

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА**

**С. Г. Нестеренко,
О. В. Афанасьєв**

МЕТОДИ І ЗАСОБИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБІТ

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

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

**Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2023**

Нестеренко С. Г. Методи і засоби автоматизації геодезичних робіт : конспект лекцій для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти зі спеціальності 193 – Геодезія та землеустрій / С. Г. Нестеренко, О. В. Афанасьєв ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2023. – 131 с.

Автори:

канд. техн. наук, доц. С. Г. Нестеренко,
канд. техн. наук, доц. О. В. Афанасьєв

Рецензент

В. Д. Шипулін, кандидат технічних наук, професор (Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова)

Рекомендовано кафедрою земельного адміністрування та геоінформаційних систем, протокол № 12 від 15.06.2023

© С. Г. Нестеренко, О. В. Афанасьєв, 2023

© ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2023

ЗМІСТ

ВСТУП	6
ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1 ОСОБЛИВОСТІ АВТОМАТИЗАЦІЇ ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБІТ	8
ТЕМА 1 КОНЦЕПЦІЇ АВТОМАТИЗАЦІЇ ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБІТ	8
1.1 Нормативна база проведення топографо-геодезичних робіт.....	8
1.2 Поняття автоматизації геодезичних робіт	9
1.3 Види і умови здійснення топографо-геодезичної і картографічної діяльності	10
1.4 Вимоги щодо здійснення автоматизованих геодезичних робіт.....	14
1.5 Автоматизація геодезичних робіт в проєктуванні і будівництві	15
1.6 Автоматизація геодезичних вимірювань із використанням геоінформаційних технологій	17
ТЕМА 2 СУЧАСНІ ПРИЛАДИ, ОБЛАДНАННЯ ТА ПРОГРАМНІ ЗАСОБИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБІТ	20
2.1 Автоматизація геодезичних робіт з допомогою тахеометрів	20
2.2 Прилади для автоматизації геодезичних робіт.....	24
2.3 Сучасні геодезичні прилади в будівництві та реконструкції будівель і споруд.....	26
2.4 Програмні засоби та новітні підходи до камерального опрацювання даних геодезичних знімків.....	32
ТЕМА 3 МЕТОДИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТОПОГРАФО- ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБІТ	40
3.1 Наземні методи знімання.....	40
3.2 Комбіновані методи створення знімальних мереж та наземних знімків	42
3.3 Методи наземної фотограмметрії.....	43
3.4 Методи наземного лазерного сканування та мобільні картографічні системи	43

3.5. Дистанційні методи знімання	45
3.6 Класифікаційні ознаки одержання топографічних даних.....	49
ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2 ІНСТРУМЕНТАЛЬНІ МЕТОДИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТОПОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБІТ.....	53
ТЕМА 4 СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ІНЖЕНЕРНО- ГЕОДЕЗИЧНИХ ВИШУКУВАНЬ.....	53
4.1 Інженерно-геодезичні роботи з використанням геоінформаційних систем.....	53
4.2 Особливості застосування сучасних геодезичних технологій у будівництві.....	58
4.3 Застосування сучасних геодезичних технологій в інженерних вишукуваннях. Принципи та практичні завдання.....	69
ТЕМА 5 АВТОМАТИЗАЦІЯ ТОПОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧНИХ МОНІТОРИНГОВИХ РОБІТ	72
5.1 Автоматизація інженерних вишукувальних робіт.	72
5.2 Поняття та актуальність топографо-геодезичних моніторингових робіт.....	76
5.3 Принципи автоматизації топографо-геодезичних моніторингових.....	78
5.4 Класифікація топографо-геодезичних моніторингових робіт	79
5.5 Реалізація топографо-геодезичних моніторингових робіт	86
ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 3 ПРОГРАМНІ ЗАСОБИ ТА ПРИНЦИПИ АВТОМАТИЗАЦІЇ КАМЕРАЛЬНИХ РОБІТ	89
ТЕМА 6 ПОРІВНЯННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБІТ.	89
6.1 Аналіз програмного забезпечення для автоматизації геодезичних робіт	89
6.2 Класифікація програмного забезпечення для автоматизації геодезичних робіт	90
6.3 Порівняльні характеристики програмного забезпечення	

для автоматизації геодезичних робіт	92
ТЕМА 7 ПРИНЦИПИ АВТОМАТИЗАЦІЇ	
КАМЕРАЛЬНОГО ОПРАЦЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ГЕОДЕЗИЧНИХ	
РОБІТ	97
7.1 Загальні відомості про опрацювання даних геодезичних робіт	97
7.2 Класифікація програмного забезпечення за функціональністю	98
7.3 . Особливості технології автоматизації камерального	
опрацювання результатів геодезичних робіт.	102
ТЕМА 8 ПРИКЛАДНІ АСПЕКТИ ЗАСТОСУВАННЯ	
ДАНИХ АВТОМАТИЗОВАНИХ ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБІТ	
8.1 Створення цифрових карт (планів) місцевості в програмному	
комплексі Digitals	105
8.2 Інтеграція даних польових зніманих для камерального	
опрацювання	110
8.3 Створення топографічного плану з використанням	
програмного комплексу AutoCad	124
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ	127

ВСТУП

Метою викладання навчальної дисципліни «Методи і засоби автоматизації геодезичних робіт» є ознайомлення майбутніх фахівців з методами та засобами виконання геодезичних вимірів та застосуванням їх для розв'язання завдань щодо проблем геодезії.

Вивчення цієї дисципліни безпосередньо базується на відомостях з таких дисциплін: «Геодезія», «Геодезичне забезпечення територій», «Електронні геодезичні прилади», «Геоінформаційні технології», «Сучасні дистанційні методи та геоінформаційних технологій в дослідженні територій».

Зміст курсу «Методи і засоби автоматизації геодезичних робіт» для здобувачів спеціальності «Геодезія та землеустрій» представлено в таких темах:

1. Концепції автоматизації геодезичних робіт.
2. Сучасні прилади, обладнання та програмні засоби автоматизації геодезичних робіт.
3. Методи автоматизації топографо-геодезичних робіт.
4. Сучасні підходи до інженерно-геодезичних вишукувань.
5. Автоматизація топографо-геодезичних моніторингових робіт.
6. Порівняння програмного забезпечення для автоматизації геодезичних робіт.
7. Принципи автоматизації камерального опрацювання результатів геодезичних робіт.
8. Прикладні аспекти застосування даних автоматизованих геодезичних робіт.

У рамках цього курсу виокремлюють три змістові модулі:

1. Особливості автоматизації геодезичних робіт.
2. Інструментальні методи автоматизації топографо-геодезичних робіт.
3. Програмні засоби та принципи автоматизації камеральних робіт.

У результаті вивчення дисципліни здобувач повинен:

– володіти підходами до автоматизації геодезичних робіт із дослідження територій та моніторингу земель;

– уміти виконувати геодезичні роботи та моніторинг земель із застосуванням сучасних методів автоматизації, приладів і програмного забезпечення.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1 ОСОБЛИВОСТІ АВТОМАТИЗАЦІЇ ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБІТ

ТЕМА 1 КОНЦЕПЦІЇ АВТОМАТИЗАЦІЇ ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБІТ

План

- 1.1 Нормативна база проведення топографо-геодезичних робіт.
- 1.2 Поняття автоматизації геодезичних робіт.
- 1.3 Види і умови здійснення топографо-геодезичної і картографічної діяльності.
- 1.4 Вимоги щодо здійснення автоматизованих геодезичних робіт.
- 1.5 Автоматизація геодезичних робіт в проєктуванні і будівництві.
- 1.6 Автоматизація геодезичних вимірювань з використанням геоінформаційних технологій.

1.1 Нормативна база проведення топографо-геодезичних робіт

Нормативна база:

- Закон України «Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність»[1];
- «Вимоги до технічного і технологічного забезпечення виконавців топографо-геодезичних і картографічних робіт», затверджені Наказом Міністерства аграрної політики та продовольства України від 11 лютого 2014 року № 65 «Про затвердження Вимог до технічного і технологічного забезпечення виконавців топографо-геодезичних і картографічних робіт» [2];
- «Положення про порядок надходження, зберігання, використання та обліку матеріалів Державного картографо-геодезичного фонду України», затверджене Постановою Кабінету Міністрів України від 22 липня 1999 року № 1344 [3];

– «Положення про Державну службу України з питань геодезії, картографії та кадастру», затверджене Постановою Кабінету Міністрів України від 14 січня 2015 року № 15 [4].

1.2 Поняття автоматизації геодезичних робіт

Відповідно до ст. 1 ЗУ, топографо-геодезичні та картографічні роботи – процес створення геодезичних, топографічних і картографічних матеріалів, даних, топографо-геодезичної та картографічної продукції.

Топографо-геодезичні процеси проводяться для дослідження поверхні ділянки та за результатами їх проведення розробляються графічні матеріали.

Топографічна зйомка може виконуватись в різних масштабах, однак найбільш поширеним є зйомка у масштабі 1 : 500. Саме в такому масштабі є можливим визначення інженерних комунікацій та погодження їх з відповідними експлуатуючими організаціями.

Топозйомки, проведені фахівцями, дають достовірну та повну інформацію, яка може використовуватись для проектування житлових, промислових чи інфраструктурних об'єктів, капітального будівництва та реконструкції, прокладання доріг і комунікацій чи інших потреб.

Об'єктами топографо-геодезичної і картографічної діяльності є:

- територія України, в тому числі водні об'єкти, міста та інші населені пункти, системи промислових, гідротехнічних та інших інженерних споруд і комунікацій, континентальний шельф і виключна (морська) економічна зона України;
- територія земної кулі, включаючи Антарктиду, Світовий океан, космічний простір, небесні тіла.

Особи, які мають право займатись топографо-геодезичною і картографічною діяльністю. Професійною топографо-геодезичною і картографічною діяльністю за відповідними напрямками можуть займатися особи, які мають вищу освіту у сфері геодезії та/або землеустрою.

Сертифіковані інженери-геодезисти несуть відповідальність за якість результатів топографо-геодезичних і картографічних робіт.

Виконання топографо-геодезичних і картографічних робіт може здійснюватися за такими напрямками:

- основні геодезичні роботи;
- загальнодержавні топографічні знімання;
- інженерні вишукування для будівництва та великомасштабні топографічні знімання.

Центральний орган виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері земельних відносин, веде Державний реєстр сертифікованих інженерів-геодезистів, які отримали кваліфікаційний сертифікат. Інформація з Державного реєстру сертифікованих інженерів-геодезистів у формі витягу надається фізичним і юридичним особам за їхнім письмовим зверненням на безоплатній основі.

1.3 Види і умови здійснення топографо-геодезичної і картографічної діяльності

Під час здійснення топографо-геодезичних, картографічних робіт повинні забезпечуватися:

- додержання вимог нормативно-технічної документації;
- впровадження прогресивних технологій і методів організації топографо-геодезичного і картографічного виробництва;
- розроблення, впровадження та організація програмного, технологічного і технічного забезпечення ефективного використання цифрових карт і геоінформаційних систем;
- виконання робіт методами і способами, безпечними для життя і здоров'я людей, стану довкілля та об'єктів, що мають історико-культурну цінність;

– графічне зображення на картах державних кордонів України та меж адміністративно-територіального устрою, а також кордонів іноземних держав та інших політико-адміністративних і географічних елементів;

– зберігання та облік топографо-геодезичних, картографічних, аерозйомочних і космічних матеріалів;

– систематичний аналіз державної астрономо-геодезичної основи на території України та відповідності картографічних матеріалів сучасному стану місцевості;

– виконання топографічних, картографічних, кадастрових зйомок та оновлення карт і планів, зйомок континентального шельфу та водних об'єктів в єдиній системі координат і висот.

Види топографо-геодезичних робіт - загальнодержавного призначення; - спеціального призначення.

