даними, які підтримують різноманітні формати даних. Геоінформаційні технології, що застосовуються як в органах державної влади, так і в органах місцевого самоврядування, обов'язково мають бути сумісними.

Топологія бази геопросторових даних є набором правил, які визначають просторові відношення одного або кількох класів просторових об'єктів.

Правила та обмеження координатно-топологічної узгодженості визначаються на рівні об'єкта, класу об'єктів та об'єктів різних класів.

Топологічні обмеження на рівні класу геопросторових об'єктів визначають правила (обмеження) топологічних відношень між об'єктами одного класу, наприклад, обмеження щодо накладання, спільної геометрії якщо об'єкти утворюють суцільне покриття тощо.

Правила топологічної узгодженості геопросторових об'єктів різних класів визначають як вимоги до узгодженості координат геометричних елементів, так і просторових відношень між об'єктами різних класів (містяться всередині, дотикаються, покриваються, утворюють мережу або покриття). Можливе також визначення топологічно-метричних обмежень (повинні міститися на певній відстані; повинні розміщуватися не ближче ніж ... тощо).

Топологічні обмеження на рівні об'єкта належать до специфічного виду доменного обмеження для типу даних *geometry*, що використовується для подання геопросторових даних в геоінформаційних системах та базах геопросторових даних.

Завдання до практичного заняття

1. Створіть БГД топографічної карти (плану).
2. Додайте інформацію з відкритих джерел, наприклад векторні шари (рельєф, вулиці, будівлі та інші геопросторові об'єкти) з OSM.
3. Інтегруйте в БГД дані з різних джерел, наприклад, аерофотознімки, космічні знімки, топографічні карти або плани.
4. Забезпечте топологічну сумісність БГД (розробіть топологічні правила та проведіть перевірку топологічної сумісності даних).

Питання для самоконтролю

1. Перелічіть основні функції програмного забезпечення ГІС для створення цифрових карт.
2. Що таке цифрова модель рельєфу (ЦМР) і як вона використовується для аналізу рельєфу місцевості?
3. Як інтеграція даних з різних джерел може поліпшити точність і повноту геоінформаційних продуктів?
4. Які недоліки мають виявити джерела геопросторових даних?
5. Які методи використовуються для забезпечення топологічної сумісності карт?
6. Як забезпечити правильне відображення просторових відносин між об'єктами на цифровій карті?
7. Як забезпечується сумісність геопросторових даних?
8. Які види даних можуть бути інтегровані в геоінформаційні системи?
9. Як провести перевірку топологічної сумісності карт?
10. Які можливості надає програмне забезпечення ГІС для аналізу та візуалізації рельєфу місцевості?

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 13

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ХМАРНИХ ОБЧИСЛЕНЬ ТА ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ГЕОДЕЗИЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ

Теоретична частина

Застосування хмарних обчислень та штучного інтелекту (ШІ) в геодезичних дослідженнях відкриває нові можливості для підвищення точності, ефективності та швидкості обробки геопросторових даних. Хмарні платформи дозволяють геодезістам зберігати та обробляти великі обсяги даних без необхідності в дорогому обладнанні, забезпечуючи доступ до потужних обчислювальних ресурсів та можливість швидкого масштабування залежно від потреб проєкту. Завдяки хмарним технологіям фахівці можуть отримати доступ до геодезичних даних та програмного забезпечення з будь-якої точки світу, що сприяє ефективному управлінню проєктами та співпраці між командами.

ШІ та машинне навчання дозволяють автоматизувати процеси обробки та аналізу геодезичних даних, підвищуючи точність та зменшуючи час, необхідний для отримання результатів. Наприклад, автоматична корекція помилок вимірювань за допомогою методів машинного навчання сприяє поліпшенню точності та надійності геодезичних даних. ШІ може використовуватися для прогнозування змін у геодезичних величинах на підставі історичних даних, що допомагає у плануванні та управлінні будівельними проєктами й інфраструктурою.

Поєднання хмарних обчислень та ШІ дозволяє створювати потужні платформи для обробки та аналізу геодезичних даних, відкриваючи нові можливості для розвитку галузі. Інновації в області ШІ та хмарних обчислень дозволяють отримувати додаткові вигоди із даних, які бізнес у будь-якому випадку збирає та зберігає. Відбувається постійне вдосконалення алгоритмів та методів обробки геодезичних даних, розвиток нових технологій для автоматизації процесів та інтеграції даних, а також поширення використання ШІ та машинного навчання в галузі геодезії.

ШІ та машинне навчання (МН) відіграють важливу роль в автоматизації процесів обробки геодезичних даних, забезпечуючи ефективне використання цих даних і полегшуючи прийняття рішень.

Методи та алгоритми штучного інтелекту та машинного навчання, які застосовуються в геодезії:

- класифікація об'єктів на зображеннях: методи класифікації, наприклад, згорткові нейронні мережі (CNN), що застосовуються для автоматичного розпізнавання об'єктів на аерофотознімках або супутникових зображеннях, що може включати виявлення будівель, доріг, річок тощо;

- сегментація зображень: методи сегментації, наприклад, сітки У-напрямлених зв'язків (U-Net), допомагають розділити зображення на різні класи або області, що дозволяє автоматично визначати контури об'єктів та їхні межі;

- обробка точок хмари даних: машинне навчання використовується для аналізу та обробки точок хмари даних, отриманих шляхом лазерного сканування території або 3D-моделювання ландшафту. Наприклад, алгоритми кластеризації можуть використовуватися для групування точок з подальшим визначенням їхніх характеристик;

- прогнозування деформацій: методи прогнозування, наприклад, рекурентні нейронні мережі (RNN) або Long Short-Term Memory (LSTM), використовуються для прогнозування геодезичних деформацій на підставі історичних даних про рух земної поверхні;

- обробка геопросторових даних: машинне навчання дозволяє комп'ютерам навчатися на даних та поліпшувати свою продуктивність без явного програмування. У контексті роботизованої геодезії алгоритми машинного навчання можуть використовуватися для обробки та аналізу великих обсягів геопросторових даних, наприклад, хмари точок, створені давачами LiDAR (Light Detection and Ranging), більш ефективно та точно, ніж традиційні методи;

- корекція помилок вимірювань: машинне навчання може бути використане для автоматичної корекції помилок вимірювань, що допомагає поліпшити точність геодезичних даних та уникнути систематичних помилок;

- оптимізація маршрутів та планування робіт: штучний інтелект може бути використаний для оптимізації маршрутів вимірювальних робіт або планування розміщення вимірювальних станцій, що допомагає зменшити час та витрати на збір геодезичних даних;

- аналіз геодезичних величин: МН може бути використане для аналізу великих обсягів геодезичних даних з метою виявлення закономірностей, трендів

та аномалій, що допомагає під час прийняття обґрунтованих рішень у плануванні та управлінні.