До загальнодержавних топографо-геодезичних і картографічних робіт належать:

– вивчення і визначення параметрів фігури Землі та гравітаційного поля для цієї мети;

– створення та оновлення державних топографічних карт і планів у графічній, цифровій, фотографічній та інших формах, точність і зміст яких забезпечують вирішення загальнодержавних, оборонних, науково-дослідних та інших завдань, видання цих карт і планів;

– створення, розвиток і підтримка в робочому стані державної геодезичної і висотної геодезичної мереж, у тому числі гравіметричної фундаментальної і першого класу, щільність і точність яких забезпечують створення державних топографічних карт і планів, вирішення загальнодержавних, оборонних, науково-дослідних та інших завдань;

– створення та оновлення кадастрових карт (планів), надання їх, а також необхідної топографо-геодезичної інформації користувачам для ведення Державної реєстраційної системи землі та іншого нерухомого майна, ведення банку даних;

- визначення сталих географічних об'єктів на території України;
- дистанційне зондування Землі повітряними та наземними засобами, а також використання даних дистанційного зондування Землі із космосу з метою використання в топографо-геодезичній і картографічній діяльності, геодинамічні дослідження на основі результатів геодезичних вимірювань;
- формування і ведення державного та регіональних картографо-геодезичних фондів;
- створення і розвиток національної інфраструктури геопросторових даних;
- створення геоінформаційних систем;
- проектування, складання і видання загально-географічних, політико-адміністративних, науково-довідкових та інших тематичних карт і атласів міжвідомчого значення, навчальних картографічних посібників;
- топографо-геодезичне, картографічне та гідрографічне забезпечення делімітації, демаркації і перевірки державного кордону України;
- картографування, включаючи створення топографічних карт Антарктиди, континентального шельфу, Світового океану і зарубіжних країн;
- здійснення науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт у сфері геодезії, картографії, дистанційного зондування Землі та інших планет, метрологічне та нормативне забезпечення топографо-геодезичних і картографічних робіт;
- організація серійного виробництва геодезичної і картографічної техніки.

До топографо-геодезичних і картографічних робіт спеціального призначення належать:

- роботи із топографо-геодезичного і картографічного забезпечення кадастрової діяльності - створення, розвиток і підтримка в робочому стані геодезичних мереж спеціального призначення, створення і оновлення картографічної основи державного кадастру, створення місцевих систем координат, порядок ведення яких встановлюється спеціально уповноваженим

центральною органом виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері земельних відносин;

– роботи із топографо-геодезичного і картографічного забезпечення містобудівної діяльності - створення геодезичних та картографічних матеріалів і даних для планування території, проектування, будівництва і реконструкції об'єктів капітального будівництва, створення інженерної та транспортної інфраструктури, а також проведення необхідних для цього інженерних вишукувань;

– роботи із топографо-геодезичного і картографічного забезпечення містобудівної діяльності не потребують отримання замовниками та/або виконавцями таких робіт дозволу органів виконавчої влади та/або місцевого самоврядування на їх проведення;

– матеріали, складені за результатами виконання робіт із топографо-геодезичного і картографічного забезпечення містобудівної діяльності, не підлягають погодженню органами державної влади, органами місцевого самоврядування, підприємствами, установами та організаціями, затверджуються замовниками таких робіт та включаються до складу геопросторових даних містобудівного кадастру;

– створення географічних інформаційних систем спеціального (тематичного) призначення;

– створення тематичних карт, планів і атласів спеціального призначення в графічній, цифровій та іншій формах, видання таких карт, планів і атласів;

– геодезичні, топографічні, аерозйомочні та інші спеціальні роботи під час інших вишукувань і спеціальних робіт;

– виконання науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт у напрямках, зазначених у цій статті.

Законом України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо особливостей регулювання земельних відносин в умовах воєнного стану» від 12 травня 2022 р. № 2247-IX [5] передбачено створення правових передумов для забезпечення громадян та суб'єктів підприємницької

діяльності в умовах воєнного часу послугами зі складання документації із землеустрою, топографо-геодезичних і картографічних робіт, оцінки майна, експертної грошової оцінки земельних ділянок, що є критичними для функціонування земельно-майнових відносин.

Відповідно до Закону на період дії воєнного стану для виконання 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 сертифіковані інженери-землевпорядники та/або сертифіковані інженери-геодезисти повинні отримати від органу Служби безпеки України спеціальний дозвіл на виконання топографо-геодезичних вишукувань.

1.4 Вимоги щодо здійснення автоматизованих геодезичних робіт

Вимоги до технічного і технологічного забезпечення виконавців топографо-геодезичних і картографічних робіт. Відповідно до п. 2.1 Вимог виконавець робіт повинен мати на праві власності чи інших законних підставах такі засоби обчислювальної та інформаційної техніки, технічні засоби, необхідні для виконання топографо-геодезичних і картографічних робіт:

– супутникові геодезичні ГНСС-приймачі, високоточні і точні електронні тахеометри, теодоліти та нівеліри, гравіметри, комп'ютери та відповідне ліцензоване програмне забезпечення для виконання робіт зі створення Державної геодезичної мережі, геодезичних мереж згущення, геодезичних мереж спеціального призначення, інженерно-геодезичних вишукувань;

– цифрові аерокамери, аерофотоапарати, прилади для обробки аерофільмів та друку фотографій, сканери високої роздільної здатності,

аналітичні та цифрові фотограмметричні прилади, точні та технічної точності тахеометри (електронні), теодоліти та нівеліри, комп'ютери та відповідне ліцензоване програмне забезпечення для виконання аерофототопографічних робіт, топографічних зйомок, кадастрових зйомок, топографічних робіт для забезпечення основи різних кадастрів;

– сканери високої роздільної здатності, обладнання для підготовки карт до видання, комп'ютери та спеціалізоване ліцензоване програмне забезпечення (геоінформаційні системи, система управління банком даних тощо) для виконання робіт зі створення (укладання, поновлення, підготовка до видання) карт (планів) у графічному, цифровому та електронному видах, робіт зі створення та ведення геоінформаційних систем, баз та банків даних.

Геодезичні інструменти та обладнання, комп'ютерна, обчислювальна, інформаційна техніка і програмне забезпечення, які застосовуються для виконання топографо-геодезичних і картографічних робіт, повинні забезпечувати необхідну точність вимірювань, автоматизацію процесів обробки даних, отримання геодезичних, топографічних і картографічних матеріалів та даних у паперовому та електронному вигляді.

Юридичні та фізичні особи мають право користуватися матеріалами Державного картографо-геодезичного фонду України. Користування геодезичними та картографічними даними в електронному вигляді здійснюється через геопортали: Державної геодезичної мережі; бази топографічних даних; національної інфраструктури геопросторових даних.

1.5 Автоматизація геодезичних робіт в проєктуванні і будівництві

Системи автоматизованого проєктування, конструювання та розроблення технологічної документації з використанням персонального комп'ютера є найважливішими сучасними засобами інформатизації конструкторської та технологічної діяльності. Серед цих засобів, що належать до сфери науки і техніки, одне з найвизначніших місць займає програма

AutoCAD. AutoCAD є потужним інструментальним засобом, що забезпечує автоматизацію графічних робіт на базі персональних комп'ютерів. За допомогою даної програми може бути побудований будь-який рисунок, якщо його можна намалювати вручну.

На сучасному етапі розвитку науково-технічного прогресу відбувається фундаментальна зміна технології та методів виконання топографо-геодезичних робіт, що пов'язано в першу чергу з якісною зміною складу парку геодезичного обладнання, що використовується.

Інтенсивний розвиток електронних тахеометрів, що відрізняються високим ступенем автоматизації кутових та лінійних вимірювань, призвів до розробки систем і комплексів, що включають як складові частини або блоки зазначені прилади та підвищують рівень автоматизації не окремих процесів, а топографічної зйомки в цілому.

Аналіз технічних характеристик тахеометра і традиційних геодезичних приладів: оптичного теодоліту та квантового далекоміра показує, що при порівняно схожих показниках точності вимірювань тахеометр значно легший, але головна перевага тахеометра полягає у високій продуктивності вимірювань з автоматизованою видачею їх кінцевих результатів. Ця обставина є вирішальним фактором, що дозволяє підвищити продуктивність виконання геодезичних робіт.

Здатність виміру великих відстаней без призм (до 250 м) дає можливість використовувати тахеометр для вирішення широкого спектру інженерних завдань: вимірювання висотних будівель та конструкцій, лісові зйомки, зйомки кар'єрів та підземних виробок тощо.

Застосування електронного тахеометра під час виконання топографо-геодезичних робіт дозволить за збереження необхідного рівня точності значно підвищити ефективність виконання робіт за критерієм витрат часу.

1.6 Автоматизація геодезичних вимірювань із використанням геоінформаційних технологій

Сьогодні топографо-геодезичні роботи виконуються за допомогою високоточних вимірювальних приладів. Знімальні роботи великих територій проходять в польових умовах і вся вихідна знімальна інформація нагромаджується в одному інформаційному масиві. Обробка цих даних вручну досить трудомістка і для складних математичних розрахунків, що виникають у процесі виконання камеральної обробки даних топографо-геодезичних зйомок, використовуються сучасні геоінформаційні системи (ГІС). Розвиток сучасних технологій передбачає комп'ютеризацію практично всіх систем аналізу та спостереження. Технологічною основою створення географічних інформаційних систем є ГІС-технології. ГІС розглядають як сукупність засобів інформаційних технологій для збору геопросторових даних, створення і використання цифрових моделей геосистеми із застосуванням усього арсеналу методів і засобів комп'ютерної обробки та візуалізації інформації, формалізації та накопичення знань, у тому числі й на основі комунікативної потужності інформаційних мереж. Результати виконаних топографо-геодезичних і кадастрових робіт містяться в ГІС. Система дозволяє оперативно вносити зміни в банк даних і надає засоби обробки просторової інформації.

Досягнення в мікроелектроніці, комп'ютерній техніці, поява лазерів і супутникових технологій дало поштовх розвитку геотроніки. Зараз вся вимірювальна геодезична техніка практично заснована на електроніці. Для вимірювання відстаней сьогодні використовуються електромагнітні хвилі, це скоротило час вимірювань. Електроніка дозволила автоматизувати і кутові вимірювання. Об'єднання електронного теодоліта, малогабаритного фазового світлодалеміра і мікрокомп'ютера в єдину конструкцію дозволило створити електронний тахеометр – прилад, що дозволяє виконувати кутові і лінійні виміри з їх обробкою в польових умовах. У зарубіжній літературі такі прилади отримали назву **Total Station** (універсальна станція). Їх точність доходить до

0,5 кутової секунди і 2 міліметри +2 мм / км, а дальність дії – до 5 кілометрів. Для точних вимірювань сконструйований цифровий нівелір, що працює по кодованій рейці. Глобальні супутникові навігаційно-геодезичні системи GPS і ГЛОНАСС забезпечують отримання координат в будь-якій точці Землі в будь-який довільний момент часу. В них реалізовані принципово нові методи вимірювань, і ці системи дозволяють здійснити абсолютно нові підходи до виконання геодезичних робіт. Дані отримані від геодезичних робіт опрацьовують за допомогою спеціального програмного забезпечення **Digital** та **Topocad**. Програмний пакет **Digital** розроблений у ДНВП «Геосистема» (м. Вінниця Україна), призначений для створення цифрових планів і карт та виконання робіт із землеустрою, розв'язування інженерних і прикладних задач. Початкова версія програми **Digital Standard** містить базові можливості. **Delta/Digital** – програмне забезпечення цифрової фотограмметричної станції для фотограмметричного опрацювання результатів аерофотознімання. Підпрограма **Geodesy** призначена для обробки польових вимірювань теодолітного і тахеометричного знімання, полігонометричних ходів та мереж. Програмний комплекс **Маркшейдерсько-геодезичні мережі і зйомки** призначений для прорахунку точності і врівноваження планово-висотних мереж довільної конфігурації. **Topocad** – це система автоматизованого проєктування (САПР), яка дозволяє виконати комплексну обробку даних від збору результатів польових спостережень і створення моделі підоснови до підготовки даних у будівництва для виносу в натуру. Залежно від того, які етапи камерального опрацювання даних (попереднє опрацювання вимірів, візуалізація, редагування та формування звітів) забезпечує використання сучасного геодезичного обладнання та ГІС-технологій, можна виділити спеціалізоване, загальне та універсальне програмне забезпечення. Сучасне геодезичне обладнання дає можливість сумісного накопичення і використання графічних та семантичних даних, перехресний доступ до інформації різного виду; підтримка тематичних даних та їхня інтеграція за просторовим аспектом у них, дослідницьких та ін. організаціях; можливість просторового аналізу

даних, моделювання і відображення результатів на електронній карті у найбільш зручному вигляді. Для розвитку економіки, ефективного управління територіями та покращення якості життя людей, важливу роль відіграють сучасні інформаційні технології. Вони дозволяють вирішувати питання соціально-економічних заходів, спрямованих на регулювання земельних відносин та раціональну організацію адміністративно-територіальних утворень, суб'єктів господарювання. Застосування ГІС-технологій дозволяє зробити кардинальні зрушення у прийнятті управлінських рішень з використання природних ресурсів, охорони навколишнього середовища та екологічної безпеки на різних рівнях, та автоматизації процесів виробництва та обробки інформації.

ТЕМА 2 СУЧАСНІ ПРИЛАДИ, ОБЛАДНАННЯ ТА ПРОГРАМНІ ЗАСОБИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБІТ

План

- 2.1 Автоматизація геодезичних робіт з допомогою тахеометрів.
- 2.2 Прилади для автоматизації геодезичних робіт.
- 2.3 Сучасні геодезичні прилади в будівництві та реконструкції будівель і споруд.
- 2.4 Програмні засоби та новітні підходи до камерального опрацювання даних геодезичних зніманих.

2.1 Автоматизація геодезичних робіт з допомогою тахеометрів

Провідні виробники електронних тахеометричних систем **Spectra Precision** (Швеція / Німеччина), **Leica** (Швейцарія), **Sokkia**, **Topcon**, **Nikon**, **Pentax** (Японія), що випускають більше 100 моделей і модифікацій електронних тахеометрів, розглядають останні як геодезичні системи первинного значення, функціональні можливості яких можуть доповнюватися можливостями супутникових приймачів.

Електронний тахеометр це багатофункціональний, компактний електронний прилад, який дозволяє проводити практично будь-геодезичні роботи. Тахеометр дозволяє вимірювати горизонтальні і вертикальні відстані, кути, площі на відстанях до 5 км і з точністю до 1 см, вести автоматичний запис даних тисяч точок, обмінюватися даними з комп'ютером.

Сучасні електронні тахеометри значно різняться не тільки своїми конструктивними або технічними характеристиками, але і орієнтацією на конкретного користувача або певну сферу застосування. Тому тахеометри можна також класифікувати за їх призначенням для вирішення конкретних завдань. Точність і дальність вимірювань в даному випадку вже не відіграють

істотної ролі. Визначальним стає фактор ефективності застосування приладу для вирішення конкретного типу завдань. Наприклад, для виконання традиційних робіт щодо землевідведення достатньо мати простий механічний тахеометр з мінімальним набором вбудованих програм. У той же час для робіт з вишукувань і будівництва автомагістралей найбільш ефективним буде застосування роботизованого електронного тахеометра, що має функції автоматичного спостереження за відбивачем, контролер і програми, що дозволяють не тільки працювати з ними даними, а й відтворювати отримані результати безпосередньо в полі на екрані контролера.

При вимірюванні відстаней за допомогою теодоліта необхідне використання рейки. При цьому допустима точність дотримується на відстанях до 250–300 метрів. У той же час тахеометр вимагає спеціального відбивача, що встановлюється на віху і з його допомогою можна провести вимірювання на відстані до 5 км з точністю до 1 см (окремі моделі). Більш досконалі моделі тахеометрів дозволяють працювати без відбивача на відстанях до 500 метрів і більше, наводячи прилад безпосередньо на об'єкт. Загалом і в цілому можна сказати, що точність вимірювання найпростіших тахеометрів як правило не гірше 5-6" для кутових вимірів і 3 мм + 3 ppm – для лінійних при зйомці з відбивачем. Для дотримання точності кутових вимірів надзвичайно важливий діапазон компенсації впливу кутів нахилу вертикальної і горизонтальної осей. Ця величина особливо істотна при роботі тахеометром зі штатива.

На відміну від проведення робіт з теодолітом, при яких необхідно вести журнал для запису кутів, відстаней і т. п. при тахеометричній зйомці потрібно лише ведення абрису. Кути, відстані і номери пікетів будуть автоматично збережені в пам'яті тахеометра. Якщо змінюється місце встановлення приладу (станція), буде потрібно лише внести дані про нову станцію і задати номер першого пікету. Після цього при наведенні на відбивач тахеометр буде робити вимірювання автоматично при натисканні однієї кнопки.

Одна з корисних особливостей електронного тахеометра - автоматичний розрахунок горизонтального прокладення. На дисплеї приладу відображаються похила відстань, вертикальний та горизонтальний кути або похила відстань, горизонтальне прокладення і перевищення. Причому режими відображення цієї інформації можна перемикаєти в будь-який час.

Щоб вимірювати площу багатокутного ділянки як завгодно складної форми за допомогою електронного тахеометра необхідно просто по черзі встановлювати відбивач в кожному кутку ділянки, за умови що всі кути знаходяться в полі видимості однієї точки.

Електронний тахеометр дозволяє виконувати й такі звичайні вимірювання, як висота об'єкта або відстань між двома точками. А також, як і при роботі з теодолітом, робити виміри «зі зміщенням».

Важлива і надзвичайно зручна функція тахеометра – це «винос в натуру». Прилад встановлюється на точку з відомими координатами, проводиться його орієнтування (шляхом задавання дирекційного кута або задавання координат точки орієнтування). Після цього вводяться координати точки для виносу, і тахеометр показує кут, на який його потрібно повернути і відстань, яку необхідно відкласти в заданому напрямку. Особливо це зручно при проведенні робіт на сильно пересіченій місцевості і великих відстанях, де використання теодоліта в поєднанні з рулеткою вимагає великих трудовитрат.

Для кар'єрних робіт зручне використання такої функції електронного тахеометра як визначення своїх координат за допомогою оберненої засічки. При першій установці тахеометра знімають координати точок на будь-яких об'єктах по краях кар'єра (з допомогою відбиваючої плівки). Після проведення робіт, знову встановлюється тахеометр і за допомогою оберненої засічки визначаються координати точки стояння, а також робиться нова зйомка кар'єра. Використовую програмне забезпечення (наприклад CREDO) досить швидко можна побудувати схему виконаних кар'єрних робіт по квадратах і загальну інформацію про них.

Клавіатура електронного тахеометра може бути цифровою або алфавітно-цифровою. Деякі моделі тахеометрів мають клавіатури з обох сторін. Число клавіш клавіатури в середньому лежить в межах від 10 до 30, залежно від можливостей тахеометра. Клавіатура з мінімальним числом клавіш, кожна з яких багатофункціональна, дуже незручна і неефективна. У той же час окремі електронні тахеометри мають повні PC-сумісні клавіатури.

Пам'ять 10 000 точок і програмне забезпечення для обміну даними з комп'ютером – безсумнівні переваги електронного тахеометра. Крім того, додаткові програми дадуть можливість не тільки отримати просторову модель знятого рельєфу з промальовуванням горизонталей в електронному вигляді, але і легко доповнити її інформацією про існуючі та нові об'єктах (тип поверхні, види рослинності, будівлі, споруди, комунікації тощо).

Практично всі виробники випускають моделі електронних тахеометрів пристосовані для жорстких кліматичних умов (робота при низьких температурах до -30°C).

Ряд фірм-виробників випускають так звані автоматизовані системи, що стежать. Основою їх є високоточний електронний тахеометр з потужним далекомірним блоком, сервоприводами і функціями робота. Прилади цього типу можуть використовуватися і як «звичайні» роботизовані тахеометри, і як датчики автоматичної системи, що стежить. Наприклад, для вирішення наступних завдань: автоматичні спостереження за деформаціями інженерних споруд і земної поверхні; геодезичне забезпечення гідрографічних робіт; автоматичне визначення координат рухомих об'єктів; управління будівельними машинами та механізмами. Такі прилади легко інтегруються в автоматичні системи, в яких електронний тахеометр працює під управлінням різних комп'ютерних програм. Дані про стан об'єктів можуть виводитися як на єдиний диспетчерський пульта, так і на пульта управління окремої машини.

Деякі електронні тахеометри оснащуються системою з модулем стеження і спеціальним активним відбивачем. Активний відбивач обов'язково включає активний випромінювач-діод, випромінювання якого фіксується

електронним модулем стеження, і не допускає наведення на інші відбивачі поверхні. При втраті відбивача система пошуку швидко знаходить його.

Роботизовані тахеометри мають радіокомунікаційний модуль / радіомодем, що забезпечує зв'язок приладу з активним відбивачем. В якості контролера, що забезпечує управління тахеометром через радіомодем, встановлений на вісі з відбивачем, часто використовуються польові комп'ютери.

Дальність роботи з електронним тахеометром в роботизованому режимі як правило лежить в межах 1–1,5 км, що обумовлюється в основному граничними відстанями при таких видах зйомок. У цілому застосування роботизованих технологій підвищує ефективність робіт практично вдвічі в порівнянні з використанням механічних тахеометрів, що дає можливість значно скоротити трудові витрати, звести до мінімуму помилки польових вимірювань, що в підсумку дозволяє, принаймні, подвоїти річні обсяги геодезичних робіт.

При використанні електронного тахеометра в автоматичних системах спостереження за деформаціями управління процесом спостережень, реєстрація даних, їх обробка та аналіз здійснюються в реальному часі спеціальними програмами для зовнішніх комп'ютерів.

2.2 Прилади для автоматизації геодезичних робіт

Сьогодні на ринку пропонується велика кількість різних геодезичних приладів, технології виконання геодезичних робіт не стоять на місці, а дуже швидко розвиваються. Сучасні геодезичні технології дуже відрізняються від традиційних технологій і традиційних геодезичних приладів. Ще кілька років тому для певного виду вимірювань застосовували конкретну технологію вимірювань та конкретний прилад для виконання. Так, сферою застосування теодолітів були кутові вимірювання, нівелірів – висотні вимірювання, для лінійних вимірювань – рулетка або далекомір. Також і точність приладів була

відповідною. З появою електронних тахеометрів відпала необхідність додаткових побудов на місцевості, виникла можливість швидкого отримання координат та підвищилась точність вимірювань.

Сучасні геодезичні прилади сьогодні – це високих технологій, які включають останні досягнення різних наук –електроніки, точної механіки, оптики та інших. Супровід будівництва, реконструкції або ремонтних робіт автомобільних доріг виконується за допомогою геодезичних вимірювань. Точні геодезичні вимірювання на лінійних об'єктах потребують велику кількість часу. Під час використання традиційних геодезичних приладів – теодоліту, далекоміру, нівеліру та рулетки вимірювання можуть зайняти більше тижня. Сьогодні є актуальними терміни виконання робіт, тому підрядники або виконавці намагаються оснастити своїх фахівців сучасним геодезичним обладнанням. Розвиток комп'ютерних технологій зумовив потребу у швидких обчисленнях і кресленнях. Сучасні прилади є універсальними, вони дозволяють провести геодезичні вимірювання в найкоротші терміни і з максимально точними результатами, а наявність відповідного програмного забезпечення дає можливість використовувати їх у спеціальних програмах.

Використання сучасного геодезичного обладнання передбачає знання теоретичних основ картографії, геодезії та топографії, знання технічних особливостей приладів, знання специфіки роботи з супутниковими системами, розуміння принципу дії приладів, знання характеру і причин виникнення можливих похибок під час проведення вимірювань. Важливим фактором, який визначає сучасний рівень інженерно-геодезичного забезпечення будівництва, реконструкції або ремонтних робіт, є рівень використання можливостей сучасних приладів і технологій. На перший погляд виникає ілюзія того, що сучасні прилади і технології, які характеризуються високим рівнем автоматизації, не вимагають відповідного рівня підготовки фахівців, однак це не так. Тут слід розуміти, що нові прилади і технології під час їх професійного застосування дозволяють істотно розширити коло завдань, які вирішуються, методами геодезії і топографії, підвищити доступність топографо-геодезичних

матеріалів під час вирішення різних задач будівництва та експлуатації доріг. Наявність професійного обладнання дозволяє зробити найточніші розрахунки в максимально стислі терміни. В останнє десятиліття темпи модернізації приладів, які використовують під час геодезичних робіт, значно зросли, були розроблені зовсім нові технології, які дозволили поліпшити їх функціональні особливості та технічні характеристики [6].

2.3 Сучасні геодезичні прилади в будівництві та реконструкції будівель і споруд

Сучасні геодезичні прилади можна розділити на такі групи:

- геодезичне GPS-обладнання;
- електронні тахеометри;
- електронні (цифрові) теодоліти;
- електронні (цифрові) нівеліри;
- лазерні сканери.

Кожен з перерахованих приладів має свою сферу застосування, свої переваги та недоліки. У комплексному будівництві, реконструкції або ремонтних роботах необхідно застосовувати всі види сучасних геодезичних приладів, оскільки кожен з них виконує свій унікальний вид роботи [9]. Геодезичні GPS-приймачі спеціально створені для точного визначення координат точкових об'єктів. GPS-приймачі бувають наступних модифікацій: одночастотні, двочастотні і багаточастотні [9; 10].