Виклики та перспективи розвитку автоматизації обробки геодезичних даних за допомогою штучного інтелекту та машинного навчання включають:

- точність та надійність: хоча штучний інтелект та машинне навчання можуть значно полегшити обробку геодезичних даних, важливо забезпечити високу точність та надійність результатів. Необхідно продовжувати розвивати алгоритми та методи, які забезпечать точність обробки даних при великій кількості вхідної інформації;

- обробка великих обсягів даних: з розвитком технологій збирання даних зростає і обсяг геодезичних даних. Важливо розробляти ефективні алгоритми та архітектури для обробки великих обсягів даних, щоб забезпечити швидку та ефективну роботу систем;

- інтерпретація та аналіз: одним із викликів є розроблення методів, які не лише обробляють дані, але й інтерпретують їх для виявлення важливих залежностей та трендів. Важливо розвивати методи аналізу геодезичних даних, які дозволять зробити об'єктивні висновки на їх основі;

- інтеграція даних: завдяки розвитку технологій Інтернету речей та додаткових джерел збирання даних все важливішою стає інтеграція різноманітних джерел геодезичних даних. Розробка стандартів та методів для ефективної інтеграції цих даних є важливим завданням;

- кадровий резерв: розвиток та впровадження автоматизації обробки геодезичних даних потребує висококваліфікованих фахівців, які володіють знаннями як у галузі геодезії, так і штучного інтелекту та машинного навчання. Необхідно розвивати кадровий резерв та забезпечувати відповідну освіту та підготовку;

- конфіденційність та безпека даних: збір, зберігання та обробка геодезичних даних потребують дотримання високих стандартів конфіденційності та безпеки. Важливо розвивати методи та технології для захисту цих даних від несанкціонованого доступу та використання.

Завдання до практичного заняття

1. Використовуючи одну з хмарних платформ (Google Cloud, AWS, Azure тощо), завантажте та обробіть геодезичні дані.
2. Проаналізуйте отримані результати і проаналізуйте переваги та недоліки використаної платформи.

Питання для самоконтролю

1. Що таке хмарні обчислення і які їх основні переваги для геодезичних досліджень?
2. Які можливості надають хмарні платформи для зберігання та обробки геодезичних даних?
3. Як хмарні обчислення сприяють підвищенню ефективності геодезичних досліджень?
4. Що таке штучний інтелект і як він може бути використаний у геодезії?
5. Які завдання можна вирішити за допомогою машинного навчання під час проведення геодезичних досліджень?
6. Як застосування штучного інтелекту може поліпшити точність обробки геодезичних даних?
7. Які основні методи машинного навчання використовуються для аналізу геодезичних даних?
8. Як інтеграція хмарних обчислень та штучного інтелекту може вплинути на майбутнє геодезичних досліджень?
9. Наведіть приклади використання глибокого навчання у геодезії.
10. Які обмеження та виклики виникають у разі застосування хмарних обчислень та штучного інтелекту у геодезичних дослідженнях?

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 14

ЗАСТОСОВУВАННЯ МЕТОДІВ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ У ГЕОДЕЗІЇ

Теоретична частина

Наукові дослідження в галузі геодезії мають такі самі кроки, як і в будь-якій іншій галузі.

Формулюючи суть будь-якого поняття, доцільно, насамперед, визначитись із термінологією. Досліджувати – піддавати що-небудь ретельному науковому розгляду з метою пізнання, вияснення чогось. Мета наукового дослідження – визначити конкретний об’єкт і всебічно вивчити його структуру, характеристики, зв’язки на основі розроблених у науці принципів і методів пізнання, а також отримання корисних для діяльності людини результатів, упровадження у виробництво з метою отримання подальшого ефекту. Будь-яке наукове дослідження проводиться для того, щоб подолати певні труднощі у процесі пізнання нових явищ, пояснити раніше невідомі факти або встановити неадекватність попередніх способів пояснення вже відомих фактів.

Зазвичай дослідження проводять у три етапи.

Перший етап включає:

- вибір наукової проблеми і теми;
- визначення об’єкта і предмета дослідження, мети й основних завдань;
- розроблення гіпотези дослідження.

Другий етап містить:

- вибір методів і розроблення методики проведення дослідження;
- стандартні і спеціальні процедури наукового дослідження;
- формулювання попередніх висновків, їх експертиза та уточнення;
- обґрунтування заключних висновків і практичних рекомендацій.

Завершальний, третій етап, базується на впровадженні отриманих результатів у практику.

Пропонуємо ознайомитися з переліком виконаних дисертаційних робіт зі спеціальності 193 – Геодезія та землеустрій на здобуття доктора філософії і врахувати їх зміст під час виконання власних робіт:

1. Галочкін Максим Костянтинович: «Теоретичні засади та методика гідрологічного моделювання зон затоплення з використанням матеріалів

дистанційного зондування землі та геоінформаційних систем» (URL: <https://lpnu.ua/rada-phd/37>). У роботі розглянуто класифікацію моделей для гідрологічного моделювання зон затоплених земель, критерії їх застосування залежно від оперативних гідролого-морфометричних даних. Опрацьовано структурно-логічну схему моделювання, основними елементами якої є: побудова ЦМР, визначення змін підстильної поверхні, підйому рівня води для визначеного часового періоду. Під час реалізації схеми моделювання для рівнинної частини русла використано топографічні та спеціальні карти, матеріали ДЗЗ, отримані з космічних літальних апаратів Landsat і Sentinel, для другої горбисто-болотистої ділянки – матеріали із БПЛА, з опрацюванням всіх матеріалів в ArcGIS із використанням модуля HEC-RAS. Здійснено аналіз точностей визначення координат точок моделі та тестування площі затоплень.

2. Федорчук Аліна Володимирівна: «Методика підвищення точності GNSS-нівелювання на основі локального коригування висот глобальних моделей геоїда» (URL: <https://lpnu.ua/rada-phd/41>). Дисертація присвячена теоретичним, практичним та експериментальним дослідженням для можливості підвищення точності GNSS-нівелювання шляхом локального коригування висот геоїда / квазігеоїда глобальних моделей високого ступеня та порядку. розглянуто основні джерела похибок при виконанні GNSS-спостережень та наведено рекомендації щодо мінімізації їхнього впливу на кінцеві дані, тобто на точність отриманих координат та висот. Розглянуто процедуру опрацювання GNSS-спостережень у стандартному програмному забезпеченні з детальним описом етапів опрацювання даних для можливості збереження належного рівня точності отриманих координат та висот. Виконано аналіз похибки визначення еліпсоїдних висот із даних GNSS-спостережень та досліджено її вплив на загальну точність результатів методу GNSS-нівелювання. Проведено оцінку точності висот геоїда / квазігеоїда глобальних моделей, отриманої на підставі даних високоточного геометричного та GNSS-нівелювання. Детально розглянуто всі типи сучасних моделей геоїда та квазігеоїда й виокремлено їхні головні характеристики, що безпосередньо впливають на загальну точність GNSS-нівелювання. Проаналізовано висоти глобальних моделей із можливістю їхнього коригування шляхом виявлення та вилучення систематичної складової. Розроблено методику локального коригування висот геоїда / квазігеоїда глобальних моделей для можливості підвищення точності методу GNSS-нівелювання. Методика базується на принципі моделювання похибок висот

геоїда / квазігеоїда глобальних моделей високого ступеня та порядку, наприклад, EGM2008, EIGEN-6C4, GECO та XGM2019e_2159, на підставі використання вагових коефіцієнтів різниць гравітаційних аномалій.