Одночастотні використовують для межування земель і проведення підрахунку площі ділянок великих розмірів; двочастотні – для створення мереж згущення опорних геодезичних і межових мереж, проведення зйомок лінійних об'єктів та топографічних зйомок. Багаточастотні GPS-приймачі включають перераховані вище види робіт, а також мають можливість отримання координат в реальному часі. GPS-приймач складається з наступних частин: антена, приймаючий пристрій і польовий контролер. У всіх GPS-

приймачах високий ступінь захисту від падінь (з висоти до 1,5 м), пилу і вологи (IP67), що дає можливість застосовувати їх практично у всіх кліматичних умовах. Головним плюсом такого обладнання є мобільність транспортування, оскільки GPS має порівняно невелику вагу і габарити. Електронний тахеометр об'єднує теодоліт, світлодалекомір і мікроЕОМ, дозволяє виконувати кутові і лінійні вимірювання і здійснювати спільну обробку результатів цих вимірювань. Тахеометри, в яких всі пристрої (кутомірні, далекомірні, зорова труба, клавіатура, процесор) об'єднані в один механізм, називають інтегрованими тахеометрами [6]. Тахеометри, які складаються з окремо сконструйованого теодоліта (електронного або оптичного) і світодалекоміра, називають модульними тахеометрами. На цей час найбільш широкого поширення набули електронні тахеометри зарубіжних фірм **Sokkia**, **Topcon**, **Leica**, **Trimble**. Вони мають вбудоване програмне забезпечення для виробництва практично всього спектру геодезичних робіт: розвиток геодезичних мереж; зйомка і винос в натуру; рішення задач координатної геометрії (пряма і зворотна геодезична завдання, розрахунок площ, обчислення зарубок). Кутова точність у таких приладів може бути від 1 до 5 в залежності від класу точності.

Електронні теодоліти – це модернізовані пристрої, які намагаються замінити і доповнити можливості оптичних моделей. Попри те, що існує багато спільного в пристрої оптичних і електронних теодолітів, останні мають ряд значних переваг. Головна їх перевага полягає в спрощенні процесу вимірювань. Якщо оператор застосовує оптичну модель, всі відліки знімають візуально, а коли використовує електронний теодоліт, відліки відображаються автоматично, за рахунок чого робота значно прискорюється, а похибка зводиться до мінімуму. Крім переваг, електронні теодоліти мають кілька досить значущих недоліків.

Наявність електронної системи визначає потребу пристрою в електроживленні. Один заряд батарейок гарантує до 20 годин роботи пристрою. Передбачена функція автоматичного вимкнення через 20 хвилин

простою забезпечує економічну витрату енергії приладом. Також електронна система досить чутлива до впливу зовнішніх факторів, наприклад, низьких температур, вимагає особливо обережного поводження.

Цифровий нівелір – інструмент, що дозволяє багаторазово підвищити якість і надійність вимірювань. Головною перевагою цифрового нівеліра є можливість автоматичного зняття відліків з використанням спеціальної рейки з нанесеним на неї штрих-кодом. Штрих-код жодного разу не дублюється по всій довжині рейки та дозволяє точно визначити висоту від п'яти рейки до місця наведення горизонтальної труби нівеліра. На відміну від оптичного нівеліра, точність зняття відліків не залежить від особливостей зору спеціаліста або навколишніх умов – досить просто навести на рейку і натиснути на кнопку запуску вимірювань [6].

Лазерні сканери – це абсолютно нове геодезичне обладнання. Якщо розглянути технічну сторону лазерних сканерів, лазерний сканер – це прилад, який облаштований високошвидкісним безвідбивачевим лазерним далекоміром і системою зміни напрямку променю лазера. Область сканування – сектор повороту дзеркала, в якому буде з великою швидкістю до 50 000 точок в хвилину поширюватися лазерний промінь далекоміра. Таким чином можна отримати суцільну зйомку об'єкта [6]. Найбільше поширення при геодезичному супроводі ремонтних робіт та робіт з будівництва та реконструкції отримали електронні тахеометри та цифрові нівеліри. Великий обсяг геодезичних робіт як під час будівництва, так і під час ремонтних робіт можна виконувати електронним тахеометром. Тахеометр незамінний під час проведення виносу в натуру. Головною перевагою використання електронних тахеометрів є відсутність необхідності ведення спеціального журналу для запису відстаней і кутів, як під час роботи з теодолітом, оскільки тахеометрична зйомка вимагає тільки ведення абрису. Номери пікетів, відстані і кути зберігаються автоматично в пам'яті інструменту, і в разі зміни місця його розташування необхідно буде тільки ввести відомості про нову станцію і пронумерувати пікет, після чого під час натискання спеціальної кнопки

тахеометр сам зробить всі виміри. Також тахеометр дозволяє проводити розрахунок горизонтального положення автоматично – дисплей пристрою показує горизонтальні і вертикальні кути, похили, відстані, перевищення і горизонтальне положення, а режими відображення інформації можуть бути змінені при першій же необхідності. Електронний тахеометр має функцію «виносу в натуру». Тахеометр встановлюють в точці з визначеними координатами, задають координати точки орієнтування або дирекційний кут. Потім виставляється точка для виносу, після введення її координат на моніторі приладу висвічується кут повороту і дистанція, яку потрібно відміряти в даному напрямку. За допомогою тахеометру можна зробити виміри дистанції між точками, і висоти адаптовані для проведення замірів в зонах особливо знижених температур, проте їх вартість, відповідно, вище. Під час будівництва та реконструкції автомобільної дороги виконують операційний контроль якості робіт і виконавчий контроль по закінченні всього будівництва або окремої ділянки. Під час контролю перевіряється відповідність геометричних параметрів їх ним значенням. Геометричні параметри автомобільної дороги, які можна контролювати з використанням тахеометрів, можна розділити на такі групи: параметри земляного полотна, параметри дорожнього одягу, загальні параметри дороги.

До параметрів земляного полотна, які контролюють, належать [6]:

- довжина прямих ділянок, кути повороту траси;
- радіуси кривих в плані;
- радіуси вертикальних кривих;
- ухили і позначки поздовжнього профілю;
- товщина шарів земляного полотна;
- відстань між віссю і брівкою;
- поперечний ухил;
- крутизна схилів;
- поперечні розміри канав по низу;
- поперечні розміри дренажу;

- поздовжні ухили дренажу;
- ширина насипних берм.

До параметрів дорожнього одягу відносять:

- висотні позначки по осі дороги;
- ширина шарів дорожнього одягу та земляного полотна;
- товщина шарів дорожнього одягу;
- поперечні ухили.

Загальні параметри дороги включають:

- видимість на перехрестях в одному рівні;
- видимість на горизонтальних кривих;
- видимість на вертикальних кривих.

Одним з методів визначення перевищень в геодезії є нівелювання. Сфера його застосування – вивчення форм рельєфу під час будівництва, реконструкції та виконання ремонтних робіт автомобільних доріг, для спостереження за інженерними та штучними спорудами у процесі експлуатації. Лазерний нівелір, призначений для визначення перевищень і передачі висотних позначок. Відмінністю лазерних нівелірів від їх оптичних аналогів є те, що в них є можливість побудувати робочу площину. В основі конструкції нівеліру – принцип подвійного зображення.

Застосування цифрових нівелірів [6]:

- спостереження за деформаціями інженерних споруд;
- нівелювання проїзної частини дорожнього полотна;
- нівелювання для визначення ухилів та побудови профілів;
- зйомки русла;
- зйомки зон осідання;
- прокладання нівелірних ходів;
- нівелювання майданчиків.

Завдяки сучасним технологіям цифрові нівеліри спрощують роботу спеціаліста у польових умовах та підвищують продуктивність його праці.

Використання цифрових нівелірів забезпечує високу точність вимірів та виключає можливість виникнення помилок за рахунок людського фактору.

Лазерна зйомка автомобільних доріг – це порівняно новий метод топографічної зйомки. Проте лазерне сканування набирає широкої популярності для застосування на наших дорогах. Метод заснований на комп'ютерній обробці даних, отриманих в результаті роботи лазерного далекоміра. Датчики реєструють сигнали лазера, відбиті від різних поверхонь; кожен відбитий сигнал фіксується в пам'яті системи як точка в тривимірному просторі. Прив'язка точок до системи координат здійснюється за допомогою навігаційної супутникової системи і інерціального модуля. Процес лазерного сканування дозволяє визначати координати всіх точок в межах радіусу своєї дії [6]. Сканування проводиться за допомогою автомобіля, на якому встановлена система датчиків та іншої апаратури. Рухаючись по трасі зі швидкістю основного потоку автомобілів, система безперервно сканує місцевість, кут огляду при цьому – 360 градусів, а частота сканування – до мільйона імпульсів в секунду. Результатом лазерного сканування є сформовані хмари точок, які відображають простір на момент сканування. Щільність зйомки може бути різною в залежності від поставленого завдання, аж до декількох тисяч пікетів на квадратний метр. Лазерна зйомка доріг складається з двох етапів: самого сканування і комп'ютерної обробки її результатів. Із сукупності точок вибираються ті, що належать до дороги; на їх основі будується 3D-модель дороги і прилеглої місцевості. Потім хмари точок зіставляються з фотозображенням місцевості і фарбуються у відповідні кольори, що надає зображенню повну реалістичність. Основна перевага методу лазерного сканування – це можливість оперативного проведення зйомки в умовах безперервного дорожнього руху, без порушення роботи транспортної інфраструктури. Сканування автомобільних доріг – мобільний і високоточний метод, який може застосовуватися на всіх етапах життєвого циклу автомобільних доріг, від інженерних вишукувань для проєктування і будівництва та територіального планування до ремонту і реконструкції

автомобільної дороги. До переваг мобільних систем сканування можна віднести вартість зйомки, яка істотно нижче, ніж під час використання традиційних методів, великий об'єм топо зйомки (до 200–300 км дороги), технологія дає можливість з високою точністю оцінювати поточний стан траси. На тривимірній карті дороги детально видно не тільки нерівності і пошкодження дорожнього покриття, а і наявність та стан дорожніх знаків та інших об'єктів транспортної інфраструктури [7].

При ремонтних і інших видах робіт лазерне сканування доріг дає можливість порівняти ділянку дороги «до» і «після» та провести оцінку в тому числі товщини нового дорожнього одягу (похибка кожної точки – не більше 1 см по вертикалі). Метод лазерного сканування можна застосовувати для моніторингу стану дорожніх розв'язок і мостів.

Таким чином, можна бачити наскільки були вдосконалені технології, що застосовуються під час геодезичного супроводу будівництва, реконструкції та ремонтних роботах автомобільних доріг. Сучасне геодезичне обладнання та інструменти дозволяють виконувати найскладніші и в максимально короткий термін та забезпечувати точність всіх розрахунків і підвищувати продуктивність праці. Поряд з традиційними методиками виконання геодезичних робіт необхідно застосувати методики, які передбачають використання сучасних приладів, які можуть забезпечити істотний техніко-економічний ефект.

2.4 Програмні засоби та новітні підходи до камерального опрацювання даних геодезичних зніманих

Геодезичні роботи у землеустрої включають:

– побудову геодезичного знімального обґрунтування – у вигляді ходів триангуляції, трилатерації та полігонометрії; нівелірних зйомок; засічок;

- різні види зйомок: аерофототопографічні (які поділяють на контурні, стереотопографічні та комбіновані), фототеодоліт, мензульні теодоліти, нівелірні, тахеометричні та кадастрові зйомки;
- картографічне оновлення - проводять за результатами агрофотозйомок із прив'язкою їх до геодезичного обґрунтування;
- внесення поправок до планів і карт - нанесення нових об'єктів і контурів або видалення зниклих об'єктів і контурів із наявних карт і планів, виконують за допомогою топографічних зйомок місцевості;
- створення й оформлення карт і планів за результатами виконавчих знімачь;
- визначення площ земельних угідь зі складанням експлікації (виконується за результатами вимірних ліній і кутів у натурі із застосуванням спеціальних формул);
- попереднє та технічне проектування об'єктів;
- підготовка до перенесення у в натуру (включає підготовку даних);
- винесення у на місцевість;
- проведення виконавчих зйомок (для побудованих об'єктів чи об'єктів на стадії будівництва з метою контролю).

Кожна зі вказаних дій вимагає автоматизованої системи обробки інформації, яка включає наявність програмного комплексу з обробки матеріалів польових вимірювань, засобів автоматизованого введення даних і графічної інформації, програми для обробки графіки й автоматизованого креслення, пристроїв виведення графічної і текстової інформації [8].

Саме застосування та широке впровадження новітніх геодезичних програм і ГІС-технології забезпечує більшу точність і якість землевпорядних робіт, а також підвищує якість землевпорядної документації та планово-картографічного матеріалу, що дозволяє більш ефективно керувати земельними ресурсами.

Сьогодні геодезичні програми – це група програм, за допомогою яких вирішуються різні завдання галузі інженерної геодезії та землеустрою.

Існують геодезичні програми, що об'єднують у собі декілька функцій, необхідних для реалізації того чи іншого завдання, а є і вузькоспрямовані.

Найпопулярнішими програми для автоматизованого проєктування є CAD програми (рис. 2.1), призначені для автоматизації обробки даних інструментальної геодезичної зйомки місцевості й інженерного проєктування в житловому, промисловому і транспортному будівництві [8].

Необхідно зазначити, що у вирішенні землевпорядних програм широко застосовується програмний комплекс **CREDO** (виробництва компанії Кредо-Діалог, м. Мінськ). Багатофункціональний комплекс програмних продуктів **CREDO** забезпечує автоматизовану обробку інженерних досліджень, підготовку даних для різноманітних геоінформаційних систем, створення й інженерне використання цифрових моделей місцевості, автоматизоване проєктування автомобільних шляхів і генеральних планів об'єктів промислового і цивільного будівництва.

Програмний комплекс **CREDO** складається з кількох великих автономних систем і ряду додаткових завдань, поєднаних в одну технологічну лінію обробки інформації. Кожна з систем комплексу дає змогу автоматизувати обробку інформації в різних галузях (інженерно-геодезичні, інженерно-геологічні розвідування, проєктування та ін.), а також доповнити своїми даними єдиний інформаційний простір (моделі рельєфу, ситуації, геологічного будівництва) і ні рішення створюваного об'єкта.

До комплексу **CREDO** входять різні системи та додаткові задачі (**CREDO Dat**, **ТРАНСПОРТ 1.0**, **ЗЕМПЛАН 3.1**, **НІВЕЛІР 1.0**, **CREDO_LIN**, **CREDO_TER**, **CREDO_GEO**, **КОЛОНКА 2.0**, **CAD_CREDO**).

Назва програми	Елементи характеристики
AutoCAD	Найпопулярніша програма для автоматизованого проектування. Пропонує можливість роботи у режимах 2D і 3D. Існує кілька версій програми, спрямованих на розвиток конкретних галузей. Надає повну сумісність із форматом .dwg, який є основним форматом файлів CAD. Має відкриту архітектуру, працює в операційних системах Windows і MacOS.
Civil 3D	Розширення автокад (надбудова) з поліпшеними можливостями для проектування автодоріг, мереж каналізації, водопроводу.
MicroSurvey CAD	Повнофункціональна САПР для обробки даних інженерно-геодезичних вишукувань і проектування площинних і лінійно-протяжних об'єктів.
ProgeCAD	Доступна за можливостями і потужне CAD ПО, яке підтримує формат DWG, сумісне з Windows 7, вбудованою системою тривимірного моделювання, можливістю обробки растрових зображень, імпортування растрових зображень у векторне.
ArchiCAD	Програма для архітектурного проектування.
BricsCAD	Програма для проектування CAD забезпечує високу сумісність із форматом .dwg. Працює в операційних системах Windows і Linux, доступна російськомовна версія.
GstarCAD	Програма дозволяє працювати в режимах 2D і 3D; доступні галузеві накладки, єдина програма, крім AutoCAD та Дизайн+, яка пропонує меню у вигляді стрічки, працює в операційній системі Windows, доступна у російській мовній версії.
NanoCAD	Працює в режимах 2D і 3D, має всі необхідні інструменти та функції для швидкої й ефективної роботи з файлами .dwg, з якими програма не має проблем і характеризується високою сумісністю. В останній російськомовній версії програми можна працювати в операційних системах Windows.
ДИЗАЙН+	Це програмне забезпечення обладнане всіма необхідними функціями для проектування. У ній можна працювати в режимах 2D і 3D, має меню у вигляді стрічки. Забезпечує високу сумісність із базовим форматом CAD, тобто .dwg. Доступна російськомовна версія, призначена для роботи в операційній системі Windows.

Рисунок 2.1 – Характеристика CAD програм

Взаємодія різних систем програмного комплексу **CREDO** під час обробки матеріалів розвідувань, проєктування забезпечує наскрізну технологію обробки інформації, яка не тільки з успіхом впроваджується в одній організації, а й забезпечує обмін електронними даними між організаціями, підвищуючи продуктивність праці і якість вихідних матеріалів.

Враховуючи особливості землевпорядного виробництва на території України, були розроблені вітчизняні сучасні комплекси **Digitals**, **Геопроект**, **Інвент-Град**, **ГІС Карта** та ін. Програма **Digitals** (Виробник: НПП «Геосистема») призначена для створення / оновлення топографічних і спеціальних карт, видання карт міського кадастру і землеустрою, рішення інженерних і прикладних завдань. Має можливість взаємодії з іншими програмними продуктами: **Microsoft Word** / **Excel**. Поєднує можливості створення цифрових карт для ГІС і підготовку топографічних карт до видання; містить шари, що настроюються, атрибути об'єктів, умовні знаки і систему шаблонів. Доповнена модулями стереообробки. У новій версії пакету є

можливість запису файлів у новому форматі кадастрового файлу In-5. Для складення цього файлу запроваджено шаблон **XMLNormal.dmf**.

Програма **Геопроект** (Компанія «Укргеопроект») розроблена для обробки геодезичних вимірів, формування електронних карт місцевості, адміністрування і моніторингу електронних карт, обліку просторової і атрибутивної інформації про об'єкти, виводу на друк картографічної та різноманітної звітної інформації. До основних можливостей віднесено: створення цифрових векторних планів і карт, розрахунок основних видів ходів теодолітів, трансформацію координат пунктів і об'єктів, інтерполяцію горизонталей, імпорт даних із широкого спектра форматів зовнішніх даних, а також з електронних тахеометрів, потужний генератор звітів із вбудованою мовою програмування, набір шаблонів, що гнучко настроюються, роботу з обмінними файлами кадастрових даних у форматі ПМ4, можливість розширення програми з використанням API-функції, створення модулів будь-якою мовою програмування підключення їх за допомогою бібліотек P1. та ін.

Програма **Інвент-Град** (Компанія СНПП «ИТЕС») призначена для обробки результатів польових топографо-геодезичних і кадастрових робіт, які виконуються під час інвентаризації земель. Система також може бути використана як кадастрова система населеного пункту або адміністративного району. Вона забезпечує користувачеві максимальну продуктивність, дозволяючи швидко і якісно вирішувати поставлені задачі.

Її графічний інтерфейс, повністю відповідний прийнятим стандартам, забезпечує інтуїтивне розуміння системи і допомагає швидко освоїти її основні функції. Всі компоненти у представлені в єдиній інтегрованій базі даних, а введення і редагування даних виконується в електронних таблицях, форма яких максимально наближена до традиційних форм і може настроюватися на введення певної інформації.

КБ ПАНОРАМА – це набір геоінформаційних технологій, що включає в себе професійну ГІС «Карта», професійний векторизатор електронних карт **Панорама-Редактор**, додаток ГІС **Сервер**, призначений для забезпечення

віддаленого доступу до картографічних даних, універсальний засіб розробки геопорталів різного призначення **СІ5 УМ/ебЗегуег**, інструментальні засоби розробки ГІС додатків для різних платформ **СІ5 ТодсіКії**, муніципальну ГІС **Земля і Нерухомість**, систему обліку об'єктів нерухомості ГІС **«Нерухомість**, систему для автоматизації управління сільськогосподарським підприємством у галузі рослинництва ГІС **Панорама АГРО**, конвертори для обміну даними з іншими ГІС (**ОХЕ/ОВЕ, МІРК/МІ, 5Баре, СМІ, 557/552, МР, ПМ4/ХМІ**, та ін.), а також спеціалізовані додатки (**Пегпеї, сільське господарство, диспетчерські системи, зв'язок, навігацію, екологічний моніторинг** та ін.).

Важливою частиною геодезичних програм є група програмних комплексів із вирішення геодезичних задач:

– **Топоматик Кобиг** – програма для обробки геодезичних вимірювань. Основні функції: читання даних із приладів (**850ККіа, Торсон, Іеіса, Мікоп**), зрівняння теодолітних ходів, побудова цифрової моделі рельєфу, підрахунок обсягів між поверхнями, розрахунок тахеометрії, нівелювання;

– **Місгобигусувігід Сепій 5** – ефективний програмний пакет для збору даних інженерно-геодезичних вишукувань. Особливості: створення ліній без коду; підтримка «живої графіки» й інтуїтивно зрозумілий інтерфейс;

– ефективне виконання завдань; інструменти розрахунків: доступ до ВРМ-калькулятора з будь-якого редагованого поля;

– підтримка численних функцій – дорожніх робіт, робіт із поверхнями, розбивки укосів, імпорту /експорту ДХЕ і ГапдХМІ, а також підтримки роботизованих тахеометрів і СР5-приймачів;

– **К-МІМЕ** – це сучасна комп'ютерна розробка, що дозволяє вирішувати завдання геопросторового аналізу даних різної складності. Забезпечує ефективність і точність у роботі за рахунок простоти використання, потужної тривимірної графіки і можливості автоматизувати трудомісткі процеси гірничого виробництва;

– **Стога** – призначена для геодезичних обчислень. З її допомогою можна вирішити всі геодезичні завдання. Більш того, вона дає можливість створювати

просту графіку, дигіталізувати растрові дані й обробляти дані у форматах всіх застосовуваних журналів окремо і групами. Програма містить розрахункові задачі: полярний метод, ортогональний метод, груповий полярний метод, обернену засічку, обернену кутову засічку, багаторазову обернену кутову засічку, лінійну засічку, перетин прямих, всі типи полігонометричних ходів, висотні ходи, трансформацію координат, розрахунок площ, дирекційних кутів і довжин, розрахунок висот станцій, розрахунок кубатури та ін.;

– **Засічка 3.0**. Програмний комплекс **Засічка 3.0** є інноваційним ом у галузі інженерної геодезії. Розробка дозволяє автоматизувати обрахунок складних геодезичних задач, що значно скоротить виробничий час з обробітку матеріалів польових геодезичних робіт і підвищить якість землевпорядного виробництва ПО, Комплекс **Засічка 3.0** містить 23 засоби вирішення задач інженерної геодезії: пряму кутову засічку (однократну, багатократну); обернену кутову засічку (однократну, багатократну); лінійну засічку; створну засічку; задачу Ганзена; полярну засічку (відстані вимірюються по рулетці); полярну засічку (відстані вимірюються по рейці); обернену геодезичну задачу; пряму геодезичну задачу; визначення параметрів перерахунку координат в іншу систему; перерахунок координат в іншу систему; координати пересічення двох прямих; відстань від точок до прямої по лінії перпендикуляру; визначення координат точок перпендикулярами від створеної лінії; вирахування параметрів ланцюжка точок за їхніми координатами; центральну систему; обрахунок трикутника за трьома відомими елементами; геодезичний чотирикутник; вирахування площі замкнутої фігури за координатами кутів; вирахування замкнутого та розімкнутого теодолітних ходів; вирахування всячого теодолітного ходу; опрацювання журналу кругових прийомів; арифметичні операції з кутами. Окрім того, **Засічка 3.0** володіє таким функціоналом: роботою з векторною графікою, роботою з файлами у, експортом задач у в **Рішайз, АСАД, Місгової Мога, Місгозой Excei**, формуванням звітів, вимірюванням відстаней, відображенням довжин і кутів [9];

– ряд програм **Геодезичний калькулятор**. Прикладом такого виду програм є **Геодезичний калькулятор** у форматі **Ехсеї**, створений для вирішення повсякденних завдань інженерної геодезії. Використання такого виду програми вимагає від геодезиста елементарних знань про **Ехсеї**. Книга включає в себе лист із поясненнями, до багатьох осередків додається примітка. «Геодезичний калькулятор» передбачає обчислення 22 основних геодезичних задач;

– **геодезичний калькулятор 2.0** призначений для перетворення та трансформування координат точок між системами координат СК-42, СК-63, УСК-2000 і похідних від них місцевих систем координат у межах території України.

Проаналізовані програмні геодезичні засоби ГІС дають можливість швидко й ефективно вирішувати землевпорядні завдання, аналізувати поточний стан задокументованого землекористування, виявляти раніше допущені недоліки та помилки, формувати масиви відомостей про земельні ділянки та права на ділянки певних землекористувачів.