3. Канівець Олена Миколаївна: «Формування моніторингу використання земель об'єднаних територіальних громад» (URL: <https://surl.li/bwmzkm>). В дисертаційній роботі сформоване нормативно-правове забезпечення моніторингу використання земель об'єднаних територіальних громад, визначені чинники просторового забезпечення, що застосовуються для моніторингу використання земель об'єднаних територіальних громад, охарактеризовано містобудівне забезпечення моніторингу, виокремлені соціально-економічні й екологічні чинники. Сформовані локальні чинники просторового забезпечення моніторингу використання земель об'єднаних територіальних громад за регіонами. Систематизовані методи оцінки використання земель об'єднаних територіальних громад, розроблений метод інтегральної оцінки використання земель об'єднаних територіальних громад, представлені результати оцінки локальних чинників експертними методами та інтегрального показника використання земель. Запропоновані етапи розробки й реалізації методу інтегральної оцінки використання земель об'єднаних територіальних громад. Проведено математичне моделювання впливу узагальнювальних чинників на інтегральний показник використання земель об'єднаних територіальних громад, встановлені причинно-наслідкові зв'язки між чинниками використання земель об'єднаних територіальних громад і показником змінювання валового регіонального продукту на одиницю площі, сформульовані науково обґрунтовані рекомендації щодо розробки та реалізації моніторингу використання земель об'єднаних територіальних громад.

4. Сосса Богдан Ростиславович: «Методи і моделі підвищення точності наземного лазерного сканування за даними калібрування» (URL: <https://www.knuba.edu.ua/df-09-193-geodeziya-ta-zemleustrij/>). У дисертаційній роботі проведено огляд сучасних досліджень калібрування наземних лазерних сканерів. Визначено, які фактори варто розглянути під час вирішення завдання підвищення точності наземного лазерного сканування (НЛС). Також проведено короткий огляд сфер застосування НЛС, визначено переваги й недоліки технології. Проведено попередній розрахунок точності НЛС на підставі задекларованих виробником технічних характеристик. Виокремлено складові систематичної похибки визначення координат: складова систематичної

похибки за виміряну відстань, за помилку індекса вертикального круга, за нахил горизонтальної осі обертання дзеркала, за колімацію, за ексцентриситет. Розроблено модель попереднього оцінювання впливу складових систематичної похибки в розрізі універсальної моделі похибок інструмента. Розроблено методичні засади проєктування калібрувального полігону за заданими параметрами та досліджено залежність між мінімальними розмірами площинних тестових об'єктів та відстанню, на якій можна проводити калібрування. Удосконалено математичну модель калібрування, що дозволило уникнути кореляції між параметрами перетворення систем координат і параметрів калібрування. Удосконалено метод системного калібрування даних, отриманих способом наземного лазерного сканування, що дозволило підвищити точність отриманих даних.

5. Кінь Данило Олексійович: «Удосконалення методів геодезичних і картометричних обчислень у геоінформаційному середовищі» (URL: <https://www.knuba.edu.ua/df-21-193-geodeziya-ta-zemleustrij/>).

Дисертаційна робота присвячена вирішенню науково-прикладного завдання підвищення точності аналітичних та числових методів геодезичних і картометричних обчислень у геоінформаційному середовищі на підставі застосування суворих математичних методів на поверхні референц-еліпсоїда без обмеження кількості членів ряду. Аналіз та систематизація етапів розвитку методів визначення метричних характеристик об'єктів на картах. Визначення індексів точності та трудомісткості методів обчислення, що відображають процеси зменшення трудомісткості та підвищення точності обчислень. Розроблення реєстру геодезичних, картометричних та морфометричних обчислень відповідно до вимог стандарту ISO 19127:2019. Розроблення методики визначення можливостей стандартних засобів ГІС для виконання геодезичних та картометричних операцій. Створення еталонних моделей для порівняння з емпіричними даними, що дозволяє зробити висновок про відсутність функціоналу для обчислень на референц-еліпсоїді у більшості геоінформаційних систем.

Завдання до практичного заняття

1. Знайдіть та проаналізуйте щонайменше три дисертації, пов'язані з тематикою вашої дисертації.

Питання для самоконтролю

1. Які основні методи наукових досліджень застосовуються в геодезії?
2. Як сучасні технології впливають на методи наукових досліджень у геодезії?
3. Які новітні досягнення в галузі геодезії ви знаєте?
4. Як автореферати дисертаційних робіт допомагають ознайомитися з науковими досягненнями в геодезії?
5. Які основні напрями досліджень у геодезії та землеустрої актуальні на сьогодні?
6. Які методи застосовуються для аналізу геопросторових даних у сучасних наукових дослідженнях?
7. Як оцінюється значення новітніх досліджень для розвитку галузі геодезії?
8. Які критерії застосовуються для оцінки якості наукових досліджень у геодезії?
9. Як відрізняються підходи до наукових досліджень у вітчизняній та зарубіжній практиці?
10. Які проблеми можуть виникнути під час застосування новітніх методів наукових досліджень у геодезії?

ЗАВДАННЯ ДО ПРАКТИЧНИХ РОБІТ

ПРАКТИЧНЕ ЗАВДАННЯ № 1

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ ЗБОРУ ГЕОПРОСТОРОВИХ ДАНИХ, ТОЧНІСТЬ ДАНИХ ТА СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ

Мета: аналіз методів збору геопросторових даних в контексті їх зіставлення зі сферами використання для розв’язання науково-практичних завдань. Упорядкування знань щодо класифікації та ідентифікації видів геодезичних робіт в окремих сферах і нормативних вимог щодо точності результатів робіт.

Сучасні методи збору геопросторових даних можливо умовно поділити так:

- супутникове зондування;
- аерофотознімання;
- глобальні навігаційні супутникові системи (GNSS);
- лазерне сканування (LiDAR);
- класичні геодезичні вимірювання (тахеометрія та нівелювання);
- мобільний маппінг;
- георадари, гравіметри тощо.

Точність геопросторових даних залежить від методу збору, використовуваного обладнання та інших факторів. Приклади: супутникові зображення можуть мати різну роздільну здатність – від кількох метрів до кількох сантиметрів; GNSS-приймачі можуть забезпечувати точність від кількох метрів до кількох сантиметрів; LiDAR забезпечує високу щільність даних; класичні геодезичні вимірювання мають перевагу щодо точності, але обмежені щодо економічного та безпекового характеру.

Приклад класифікації сфери застосування геопросторових даних.