ТЕМА 3 МЕТОДИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТОПОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБІТ

План

- 3.1 Наземні методи знімання.
- 3.2 Комбіновані методи створення знімальних мереж та наземних знімачів.
- 3.3 Методи наземної фотограмметрії.
- 3.4 Методи наземного лазерного сканування та мобільні картографічні системи.
- 3.5. Дистанційні методи знімання.
- 3.6 Класифікаційні ознаки одержання топографічних даних.

3.1 Наземні методи знімання

До сучасних наземних методів топографічних знімачів відносяться (рис.3.1):

- горизонтальні та вертикальні знімання:
- планові, висотні, планово-висотні;
- тахеометричне знімання;
- знімання за допомогою глобальних навігаційних супутникових систем (ГНСС);
- наземна фотограмметричне знімання та лазерне сканування;
- мобільні картографічні системи та інерціальні навігаційні системи.

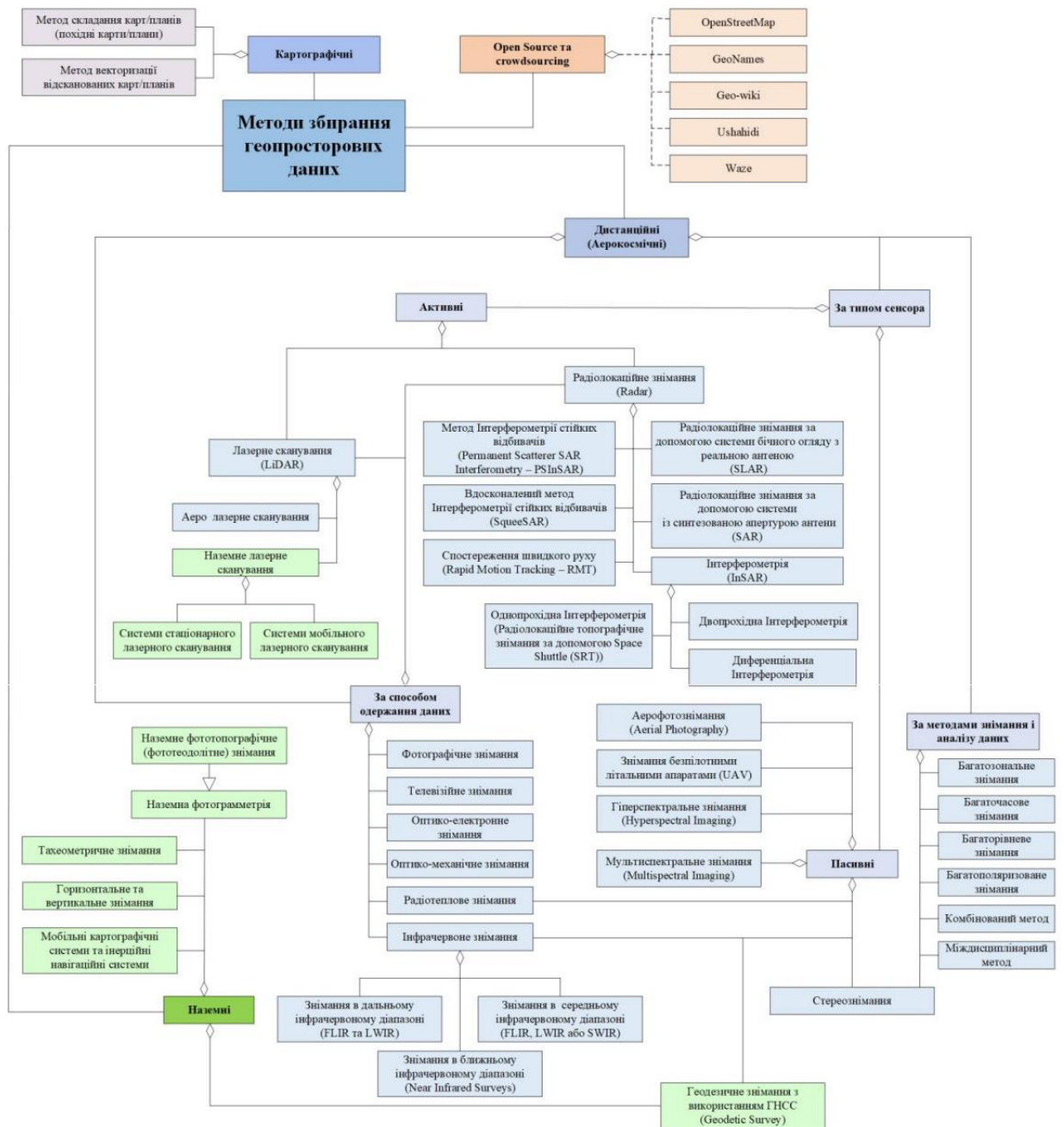


Рисунок 3.1 – Сучасні наземні методи топографічних знімачь

Горизонтальні, вертикальні та тахеометричне знімання. Сучасні моделі високоточних електронних та роботизованих теодолітів, тахеометрів, нівелірів дозволяють відповідно виконувати кутові вимірювання з точністю до 0,5” – 1”, 2”, вимірювання відстаней до 1 міліметра чи кількох міліметрів на один кілометр та вимірювання перевищень на 1 км подвійного ходу від 0,3 до 1 мм залежно від виду рейки, що використовується. Безумовно, це впливає на

величини допусків при розвитку знімальних геодезичних мереж та при всіх видів тахеометричних знімачів.

Знімання за методами ГНСС. Розвиток глобальних супутникових геодезичних систем (ГНСС) типу **GPS** (США), **ГЛОНАСС** (Росія) та нових **Compass** (Китай), **Galileo** (Європейський Союз) здійснило революцію в геодезичних методах вимірювань. ГНСС – інфраструктура, яка включає плеяду орбітальних супутникових станцій з глобальним покриттям, які працюють у поєднанні з мережею наземних станцій і супутникових систем диференціальної корекції дозволяє визначати географічне положення, відстань, напрям, швидкість руху і місцевий час приймача користувача в будь-якому місці земної поверхні чи в повітрі за допомогою опрацювання сигналів отриманих від супутників у космосі. Особливої уваги заслуговує кінематичне знімання у режимі реального часу (Real Time Kinematic – RTK) та кінематичної постобробки (Post-Processed Kinematic – PPK), оскільки ці методи дозволяють виконувати знімання великої кількості точок за менший відрізок часу з горизонтальною точністю $1 \text{ см} + 2 \text{ ppm}$ та вертикальною $2 \text{ см} + 2 \text{ ppm}$. Розвитку цих методів сприяє розбудова в Україні мереж активних референтних станцій ГНСС.

3.2 Комбіновані методи створення знімальних мереж та наземних знімачів

Комбіновані методи створення знімальних мереж та наземних знімачів. Поєднання електронних тахеометрів з ГНСС (SmartStation) спричинило потребу в значній зміні до самих підходів проектування схем геодезичних знімальних мереж. Комп'ютерне оброблення геодезичних мереж повністю перейшло на застосування строгих параметричних методів вирівнювань з визначенням повних кореляційних матриць та тотальною оцінкою точності всіх елементів мережі. По суті справи, традиційна побудова геодезичних мереж методами полігонометрії, триангуляції, трилатерації зазнала

трансформації у побудову лінійно-кутових мереж у поєднанні з вимірюваннями методами ГНСС. Це потребує кардинальних змін у розробленні схем розвитку знімальних геодезичних мереж, перегляду всієї моделі та допусків на них.

3.3 Методи наземної фотограмметрії

Технологія наземного фототеодолітного знімання, яка донедавна широко використовувалась для отримання топографічних планів місцевості (особливо для відкритих місцевостей зі складними формами рельєфу) у заданому масштабі, при архітектурних обмірах пам'ятників історії та культури поступається відносно новій технології наземного лазерного сканування (НЛС) та комбінації цифрової фотограмметрії з НЛС.

3.4 Методи наземного лазерного сканування та мобільні картографічні системи

Методи наземного лазерного сканування відомі з початку 90-х років минулого століття, потужно розвиваються останні десять років і полягають у вимірюванні з високою швидкістю відстаней від сканера до точок об'єкта та реєстрації відповідних напрямків (вертикальних і горизонтальних кутів), тож величини, що вимірюються аналогічні як і при тахеометричному зніманні. Проте на відміну від останнього результатом роботи наземного лазерного сканування є хмара точок (тривимірне зображення – скан) всього об'єкта, а не окремо виміряні точки. Тому в результаті наземного лазерного сканування отримуються надлишкові виміри, для опрацювання і зберігання яких необхідні потужні комп'ютерні ресурси.

За призначенням метод НЛС поділяють на: системи мобільного лазерного сканування, які застосовують для сканування лінійних об'єктів (залізниць, тунелів, автодоріг) та системи стаціонарного лазерного сканування,

які використовуються (залежно від значення відстані) для вирішення багатьох прикладних завдань, таких як моніторинг, топографічне знімання, в промисловості, цивільному будівництві, відтворенні об'єктів тощо. Система мобільного лазерного сканування є різновидом мобільної системи картографування (МСК – з англ. Mobile Mapping System).

МСК складається з таких блоків: лазерних сканерів і/або цифрових камер для визначення координат об'єктів дорожньої інфраструктури, ГНСС та інерційної навігаційної системи (ІНС) для орієнтування мобільної картографічної системи. При чому ІНС забезпечує високоточне орієнтування МСК в тих випадках, коли неможливе використання ГНСС (тунелі, щільна забудова тощо). Мобільною платформою основних блоків може бути автомобіль або безпілотний літальний апарат (БПЛА). Точність геопросторових даних отриманих в результаті мобільного лазерного сканування при створенні автомобільних ГС коливається від метра до десятка сантиметрів, а при скануванні залізничних колій досягає від декількох сантиметрів до міліметрів [10; 11].

Поєднання методів цифрової фотограмметрії та наземного лазерного сканування стало можливим завдяки досягненням в приладобудуванні. Серед сучасних приладів, які об'єднують кілька методів збирання геопросторових даних можна відмітити: наземні лазерні сканери з інтегрованою цифровою камерою (та на додаток інколи з відеокамерою), електронні роботизовані тахеометри з функцією сканування, електронні роботизовані фототахеометри з функцією сканування, наземні лазерні сканери з окремою цифровою камерою, мобільні картографічні системи. При чому МКС поєднує методи наземної фотограмметрії, наземного лазерного сканування, ГНСС та інерційних навігаційних систем. Сучасні електронні роботизовані тахеометри, лазерні трекери можна вважати простим 3D лазерним сканером, які призначені для вимірювання одиничних точок. Отже, зазначені методи вимірювання можуть бути об'єднані, використовуючи переваги кожного.

Лазерні сканери та тахеометри можуть бути оснащені цифровими камерами для отримання справжніх кольорових зображень вимірюваного об'єкта або для опрацювання зображень, наприклад, автоматичного вимірювання цілей або реконструкції поверхні за допомогою опрацювання стереозображень. Також 3D-хмари точок, отримані в результаті наземного лазерного сканування можуть бути об'єднані з інформацією зображення різними способами, наприклад, для візуалізації, ідентифікації і вимірювання точок об'єкта, створення ортофотопланів або з метою реєстрації [12; 13].