1) картографування включно зі створенням карт і геоінформаційних систем (ГІС):

- створення та оновлення топографічних карт;
- створення та оновлення топографічних планів;
- формування базових геопросторових даних для НІГД;

2) сільське господарство:

- моніторинг врожайності;

- управління земельними ресурсами в сільському господарстві;
- точне землеробство;

3) моніторинг природних ресурсів:

- гідрографічне картографування;
- моніторинг лісів;
- геодезичний моніторинг деформацій земної поверхні, відстеження зсувів, осідання ґрунту та інші геологічні процеси;
- оцінка запасів водних ресурсів у водосховищах;

4) міське планування:

- створення картографічної основи для містобудівної документації;
- планування інфраструктури;
- управління земельними ресурсами у містах;
- аналіз міського розвитку, містобудівний моніторинг;

5) будівництво та інженерія:

- створення тривимірних моделей будівель та інфраструктури,
- супровід будівельних робіт
- моніторинг будівель та споруд;

6) наповнення кадастрових систем даними про землю та нерухомість:

- кадастрові знімання
- встановлення меж АТО та громад;

7) оборона та безпека:

- розвідка;
- створення та оновлення топографічних карт;
- визначення координат цілей;
- інженерно-геодезичні роботи для будівництва оборонних споруд.

Завдання

1. Проаналізуйте наведений приклад класифікації сфер використання геопросторових даних та методів збору геопросторових даних. Визначте її недоліки. Доповніть наведений перелік.

2. На підставі виявлених недоліків та доповнень сформууйте власну класифікацію видів геодезичних робіт залежно від напрямів використання.

3. Доповніть класифікацію за п. 2 вимогами щодо точності та найбільш типовими методами збору даних. Результати проведеного дослідження наведіть в таблиці 1.

Таблиця 1 – Приклад таблиці для заповнення

Вид геодезичних робіт та сфера застосування	Вимоги до точності (масштабу)	Основний метод збору геопросторових даних	Додаткові методи збору геопросторових даних	Особливості та обмеження

4. Оберіть одну зі сфер і сформулюйте розширені вимоги щодо приладів, точності та складу геодезичних робіт. Розширені вимоги повинні містити деталізацію нормативних документів, технічні характеристики приладів та програмні продукти для обробки даних. Особливу увагу зосередьте на економічній компоненті.

Оформіть та надайте результати виконаних досліджень за пунктами завдань 1–4 для перевірки та обговорення.

ПРАКТИЧНЕ ЗАВДАННЯ № 2

ВИЗНАЧЕННЯ КРИТЕРІЇВ ОЦІНЮВАННЯ АКТУАЛЬНОСТІ ТОПОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧНИХ МАТЕРІАЛІВ

Якість та актуальність матеріалів геодезичних матеріалів та геопросторових даних, сформованих на їх підставі, завжди були проблемними, зокрема для перевірки – підтвердження якості потрібно проводити повторний збір геоданих. Враховуючи зазначене, визначення критеріїв оцінки актуальності топографо-геодезичних матеріалів – важливе завдання забезпечення їх ефективного використання.

Завдання

1. Сформууйте перелік факторів що можуть вплинути на актуальність матеріалів топографо-геодезичних робіт. Для цього можна застосувати класифікацію видів робіт, розроблену в завданні № 1.

Приклад зміни на місцевості:

- наявність нових об’єктів: будівництво нових будівель, доріг, інженерних комунікацій;
- зміни в наявних об’єктах: реконструкція будівель, зміна конфігурації доріг;

- природні зміни: зсуви, ерозія, зміни річок, змінювання рослинності;
- наслідки військових дій та стихійних лих тощо.

2. Дослідіть, які критерії для встановлення актуальності топографо-геодезичних матеріалів використовуються. Чи лише дата виконання робіт визначає актуальність?

3. Дослідіть на підставі топографічного плану в масштабі 1 : 2 000 міста Балаклія Харківської області від 2021 року, як окупація та військові дії вплинули на актуальність матеріалів (топографічні матеріали доступні у курсах «Moodle» та «Teams»).

4. Сформулюйте науково обґрунтовані пропозиції щодо можливостей оцінювання якості топографо-геодезичних матеріалів із використанням сучасних технологій та штучного інтелекту.

Оформіть та надайте результати виконаних досліджень за пунктами завдань 1–4 для перевірки та обговорення.

ПРАКТИЧНЕ ЗАВДАННЯ № 3

ФОРМУВАННЯ ПІДХОДІВ ДО ВИЗНАЧЕННЯ ТА ОБМЕЖЕННЯ ДОСТУПУ ДО ТОПОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧНИХ МАТЕРІАЛІВ В ЕЛЕКТРОННОМУ ВИГЛЯДІ. ТРИСКЛАДОВИЙ ТЕСТ

Формування підходів до визначення та обмеження доступу до топографо-геодезичних матеріалів в електронному вигляді є нагальною потребою в Україні, особливо під час воєнних дій. Результати глобальної цифрової трансформації призвели до переведення більшості даних топографо-геодезичних матеріалів в електронний формат, що значно полегшило їхнє використання. Проте це також створило нові виклики, пов'язані із захистом конфіденційності та забезпеченням державної безпеки. Матеріали, що використовуються в широкому спектрі галузей – від оборони до сільського господарства містять критично важливу інформацію, неконтрольований доступ до якої може мати серйозні наслідки. Електронний формат даних, хоч і забезпечує зручність, також робить їх вразливими для кіберзагроз, що потребує вдосконалення підходів до захисту та впровадження нормативно-правового регулювання. Розроблення ефективних підходів, які б забезпечили баланс між потребами користувачів та необхідністю захисту важливих даних, наразі актуальне завдання.

Окремої уваги в цьому контексті заслуговують Закони України «Про державну таємницю» від 21 січня 1994 р. № 3855-XII, «Про інформацію» від 2 жовтня 1992 р. № 2657-XII та «Про доступ до публічної інформації» від 13 січня 2011 р. № 2939-VI. За порядком доступу інформація поділяється на відкриту та з обмеженим доступом.

За змістом законодавства визначається інформація з обмеженим доступом, зокрема:

1) конфіденційна інформація – інформація, доступ до якої обмежений фізичною або юридичною особою, крім суб'єктів владних повноважень, та яка може поширюватися у визначеному нею порядку за її бажанням відповідно до передбачених нею умов;

2) таємна інформація – інформація, доступ до якої обмежується відповідно до частини другої статті 6 Закону «Про доступ до публічної інформації», розголошення якої може завдати шкоди особі, суспільству і державі. Таємною вважається інформація, яка містить державну, професійну, банківську таємницю, таємницю слідства та іншу, передбачену законом таємницю;

3) службова інформація:

– що міститься в документах суб'єктів владних повноважень, які становлять внутрішньовідомчу службову кореспонденцію, доповідні записки, рекомендації, якщо вони пов'язані з розробленням напряму діяльності установи або здійсненням контрольних, наглядових функцій органами державної влади, процесом прийняття рішень і передують публічному обговоренню та/або прийняттю рішень;

– зібрана в процесі оперативно-розшукової, контррозвідувальної діяльності, у сфері оборони країни, яку не віднесено до державної таємниці.

Завдання

1. Дослідіть наявні нормативно-правові акти, що стосуються питань обмеження доступу до геопросторових даних. Визначте суть та критерії трискладового тесту щодо обмеження доступу до інформації. Ознайомтеся із зведенням відомостей, що становлять державну таємницю.

2. Використовуючи класифікатор інформації, яка відображається на топографічних планах у масштабі 1:5 000, 1:2 000, 1:1 000, 1:500 (затверджено Наказом Головного управління геодезії, картографії та кадастру

при Кабінеті Міністрів України від 9 березня 2000 р. № 25), визначте коди об'єктів, локалізація яких може бути потенційно віднесена до інформації з обмеженим доступом, та вид такої інформації.

3. Використовуючи структуру Баз геоданих містобудівної документації на місцевому рівні (Наказ Міністерства розвитку громад та територій України «Про затвердження структури Баз геоданих містобудівної документації на місцевому рівні» від 22 лютого 2022 р. № 56), складіть перелік назв геопросторових об'єктів, локалізація та атрибути яких можуть бути потенційно віднесені до інформації з обмеженим доступом, та визначте вид такої інформації.

4. За підсумками проведених досліджень сформулюйте узагальнений підхід та рекомендації щодо віднесення геопросторових даних до інформації з обмеженим доступом.

Оформіть та надайте результати виконаних досліджень за пунктами завдань 1–4 для перевірки та обговорення.

ЗАВДАННЯ ДО САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

ЗАВДАННЯ ДО САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ №1

РОЛЬ ІНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧНИХ ВИШУКУВАНЬ В НАПОВНЕННІ НАЦІОНАЛЬНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ГЕОПРОСТОРОВИХ ДАНИХ, ВИМОГИ ТА РЕЄСТРАЦІЯ МАТЕРІАЛІВ

Інженерно-геодезичні вишукування відіграють ключову роль у наповненні Національної інфраструктури геопросторових даних (НІГД) України. Вони є первинним джерелом точних і перевірених геопросторових даних, які використовуються для широкого спектру завдань.

Завдання

1. Дослідіть структуру базових та тематичних геопросторових даних НІГД, визначте, які дані прямо чи опосередковано отримують за результатами геодезичних робіт чи із застосуванням методів збору геопросторових даних.

2. Зареєструйтеся та отримайте доступ до порталу НІГД.

3. Проаналізуйте фактичну наявність базових геопросторових даних у національному геопорталі, результати оформіть у вигляді таблиці.

4. Дослідіть та опишіть покроковий механізм реєстрації топографо-геодезичних та картографічних матеріалів у державному картографо-геодезичному фонді.

5. Дослідіть та опишіть покроковий алгоритм реєстрації контрольного геодезичного знімання у системі Єдиної державної електронної системи у сфері будівництва (ЄДЕССБ).

Оформіть та надайте результати виконаних досліджень за пунктами завдань 2–5 для перевірки та обговорення.

ЗАВДАННЯ ДО САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ №2

ПРИКЛАД КОШТОРИСНОГО РОЗРАХУНКУ ВАРТОСТІ ІНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБІТ НА СУЧАСНОМУ ЕТАПІ

Кошториси відіграють значну роль у забезпеченні функціонування ринку геодезичних послуг. Вони дозволяють визначити обґрунтовану вартість робіт, а отже, враховують всі необхідні витрати, пов'язані з виконанням геодезичних робіт, наприклад, заробітну плату, матеріали, обладнання, транспортні витрати, амортизація та інші. Кошториси забезпечують прозорість ціноутворення, що дозволяє замовнику зрозуміти, з чого складається вартість робіт, і порівняти пропозиції різних виконавців. На сьогодні, з урахуванням застосування сучасних технологій у галузі геодезії, більшість кошторисних нормативів, що стосуються вартості послуг у галузі геодезії, застаріли.

Завдання

1. Дослідіть та складіть перелік нормативних документів, що визначають цінові нормативи до виконання геодезичних робіт.

2. Проаналізуйте актуальність норм, використовуючи ціни на геодезичні послуги у мережі «Інтернет» та джерелах платформи «Прозорро». Оформіть представлені результати як таблицю.

3. Складіть укрупнену структуру витрат на виконання геодезичних робіт та їх обробку із застосуванням таких сучасних технологій:

- GNSS та тахеометричне знімання;
- дистанційне зондування з використанням БПЛА;
- сканування з використанням Lidar.

Оформіть результати виконаних досліджень за пунктами завдань 1–3 для перевірки та обговорення.

ЗАВДАННЯ ДО САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ №3

ТОПОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧНІ РОБОТИ ТА ЛАЗЕРНЕ СКАНУВАННЯ ПІД ЧАС BIM-МОДЕЛЮВАННЯ

BIM (Building Information Modeling) – це методологія проєктування, будівництва та експлуатації об’єктів, яка ґрунтується на створенні цифрової моделі будівлі або інфраструктурного об’єкта з використанням спеціальних програмних засобів.

Топографо-геодезичні роботи та лазерне сканування відіграють ключову роль у створенні точних та інформативних BIM-моделей. Їхнє поєднання дозволяє отримати детальну інформацію про наявний стан об’єкта або місцевості, що є основою для ефективного проєктування, будівництва та експлуатації.

Завдання

1. Використовуючи рекомендовані джерела, дослідіть філософію застосування BIM та місцевості й роль геодезичних вишукувань у BIM-моделюванні.

2. Ознайомтеся з програмним забезпеченням, що використовується для BIM-моделювання. Складіть таблицю, порівнявши основні переваги та недоліки окремих програмних продуктів.

3. Ознайомтеся з програмним забезпеченням, що використовується для обробки хмар точок. Поясніть, з яким BIM-програмним забезпеченням та яким чином інтегруються хмари точок, отримані за результатами лазерного сканування. Опишіть технічні вимоги щодо форматів та систем координат, які можуть бути використані для взаємної інтеграції даних.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Intergeo [Електрон. ресурс] : сайт – Електрон. текст. дані. – Оновлюється постійно. – Режим доступу: <https://www.intergeo.de/en/>, вільний (дата звернення: 01.02.2025). – Назва з екрана.
2. Про топографо-геодезичну та картографічну діяльність [Електрон. ресурс] : Закон України від 23 грудня 1998 р. № 353-XIV. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/353-14#Text>, вільний (дата звернення: 01.02.2025). – Назва з екрана.
3. Про затвердження Порядку ведення державного обліку топографо-геодезичних і картографічних робіт [Електрон. ресурс] : Постанова Кабінету Міністрів України від 1 вересня 2023 р. № 938. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/938-2023-%D0%BF#Text>, вільний (дата звернення: 01.02.2025). – Назва з екрана.
4. Деякі питання функціонування Державного картографо-геодезичного фонду України [Електрон. ресурс] : Постанова Кабінету Міністрів України від 19 січня 2024 р. № 67. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/67-2024-%D0%BF#Text>, вільний (дата звернення: 01.02.2025). – Назва з екрана.
5. Про основні засади державного нагляду (контролю) у сфері господарської діяльності [Електрон. ресурс] : Закон України від 5 квітня 2007 р. № 877-V. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/877-16#Text>, вільний (дата звернення: 01.02.2025). – Назва з екрана.
6. Про затвердження Інструкції з топографічного знімання у масштабах 1:5 000, 1:2 000, 1:1 000 та 1:500 (ГКНТА-2.04-02-98) [Електрон. ресурс] : Наказ Головного управління геодезії, картографії та кадастру при Кабінеті Міністрів України від 9 квітня 1998 р. № 56. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0393-98#Text>, вільний (дата звернення: 03.02.2025). – Назва з екрана.
7. Деякі питання реалізації частини першої статті 12 Закону України «Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність» [Електрон. ресурс] : Постанова Кабінету Міністрів України від 7 серпня 2013 р. № 646. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/646-2013-%D0%BF#Text>, вільний (дата звернення: 03.02.2025). – Назва з екрана.