3.5 Дистанційні методи знімання

Вдосконалення технологій збирання геопросторових даних можна відзначити не тільки як у наземних, так і дистанційних зніманнях: аерофотограмметрії та космічному зніманні з високою роздільною здатністю, завдяки чому рівень точності оперативності та отриманих даних зростає. Залежно від висоти знімання території вирізняють: космічне, аерознімання та знімання безпілотними літальними апаратами (БПЛА – unmanned aerial vehicles (UAVs)). Традиційно до дистанційних або аерокосмічних методів відносяться ті методи, які дозволяють отримати інформацію про об'єкти земної поверхні, явища і процеси з космосу чи повітря і ґрунтуються на неназемній реєстрації електромагнітного випромінювання земної поверхні в різних діапазонах спектра [14]. Ці методи можна класифікувати: за методами знімання і аналізу даних, за способом одержання даних та за типом сенсора. До методів знімання і аналізу даних належать: стереознімання, багатозональне, багаточасове, багаторівневе, багатополаризоване знімання, комбінований та дисциплінарний методи, – які детально описані в праці. За способом одержання даних методи поділяються так:

– фотографічні знімання виконуються переважно кадровими (існують ще панорамні і щілинні) аерокосмічними фотографічними знімальними системами у видимому та близькому інфрачервоному діапазоні. В результаті

створюються чорно-білі, кольорові, спектрональні і багатоспектральні фотозображення на засадах центрального проєктування. Фотографічні зображення мають високе розрізнення і використовуються для створення ортофотопланів, топографічних планів у великих і середніх масштабах. Аерофотознімання – один з елементів технології картографування, яка передбачає комп'ютерне опрацювання аерофотознімків, які попередньо сканують на фотограмметричному сканері з високого розрізнення. Недоліком фотографічного знімання є низька оперативність отримання інформації. У космічному зніманні фотографічні знімальні системи замінили сканувальні системи на ПЗЗ-пристроях, радіолокаційні та інші види систем;

– телевізійні знімання переважно кадровими знімальними системами (у видимому та близькому інфрачервоному діапазоні), що відтворюють зображення земної поверхні в режимі реального часу як на екрані приймача, так і з магнітних цифрових записів на засадах центрального проєктування. Телевізійні зображення мають невисоке просторове розрізнення, тому їх переважно використовують для швидкого оцінювання явищ та процесів, спричинених надзвичайними ситуаціями природного і техногенного характеру;

– оптико-електронні знімання виконуються матричними, лінійковими цифровими знімальними системами, а також багатоспектральними і гіперспектральними сканерами (приймачами сигналів є пристрої із зарядовим зв'язком – так звані ППЗ), розміщених на космічних літальних апаратах та літаках, в оптичному та інфрачервоному діапазоні до 14 мкм. Цифрові зображення будуються оптичним способом у межах ПЗЗ лінійки або матриці на засадах центрального проєктування. Якщо використовують ПЗЗ-лінійки, то зображення будується у межах рядка на засадах центрального проєктування вздовж рядка. Цифрові зображення отримуються в режимі реального часу і відрізняються високим просторовим розрізненням, що дозволяє їх використовувати для вирішення багатьох прикладних завдань;

– оптико-механічне знімання або сканування виконуються оптико-механічними та багатоспектральними сканерами, інфрачервоними (сканувальними радіометрами), матричними та лінійковими знімальними системами в оптичному, середньому та дальньому інфрачервоному діапазоні. На відміну від фотографічних, телевізійних та оптико-електронних систем, в яких зображення будується в кадрі одночасно, у сканувальних знімальних системах спочатку сканується об'єкт, елементи зображення отримують послідовно, після чого вони приводяться у формат кадру. Панорама зображення складається з рядків і отримується в результаті лінійного проєктування, конічної розгортки, панорамної розгортки, в дуже рідкісних випадках застосовується центральне проєктування і центральне проєктування вздовж рядка;

– інфрачервоні (теплові) знімання виконуються інфрачервоними аерокосмічними знімальними системами, тепловізорами, сканувальними радіометрами в середньому та дальньому інфрачервоному діапазоні спектра. Зображення створюються за рахунок власного випромінювання об'єктів і частково відбитого від них інфрачервоним випромінюванням інших джерел на засадах панорамного проєктування. Перевагою цих знімань є можливість застосовувати їх як в денний так і в нічний час доби. Хоча знімки, які отримані в нічний період доби правдивіше характеризують теплове зображення об'єктів, тому що значна кількість відбитого випромінювання вдень значно зменшує теплове зображення. Результати знімання можна використовувати не лише для розпізнавання об'єктів, а й для вивчення динаміки процесів і явищ (розвиток міст, в завданнях охорони довкілля) завдяки додатковим дешифрувальним можливостям. Зокрема інфрачервоні зображення мають значні переваги над іншими знімками щодо дешифрування гідрографічних мереж (чітко виокремлюються берегові лінії, теплові неоднорідності водної поверхні тощо), також при вивченні дна шельфу;

– радіотеплові знімання виконуються в міліметровому діапазоні радіохвиль мікрохвильовими радіометрами (відносяться до пасивних

знімальних систем), які фіксують радіотеплове випромінювання землі. Перевагами цього виду знімання є можливість отримання зображення навіть через хмари, снігове, льодовикове покриття, вдень і вночі. Недоліком цього виду знімання є отримання зображень з порівняно низьким просторовим розрізненням: сотні й десятки метрів за авіаційного знімання та кілометри в разі космічного знімання. Зображення отримується в результаті лінійного проєктування та конічної згортки. Результати радіотеплових зніманих використовують для дослідження стану забруднення вод, геологічного картографування, дослідження стану морів і океанів, в навігації, стану снігового покриву та інших галузях науки і економіки. Також радіотеплові зображення можуть бути корисними під час розпізнавання об'єктів з низькими температурами;

– лазерне сканування відносяться до активних методів зондування та виконуються лазерними знімальними системами, які встановлюють на борту літака, аероплану, гелікоптеру, безпілотних літальних апаратів, у видимому та близькому інфрачервоному діапазоні. Зображення земної поверхні одержують у вигляді хмари точок земної поверхні за рахунок відбитого випромінювання від поверхні землі. Методика відзначається високою продуктивністю та ґрунтується на лазерному вимірюванні від відстані до приладу до точки на місцевості, координати якої визначаються у вибраній системі координат. Лазерне сканування застосовують з метою побудови цифрових моделей рельєфу навіть для важкодоступних та недоступних територій, за наявної рослинності та несприятливих погодних умов, створення ортофотозображень та мозаїк, картографування територій та в завданнях оцінювання явищ та процесів, спричинених надзвичайними ситуаціями природного і техногенного характеру. До переваг методу відносять: незалежність від погоди і освітленості, висока продуктивність при менших фінансових витратах в порівнянні з іншими методами, такими як традиційний фотограмметричний;

– радіолокаційні знімання виконуються в сантиметровому або метровому діапазоні радіохвиль за допомогою радіолокаційних систем бічного

огляду та радіолокаційних систем з синтезованою апертурою (відносяться до активних знімальних систем). Зазначені системи є сканувальними пристроями, в яких сканування відбувається по один бік від носія перпендикулярно до лінії польоту, тому щоб зняти дві смуги відносно траєкторії польоту необхідно встановити дві антени. Перевагами знімання є можливість отримання зображень в умовах, коли закриті хмарами, туманом, димовими завісами тощо в будь-який час доби. Зображення отримується в результаті тангенціальної розгортки. Застосовують в завданнях екологічного моніторингу, визначення деформацій земної поверхні та для побудови цифрових моделей рельєфу [15; 16].

3.6 Класифікаційні ознаки одержання топографічних даних

За типом сенсора аерокосмічні методи поділяються на активні і пасивні. При активному зондуванні використовується вимушене випромінювання об'єктів, ініційоване штучним джерелом спрямованої дії; при пасивному використовується власне, природне відбите або вторинне випромінювання об'єктів на поверхні Землі, обумовлене сонячною активністю [16].

До пасивних відносять: аерофотознімання, гіперспектральні та мультиспектральні знімання, знімання з безпілотних літальних апаратів. При чому БПЛА впевнено завойовують популярність серед виробників геопросторових даних завдяки відносно недорогої вартості знімального обладнання та великої швидкості отримання і опрацювання даних на території інтересу для створення: ортофотопланів, 3-D моделей місцевості і рельєфу, крупномасштабних топографічних планів тощо.

До активних відносять лазерне сканування (LIDAR) та радіолокаційне знімання (Radar), яке в свою чергу поділяється на: радіолокаційне знімання за допомогою системи бічного огляду з реальною антеною (Side Looking Airborne radar – SLAR), радіолокаційне знімання за допомогою системи із синтезованою апертурою антени (Synthetic-aperture radar – SAR), інтерферометрію (InSAR).

Радіолокаційне знімання за допомогою системи бічного огляду з реальною антеною (РБО) використовувалося для геологічних, геоморфологічних досліджень та для картографування тих регіонів, які завжди закриті хмарами. Ці знімання з часом замінили радіолокаційні знімання за допомогою системи із синтезованою апертурою антени (РСА). РСА формують зображення, зондуючи поверхню когерентними надвисокочастотними радіосигналами та приймаючи відбите випромінювання послідовно, за траєкторією польоту носія.

Спосіб побудови зображення дозволяє істотно збільшити просторове розрізнення зображень до метрів на земній поверхні. Метод інтерферометрії ґрунтується на використанні пари радіолокаційних зображень і заснований на різниці фаз двох чи більше відбитих від поверхні землі когерентних радіолокаційних сигналів з метою отримання точної інформації про рельєф та невеликі зсуви об'єктів місцевості.

Інтерферометрія поділяється на: однопрохідну інтерферометрію, двопрохідну, диференціальну, які відрізняються лише технологією сканування для отримання пари радіолокаційних зображень. Дані отримані в результаті такого знімання відносяться до класу середньої розрізненості і не використовують для топографічного картографування, проте в 2000-х роках в результаті виконання топографічного у Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM) було отримано цифрову модель рельєфу Землі з точністю 30 м. Методика диференціальної інтерферометрії показує дивовижну перевагу в моніторингу землетрусів, вулканів, зсувів та інших поверхневих деформацій, але при моніторингу повільної деформації поверхні, наприклад, осідання поверхні міста, вона зазнає впливу часової декореляції, космічної декореляції і атмосферної затримки. Тому для вирішення цієї проблеми в 1999 році з'явилися PSI методи, першим з них був метод інтерферометрії стійких відбивачів (Permanent Scatterer SAR Interferometry – PSInSAR), обґрунтований і запатентований Міланським технічним університетом. Цей інноваційний метод є похідним від методу диференціальної інтерферометрії. Методика

PSInSAR – це методика часових рядів при якій додається кількість часу для кожної радарної цілі. Метод PSInSAR використовує багато зображень SAR, мінімум 20–25 знімків, що охоплюють одну і ту ж територію, при цьому атмосферні та орбітальні помилки по-суті усунені. Чим більша кількість зображень, тим надійніші результати. Одне із зображень вибирається як основне зображення, інші стають підпорядкованими зображеннями для уточнення інформації на основному зображенні і виправлення помилок. Тоді на прийнятій вибраній моделі вибирають достатню кількість точок, так званих, стійких відбивачів (point-wise permanent scatterers – PS це переважно штучні споруди, будівлі, металеві предмети, пілони, антени, відкриті гірські породи), які мають високу відбивну здатність і використовуються в ролі стійких відбивачів радарного сигналу. Результатом проведення аналізу фаз точок стають деформації PS точок. У кінці використовується метод інтерполяції для визначення деформації всієї досліджуваної території. В даний час, методика PSInSAR широко застосовується лише для моніторингу осідання поверхні в містах, оскільки отримують деформації поверхні з точністю до міліметрів [17]. Для виявлення деформацій земної поверхні незабудованих територій було винайдено метод SqueeSAR, який є вдосконаленим методом PSInSAR. В аналізі приймають участь як PS точки, які відповідають техногенним об'єктам, так і точки розподілених відбивачів (distributed scatterers – DS), які відповідають однорідним поверхням, селевим потокам, необробленим землям, пустельним районам тощо. Цей новий підхід забезпечує додаткові дані в умовах низького відбивання в однорідних областях. Деформація поверхні методом SqueeSAR визначається з точністю до міліметрів.

Недоліком цього методу є те, що супутникові сигнали не повертаються ділянками зі значним рослинним покривом, отже, немає даних деформацій земної поверхні [18]. Opensource та crowdsourcing технології збирання геопросторових даних.

До відкритих геопросторових даних, які можуть бути використаними для вирішення топографічних завдань, і, які збираються або оновлюються методом

crowdsourcing (краудсорсинг) належать такі відомі як: OpenStreetMap, GeoNames, Geowiki, Ushahidi, Waze та ін. Деякі з них створюються на основі використання мобільних картографічних систем та оновлюються застосуванням відносно недорогих супутникових пристроїв для визначення координат місцеположення об'єктів, розвитку мобільного зв'язку та появи функції геолокації в смартфонах. Тому кожен користувач смартфона, під'єданого до мережі Інтернет може стати добровільним збирачем даних (волонтером) для вище перерахованих і відкритих даних.

Таким чином, використання відкритих геопросторових даних та їх оновлення методами краудсорсинг по суті справи постійно діючою системою моніторингу характеризується високим рівнем актуальності та достовірністю. Очевидно, що точність відкритих даних потребує ретельної перевірки, про що необхідно зазначати в метаданих про них. Високий рівень розвитку і використання відкритих даних став настільки великий, що вже не можна з ним не рахуватися.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2 ІНСТРУМЕНТАЛЬНІ МЕТОДИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТОПОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБІТ

ТЕМА 4 СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ІНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧНИХ ВИШУКУВАНЬ

План

- 4.1 Інженерно-геодезичні роботи з використанням геоінформаційних систем.
- 4.2 Особливості застосування сучасних геодезичних технологій у будівництві.
- 4.3 Застосування сучасних геодезичних технологій в інженерних вишукуваннях. Принципи та практичні завдання.