8. Про затвердження Порядку охорони геодезичних пунктів [Електрон. ресурс] : Постанова Кабінету Міністрів України від 8 листопада 2017 р. № 836. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/836-2017-%D0%BF#Text>, вільний (дата звернення: 03.02.2025). – Назва з екрана.

9. Про затвердження Порядку обстеження та оновлення пунктів Державної геодезичної мережі [Електрон. ресурс] : Наказ Міністерства аграрної політики та продовольства України від 3 листопада 2014 р. № 43. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1467-14#Text>, вільний (дата звернення: 03.02.2025). – Назва з екрана.

10. Про затвердження Порядку загальнодержавного топографічного і тематичного картографування [Електрон. ресурс] : Постанова Кабінету Міністрів України від 4 вересня 2013 р. № 661. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/661-2013-%D0%BF#Text>, вільний (дата звернення: 03.02.2025). – Назва з екрана.

11. Про затвердження критеріїв, за якими оцінюється ступінь ризику від провадження господарської діяльності та визначається періодичність здійснення планових заходів державного нагляду (контролю) за топографо-геодезичною і картографічною діяльністю Державною службою з питань геодезії, картографії та кадастру [Електрон. ресурс] : Постанова Кабінету Міністрів України від 19 вересня 2018 р. № 765. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/765-2018-%D0%BF#Text>, вільний (дата звернення: 03.02.2025). – Назва з екрана.

12. Про затвердження Вимог до технічного і технологічного забезпечення виконавців топографо-геодезичних і картографічних робіт [Електрон. ресурс] : Наказ Міністерства аграрної політики та продовольства України від 11 лютого 2014 р. № 65. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0395-14#Text>, вільний (дата звернення: 03.02.2025). – Назва з екрана.

13. Про Державну службу України з питань геодезії, картографії та кадастру [Електрон. ресурс] : Постанова Кабінету Міністрів України від 14 січня 2015 р. № 15. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/15-2015-%D0%BF#Text>, вільний (дата звернення: 03.02.2025). – Назва з екрана.

14. ДБН А.2.1-1-2008 Інженерні вишукування для будівництва [Електрон. ресурс]. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3074132130146550876?doc_type=2, вільний (дата звернення: 03.02.2025). – Назва з екрана.

15. ДБН А.2.2-3:2014 Склад та зміст проектної документації на будівництво [Електрон. ресурс]. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3192355188719486804?doc_type=2, вільний (дата звернення: 03.02.2025). – Назва з екрана.

16. ДБН В.1.3-2:2010 Система забезпечення точності геометричних параметрів у будівництві. Геодезичні роботи у будівництві [Електрон. ресурс]. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3199637436816688486?doc_type=2, вільний (дата звернення: 03.02.2025). – Назва з екрана.

17. Про національну інфраструктуру геопросторових даних [Електрон. ресурс] : Закон України від 13 квітня 2020 р. № 554-IX. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/554-20#Text>, вільний (дата звернення: 03.02.2025). – Назва з екрана.

18. Про затвердження Порядку функціонування національної інфраструктури геопросторових даних [Електрон. ресурс] : Постанова Кабінету Міністрів України від 26 травня 2021 р. № 532. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/532-2021-%D0%BF#Text>, вільний (дата звернення: 03.02.2025). – Назва з екрана.

19. Основи створення інтероперабельних геопросторових даних [Електрон. ресурс] / Ю. О. Карпінський та ін. – Електрон. текст. дані. – Київ: КНУБА, 2023. – 302 с. – Режим доступу: https://land.gov.ua/wp-content/uploads/2023/05/maket_r1-5_25_05_2023.pdf, вільний (дата звернення: 05.02.2025). – Назва з екрана.

20. Технічні вимоги до специфікацій геопросторових даних національної інфраструктури геопросторових даних [Електрон. ресурс] : Наказ Міністерства аграрної політики та продовольства України від 10 листопада 2021 р. № 347. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0022-22#Text>, вільний (дата звернення: 05.02.2025). – Назва з екрана.

21. Шляхи розвитку національної системи геодезичного відліку [Електрон. ресурс]. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: <https://www.knuba.edu.ua/vidbuvsya-kruglyy-stil-2-shlyahy-rozvytku-naczionalnoyi-systemy-geodezychnogo-vidliku/>, вільний (дата звернення: 05.02.2025). – Назва з екрана.

22. Кучер О. В. Розвиток висотної та гравіметричної мережі України [Електрон. ресурс] / О. В. Кучер, І. С. Куриляк. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: https://www.knuba.edu.ua/wp-content/uploads/2024/06/kucher-dgm_vys-ta-grav-18.06_24.pdf, вільний (дата звернення: 05.02.2025). – Назва з екрана.

23. Висотенко Р. О. Сучасний стан Державної геодезичної мережі [Електрон. ресурс] / Р. О. Висотенко. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: https://www.knuba.edu.ua/wp-content/uploads/2024/06/vysotenko_suchasnyj-stan-dgm__2024.pdf, вільний (дата звернення: 05.02.2025). – Назва з екрана.

24. Боровий В. О. Технологія координатного перетворення та трансформування при геодезичних та землепорядних роботах [Електрон. ресурс] / В. О. Боровий, О. В. Зарицький, Д. О. Кінь. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/323129523_Tehnologia_koordinatnogo_per_etvorennja_ta_transformuvanna_pri_geodezicnih_ta_zemlevporadnih_robotah, вільний (дата звернення: 05.02.2025). – Назва з екрана.

25. Боровий В. Застосування нової референційної системи координат УСК-2000. Проблеми та пропозиції [Електрон. ресурс] / В. Боровий, О. Зарицький // Землепорядний вісник : наук.-техн. зб. – Електрон. текст. дані. – Київ : ТОВ «ЗВУ», 2017. – Вип. 4. – С. 22–27. – Режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/316915780_Zastosuvanna_novoi_referencnoi_sistemi_koordinat_USK-2000_Problemi_ta_propozicii, вільний (дата звернення: 05.02.2025). – Назва з екрана.

26. Про затвердження Порядку використання Державної геодезичної референційної системи координат УСК-2000 при здійсненні робіт із землеустрою [Електрон. ресурс] : Наказ Міністерства аграрної політики та продовольства України від 2 грудня 2016 р. № 509. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1646-16#Text>, вільний (дата звернення: 05.02.2025). – Назва з екрана.

27. Проект наказу Міністерства аграрної політики та продовольства України «Про затвердження Порядку топографічної зйомки у масштабах 1 : 5 000, 1 : 2 000, 1 : 1 000 та 1 : 500» [Електрон. ресурс]. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: <https://land.gov.ua/proekt-nakazu-ministerstva-agrarnoyi-polityky-ta-prodovolstva-ukrayiny-pro-zatverdzhennya-poryadku-topografichnoyi-zjomky-u-masshtabah-15000-12000-11000-ta-1500-2/>, вільний (дата звернення: 05.02.2025). – Назва з екрана.

28. Кухар Д. В. Геодезичний контроль наземних переходів магістральних газопроводів із застосуванням електронних тахеометрів у безрефлекторному режимі випромінювання [Електрон. ресурс]. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: <https://lpnu.ua/sites/default/files/2020/dissertation/1623/diskukhtar.pdf/>, вільний (дата звернення: 05.02.2025). – Назва з екрана.

29. Бегічев С. В. Актуалізація технологій геомоніторингу як фактора забезпечення безпечної експлуатації будівель і споруд [Електрон. ресурс] / С. В. Бегічев, Г. С. Ішутіна ; Придніпровська державна академія будівництва та архітектури. // Український журнал будівництва та архітектури : наук.-техн. зб. – Електрон. текст. дані. – Дніпро : ПДАБА, 2023. – Вип. 4 (016). – С. 17–26. – Режим доступу: <http://srd.pgasa.dp.ua:8080/bitstream/123456789/11119/1/BIENICHEV.pdf>, вільний (дата звернення: 05.02.2025). – Назва з екрана.

30. Інженерна геодезія [Електрон. ресурс]. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: <https://library.knuba.edu.ua/books/zbirniki/10/201865.pdf>, вільний (дата звернення: 05.02.2025). – Назва з екрана.

31. Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо особливостей регулювання земельних відносин в умовах воєнного стану [Електрон. ресурс] : Закон України 12 травня 2022 р. № 2247-IX. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2247-20#Text>, вільний (дата звернення: 05.02.2025). – Назва з екрана.

32. Місце та роль геодезичних робіт при обстеженні пошкоджених/зруйнованих будівель і споруд – експертне роз'яснення [Електрон. ресурс]. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: <https://decentralization.ua/news/18535>, вільний (дата звернення: 05.02.2025). – Назва з екрана.

33. Карпінський Ю. О. Методичні рекомендації щодо діяльності органів місцевого самоврядування у сфері НІГД [Електрон. ресурс]: практ. посіб. / Ю. О. Карпінський, Д. О. Кінь. – Електрон. текст. дані. – Київ : КНУБА, 2023. – 276 с. – Режим доступу: https://land.gov.ua/wp-content/uploads/2024/03/posibnyk-gromadam-nigd_fin.pdf, вільний (дата звернення: 05.02.2025). – Назва з екрана.

34. Карпінський Ю. О. Основи ГІС. Стандартизація географічної інформації: навч. посіб. [Електрон. ресурс] / Ю. О. Карпінський, А. А. Лященко, Н. Ю. Лазоренко-Гевель. – Електрон. текст. дані. – Київ: КНУБА, 2021. – 152 с. – Режим доступу: https://library.knuba.edu.ua/books/15_1_21_3.pdf, вільний (дата звернення: 05.02.2025). – Назва з екрана.

35. Папуша Д. Я. Автоматизація процесів обробки геодезичних даних за допомогою штучного інтелекту та машинного навчання [Електрон. ресурс] / Д. Я. Папуша, Д. Ф. Оболенков / Донбаська національна академія архітектури та будівництва // Збірник наукових праць ДонНАБА : наук.-техн. зб. – Електрон. текст. дані. – Краматорськ : ДонНАБА, 2024. – Вип. 1. – С. 36–41. – Режим доступу: <https://donnaba.edu.ua/journal/wp-content/uploads/2024/04/36-41.pdf>, вільний (дата звернення: 05.02.2025). – Назва з екрана.

36. Русіна Н. Г. Програмне забезпечення геодезичних розрахунків у землеустрої [Електрон. ресурс] / Н. Г. Русіна, В. О. Люльчик ; Таврійський національний університет імені В. І. Вернадського // Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського : наук.-техн. зб. – Електрон. текст. дані. – Київ : ТНУ, 2019. – Вип. 30 (60). – Ч. 2. – № 1. – С. 156–160. (Серія «Технічні науки»). – Режим доступу: https://tech.vernadskyjournals.in.ua/journals/2019/1_2019/part_2/29.pdf, вільний (дата звернення: 05.02.2025). – Назва з екрана.

37. Пілічева М. О. Технологія виконання геодезичних робіт при інвентаризації зелених насаджень території з використанням безпілотних літальних апаратів [Електрон. ресурс] / М. О. Пілічева, Т. В. Анопрієнко, Л. О. Маслій ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова.// Комунальне господарство міст : наук.-техн. зб. – Електрон. текст. дані. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2022. – Вип. 3 (170). – С. 263–270. (Серія «Технічні науки та архітектура»). – Режим доступу: <https://khg.kname.edu.ua/index.php/khg/article/view/5985/5901>, вільний (дата звернення: 20.11.2024). – Назва з екрана.

38. Сучасні геодезичні вимірні системи та ГІС-технології у плануванні та 3D-модельованні лінійних споруд [Електрон. ресурс] / Л. Казаченко, Д. Казаченко, О. Завальний, Л. Коваленко, Т. Наливайко ; Національний університет «Львівська політехніка»./ Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва : наук.-техн. зб. – Електрон. текст. дані. – Львів : НУ «Львівська політехніка», 2022. – Вип. I (43). – С. 62–70. – Режим доступу: <https://ena.lpnu.ua:8443/server/api/core/bitstreams/b060e27a-6001-42ca-ad44-4d7d70b22eda/content>, вільний (дата звернення: 05.02.2025). – Назва з екрана.

39. Можливості сучасного електронного геодезичного обладнання та тенденції його розвитку [Електрон. ресурс] / М. А. Кухар, О. В. Доброходова, А. А. Євдокімов, М. Л. Мироненко ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. // Комунальне господарство міст : наук.-техн. зб. – Електрон. текст. дані. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. – Вип. 4 (164). – С. 122–127. – (Серія «Технічні науки та архітектура»). – Режим доступу: <https://khg.kname.edu.ua/index.php/khg/article/view/5830/5749>, вільний (дата звернення: 05.02.2025). – Назва з екрана.

40. Люльчик В. О. Лідари: сучасні технології у сфері геодезії та землеустрою [Електрон. ресурс] / В. О. Люльчик, Н. Г. Русіна, О. М. Петрова ; Таврійський національний університет імені В. І. Вернадського./ Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського : наук.-техн. зб. – Електрон. текст. дані. – Київ : ТНУ, 2019. – Вип. 30 (69). – Ч. 2. – № 6. – С. 215–220. (Серія «Технічні науки»). – Режим доступу: https://tech.vernadskyjournals.in.ua/journals/2019/6_2019/part_2/39.pdf, вільний (дата звернення: 05.02.2025). – Назва з екрана.

41. Кухар М. А. Створення та реконструкція локальних геодезичних мереж : конспект лекцій для здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти зі спеціальності 193 – Геодезія та землеустрій [Електрон. ресурс] : М. А. Кухар, Л. О. Маслій ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Електрон. текст. дані. – Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2024. – 109 с. – Режим доступу: <https://eprints.kname.edu.ua/66330/>, вільний (дата звернення: 05.02.2025).

42. Фоменко В. А. Технології дронів у геодезії: перспективи та виклики [Електрон. ресурс] / В. А. Фоменко ; Громадська організація «Всеукраїнська асамблея докторів наук з державного управління»./ Наука і техніка сьогодні : наук.-техн. зб. – Електрон. текст. дані. – Київ : ГО «ВАДНД», 2024. – Вип. 9 (37). – С. 918–930. (Серія «Техніка»). – Режим доступу: <http://perspectives.pp.ua/index.php/nts/article/view/15132/15202>, вільний (дата звернення: 05.02.2025). – Назва з екрана.

43. Реконструкція інженерних споруд та мереж, ландшафту на основі технології лазерного сканування [Електрон. ресурс] / П. О. Сунак, С. В. Синій, Ю. А. Мельник, Л. М. Ксьоншкевич, О. М. Крантовська, М. Орешкович ; Луцький національний технічний університет. // Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві : наук.-техн. зб. – Електрон. текст. дані. – Луцьк : ЛНТУ, 2022. – Вип. 18. – С. 147–161. – Режим доступу: <https://eforum.lntu.edu.ua/index.php/construction/article/view/939/891>, вільний (дата звернення: 05.02.2025). – Назва з екрана.

44. ISO 19100 Geographic Information Standards. ISO/TC 211. [Електрон. ресурс]. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: <https://www.scribd.com/document/394164916/ISO-19100-Geographic-Information-Standards>, вільний (дата звернення: 05.02.2025).

45. Про штучний інтелект у геоінформаційних системах. PortalGIS [Електрон. ресурс]. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: https://portalgis.pro/geoinformaczijni-systemy/shtuchnyj-intelekt/?utm_source=chatgpt.com, вільний (дата звернення: 05.02.2025).

46. Нестеренко С. Г. Сучасні аспекти методичного забезпечення геодезичного моніторингу об'єктів та територій [Електрон. ресурс] / С. Г. Нестеренко, Ю. Б. Радзінська, А. А. Євдокімов, Е. С. Штерндок // Комунальне господарство міст : наук.-техн. зб. / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Електрон. текст. дані. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2024. – Вип. 6 (187). – С. 199–203. – (Серія «Технічні науки та архітектура»). – Режим доступу: <https://khg.kname.edu.ua/index.php/khg/article/view/6408/6329>, вільний (дата звернення: 05.02.2025). – Назва з екрана.

47. Мамонов К. А. Формування сучасної системи геодезичного забезпечення використання земель із застосуванням БПЛА та фотограмметричних методів [Електрон. ресурс] / К. А. Мамонов, Е. С. Штерндок, С. Г. Нестеренко, Ю. Б. Радзінська, В. В. Касьянов // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво : наук.-техн. зб. / Національний транспортний університет. – Електрон. текст. дані. – Київ : НТУ, 2024. – Вип. 116. – Ч. 1. – С. 148–160. – Режим доступу: http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi_i_stroitelstvo/116.1/148.pdf, вільний (дата звернення: 05.02.2025). – Назва з екрана.

48. Формування геопросторового забезпечення для розробки сучасної кадастрової системи нерухомості [Електрон. ресурс] / К. А. Мамонов, Е. С. Штерндок, С. А. Халіков, В. В. Гой, А. А. Євдокімов ; Національний транспортний університет.// Автомобільні дороги і дорожнє будівництво : наук.-техн. зб. – Електрон. текст. дані. – Київ : НТУ, 2024. – Вип. 116. – Ч. 2. – С. 153–163. – Режим доступу: http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi_i_stroitelstvo/116.2/153.pdf, вільний (дата звернення: 05.02.2025). – Назва з екрана.

49. Про державну таємницю [Електрон. ресурс] : Закон України від 21 січня 1994 р. № 3855-ХІІ. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3855-12#Text>, вільний (дата звернення: 10.02.2025). – Назва з екрана.

50. Про інформацію [Електрон. ресурс] : Закон України від 2 жовтня 1992 р. № 2657-ХІІ. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2657-12#Text>, вільний (дата звернення: 10.02.2025). – Назва з екрана.

51. Про доступ до публічної інформації [Електрон. ресурс] : Закон України від 13 січня 2011 р. № 2939-VI. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2939-17#Text>, вільний (дата звернення: 10.02.2025). – Назва з екрана.

52. Класифікатор топографічної інформації, яка відображається на топографічних планах масштабів 1 : 5 000, 1 : 2 000, 1 : 1 000, 1 : 500 [Електрон. ресурс]. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: https://gki.com.ua/files/uploads/documents/Norms/Ukrgeodesykart_norms/25.pdf, вільний (дата звернення: 10.02.2025). – Назва з екрана.

53. Про затвердження структури Баз геоданих містобудівної документації на місцевому рівні [Електрон. ресурс] : Наказ Міністерства розвитку громад та територій України від 22 лютого 2022 р. № 56. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0432-22#Text>, вільний (дата звернення: 10.02.2025). – Назва з екрана.

54. Портал Єдиної державної електронної системи у сфері будівництва [Електрон. ресурс]. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: <https://e-construction.gov.ua/>, вільний (дата звернення: 10.02.2025). – Назва з екрана.

55. Деякі питання забезпечення функціонування Єдиної державної електронної системи у сфері будівництва [Електрон. ресурс] : Постанова Кабінету Міністрів України від 23 червня 2021 р. № 681. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/681-2021-%D0%BF#n40>, вільний (дата звернення: 10.02.2025). – Назва з екрана.

56. Платформа «Прозорро» [Електрон. ресурс]. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: <https://prozorro.gov.ua/uk>, вільний (дата звернення: 10.02.2025). – Назва з екрана.

Електронне навчальне видання

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

до проведення практичних занять та організації самостійної роботи
з навчальної дисципліни

«ДОСЛІДНИЦЬКІ МЕТОДИ ТА СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ГЕОДЕЗІЇ»

*(для здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти
зі спеціальності 193 – Геодезія та землеустрій)*

Укладачі: **ШТЕРНДОК** Ернест Сергійович,
КУХАР Максим Анатолійович,
ПІЛЧЕВА Марина Олегівна

Відповідальний за випуск *О. В. Афанасьєв*
Редактор *О. А. Норик*
Комп'ютерне верстання *М. О. Пілічева*

План 2024, поз. 442М

Підп. до друку 20.06.2025. Формат 60 × 84/16.
Ум. друк. арк. 5,3.

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.