4.1 Інженерно-геодезичні роботи з використанням геоінформаційних систем

Інженерно-геодезичні роботи є важливою і невід'ємною частиною комплексу робіт. Термін «інженерна» в назві підкреслює, що геодезія має широку прикладну спрямованість. В інженерній геодезії використовують загальні методи вимірювань, методи математичної обробки результатів, а також інструменти, прийняті в геодезії для розвитку геодезичної основи і картографування. Водночас прикладна (інженерна) геодезія має особливості щодо методів і точності виконання геодезичних робіт, які значимі при зведенні складних і спеціальних споруд. Ці роботи багато в чому визначають як вартість і якість будівництва, так і умови подальшої експлуатації інженерних об'єктів.

Тому інженер-землевпорядник повинен добре володіти традиційними методами геодезії, які дозволять освоїти нові високопродуктивні методи інженерно-геодезичних робіт, необхідних на сучасному етапі розвитку науково-технічного прогресу. Науково-технічний процес призвів до якісних

змін і в сфері інженерної геодезії. Найперспективнішим напрямком її розвитку стало широке застосування геоінформаційних системи технологій, які ґрунтуються на цифровому поданні інформації про місцевість і споруди, а також зберігання її у вигляді баз даних на ЕОМ. При будівництві та прокладанні інженерних комунікацій навіть незначне відхилення в розрахунках може привести до серйозних наслідків, як у плані збільшення витрат на реалізацію, так і в плані зниження рівня безпеки для користувачів об'єктів будівництва або інженерної інфраструктури. Наприклад, недооцінка глибини залягання і рівня сезонного підйому ґрунтових вод при виборі місця під будівництво будівлі може згодом призвести до підтоплення підвальних і цокольних поверхів вже побудованого будинку, руйнування фундаменту і іншим малоприємним для забудовника наслідків. Прокладка підземної високовольтної лінії, виконана без урахування близькості проходження магістрального трубопроводу, давно потребує ремонту, а на деяких ділянках — і в заміні труб, може також призвести до аварії при подальшому пошкодженні ізоляції високовольтної лінії.

Подібних помилок при проектуванні систем інженерних комунікацій і підготовці до будівельних робіт дозволяє уникнути застосування системи моніторингу будівельних об'єктів на базі спеціалізованих геоінформаційних систем і технологій, які дозволяють отримати зведені оцінки за всіма споруджуваними об'єктами в режимі реального часу і зробити аналіз критичних ситуацій. Цифрові моделі місцевості дозволяють отримати графічну інформацію у вигляді традиційних планів, карти профілів та можуть використовуватись безпосередньо у системах автоматизованого проектування інженерних споруд.

На сучасному етапі не існує єдиної загальноприйнятої класифікації інформаційних систем, тому необхідно вміти дистанціювати ГІС від настільних картографічних систем (desktop mapping), систем САПР (CAD), дистанційного зондування (remote sensing), систем керування базами даних (СКБД або DBMS) і технологій глобального позиціонування (GPS). Системи

настільного картографування використовують картографічне представлення для організації взаємодії користувача з даними. У таких системах все засновано на картах, карта є базою даних. Більшість систем настільного картографування мають обмежені можливості управління даними, просторового аналізу і налаштувань. Системи САПР здатні робити креслення об'єктів і плани будівель та інфраструктури. Для об'єднання в єдину структуру вони використовують набір компонентів з фіксованими параметрами. Деякі системи САПР розширені до підтримки картографічного подання даних, але, як правило, не дають можливості ефективно управляти й аналізувати великі бази просторових даних.

Дистанційне зондування і GPS. Дистанційне зондування Землі (ДЗЗ) – спостереження земної поверхні авіаційними і космічними засобами, оснащеними різноманітними видами знімальної апаратури, датчиками системи глобального позиціонування або іншими пристроями. Ці датчики збирають дані у вигляді зображень і забезпечують спеціалізовані можливості їхньої обробки, аналізу і візуалізації. Зважаючи на відсутність достатньо потужних засобів управління даними та їх аналізу, відповідні системи навряд чи можна віднести до сучасних ГІС. Системи керування базами даних призначені для зберігання й управління всіма типами даних, включаючи географічні (просторові) дані. СКБД оптимізовані для подібних завдань, тому у багатьох ГІС вбудовано підтримку СКБД. Ці системи не мають схожих з ГІС інструментів для аналізу й візуалізації [9].

ГІС – це інформаційні системи, які від інших інформаційних систем відрізняються тим, що це, по-перше, автоматизовані інформаційні системи, орієнтовані на використання можливостей ЕОМ, по-друге, вони призначені для роботи з просторово-координованою інформацією, і, по-третє, ГІС здатні продукувати нове знання на основі використання досить широкого спектра аналітичних методів і процедур. Пакети обробки даних інженерно-геодезичних розвідок та інженерного проектування призначені для автоматизації обробки даних інструментальної геодезичної зйомки місцевості

та інженерного проєктування. Серед програмних пакетів цієї групи виокремимо: продукти фірми **Autodesk** (програмні пакети **Autodesk Survey**, **Autodesk Land Desktop**, **Autodesk Civil Design**, створені на платформі пакету **AutoCAD**), програмні комплекси **GEO**. Програмні засоби обробки даних дистанційного зондування – це пакети обробки зображень, забезпечені різним математичним апаратом, що дає можливість проводити операції зі сканованими або записаними в цифровій формі знімками поверхні Землі. Найвідоміші представники: **ERDAS Imagine** (США), **ER Mapper** (Австралія), серія продуктів **Intergraph** (США) і **TNT Mips** (США). До групи пакетів просторового аналізу і моделювання можна віднести програмні макети геостатистичного аналізу і моделювання, такі як **Surfer** (продукт компанії **Golden Software**, США). Могутній картографічний макет для вчених та інженерів. **Surfer** – тривимірна програма викреслювання 3D-карти, яка виконується в середовищі **Microsoft Windows**. **Surfer** відрізняється багатою різноманітністю створюваних карт: ізоліній, векторів, вихідних даних, затіненого рельєфу та ін.), **Gstat** (Нідерланди), **GST** (Росія) та ін., пакети картографічної алгебри, такі як **Map Analysis Package**, **MAP** та його модифікації (США). Довідково-картографічні системи – це закриті щодо формату й адаптації оболонки та бази даних програмно-інформаційні комплекси, які містять механізми запитів до картографічної і атрибутивної інформації та засоби її відображення. Користувач, як правило, позбавлений також і можливості зміни даних. До цього класу відносять так звані електронні, або цифрові, карти великих міст, наприклад, Києва, Одеси, Харкова, окремих країн, а також цифрові атласи окремих країн або світу (Національний атлас України, **Digital Chart of the World**, **New Millennium** та ін.). ГІС-в'юери (від англ. viewer – переглядач; пишеться також «в'ювер») – це порівняно недорогі пакети з обмеженою можливістю редагування даних, призначені в основному для візуалізації і виконання запитів до баз даних, у тому числі і графічних, підготовлених у середовищі інструментальних ГІС. Як правило, усі розробники повнофункціональних інструментальних ГІС пропонують і

ГІС-в'юери: ArcReader, ArcExplorer (ESRI, США), WinCAT (Simens Nixdorf, Німеччина) та ін. Інформація, що включає просторову складову, становить значну частину всіх даних, з якими мають працювати організації та установи. Тому сьогодні геоінформаційні системи вже давно вийшли за рамки поняття системи, що обробляє власно просторові дані.

Сучасні ГІС дозволяють працювати не тільки з різними картами та атрибутами об'єктів на них, але і з різними типами документів (текстовими, графічними, мультимедійними), пов'язаними з певними об'єктами, здійснювати складні запити до баз даних та перетворювати їх результати у карти, картограми чи діаграми, прив'язані до певних територій та багато інших операцій. Завдяки вище констатованому сформовано перелік основних задач, що вирішують сучасні геоінформаційні системи:

1. Обробка матеріалів польових вимірювань та спостережень, оформлення їх у вигляді карт та схем.
2. Зберігання картографічних даних різних типів.
3. Відображення окремих картографічних даних та різних комбінацій даних.
4. Підготовка карт різних типів до друку.
5. Пошук даних за їх положенням, атрибутами, розташуванням відносно заданого об'єкту чи групи об'єктів.
6. Аналіз місцезнаходження об'єктів, топологічних відношень, наявності та щільності розподілу об'єктів.
7. Аналіз атрибутів об'єктів карт, класифікація даних.
8. Аналіз та відображення змін даних у часі.
9. Робота з різними типам баз даних по пошуку та виборці інформації, пов'язаної з певною територією чи об'єктами, формування звітів.
10. Побудова графових структур, мережевий аналіз, вирішення транспортних задач.
11. Моделювання рельєфу, місцевості, розвитку певних подій на місцевості.

12. Оформлення результатів аналізу даних у вигляді різних типів карт, картограм, діаграм, мультиплікацій.

13. Вирішення задач проєктування об'єктів та територій.

14. Обмін даними з іншими ГІС та інформаційними системами.

Отже, геоінформаційні технології дозволяють автоматизувати виконання багатьох традиційних, у тому числі і дуже трудомістких при ручному виконанні процедур, як-от визначення довжин, обчислення площ, об'ємів, побудова полігонів Тиссена-Вороного, накладення шарів даних один на один і їх аналіз.

Виникає необхідність збереження великих чисел; надзвичайно малих (величина викидів небезпечних речовин, вміст мінеральних речовин у ґрунті тощо); інтервальних (температура повітря); неточних даних (заміри, виконані у надзвичайних умовах); лінгвістичних оцінок (якість) – оскільки система є людино-машинною, і тому згенеровані рішення повинні видаватися у термінах, звичних для людини та інше. Основною вимогою до системи є правильна функціональність та простота отримання необхідної інформації. Відзначимо, що геоінформаційні системи і технології є незамінними в рішенні задач міського планування і архітектурно-будівельного комплексу, їх інтеграції з іншими ІТ технологіями, що використовуються в даній сфері. Функціональні можливості ГІС можуть бути задіяні на всіх стадіях життєвого циклу об'єктів нерухомості: від вибору місця для будівництва, проєктування та монтажу, введення в експлуатацію та обслуговування до закриття, перепрофілювання або ліквідації.

4.2 Особливості застосування сучасних геодезичних технологій у будівництві

Виробничий процес сучасного будівництва містить:

– інженерні вишукування (сукупність економічних, технічних і екологічних досліджень району будівництва з метою отримання відомостей про наявні локальні умови);

– будівельне проєктування (комплекс робіт зі складання необхідного для зведення будівлі (споруди));

– будівельно-монтажні роботи, що реалізують будівництва.

Для складання будівлі (споруди) проєктувальнику необхідно мати дані інженерно-геодезичних вишукувань (рельєф, гідрографія, рослинний покрив, дорожня мережа і т. ін.), інженерно-геологічних вишукувань (геолого-літологічні й тектонічні умови, фізико-механічні властивості ґрунтів, гідрогеологічні умови, фізико-геологічні процеси та явища і т. ін.), інженерно-гідрометеорологічних вишукувань (можливість затоплення паводковими водами, вітрові й снігові навантаження, температура навколишнього повітря і т. ін.). При цьому за всієї різноманітності чинників впливу на процес будівництва велике значення має інженерно-геодезичний супровід всіх етапів будівництва та спостереження під час експлуатації будівлі (споруди). Геодезист безпосередньо забезпечує роботу будівельників на кожному етапі будівництва. Для будівництва традиційним є комплекс геодезичних робіт, що включає створення геодезичної розмічувальної мережі, розмічування на місцевості основних та головних осей цих споруд, детальні розмічувальні роботи для монтажу будівельних конструкцій та фундаментів технологічного устаткування, передачу позначок і прямокутних координат на монтажні горизонти, контроль у плані та по висоті спорудження будівельних конструкцій, вивірку вертикальності колон, виконавчі знімання та визначення деформацій (моніторинг). Для підвищення точності виконання таких робіт і скорочення часу на їх виконання необхідно використовувати сучасні досягнення науки і техніки.

З розвитком сучасних технологій та появою нової вимірювальної техніки виникають питання, що потребують детальної наукової розробки. У галузі інженерної геодезії ці питання пов'язані із проблематикою застосування

сучасних можливостей науки в умовах відставання діючих норм геодезичного забезпечення будівництва [19; 20] від новітніх засобів вимірювання та геодезичних технологій. Зокрема, дослідження нормативного забезпечення геодезичного супроводу дорожнього будівництва наполягають на необхідності розроблення національного стандарту щодо виконання геодезичних робіт при спорудженні об'єктів дорожнього будівництва для забезпечення належної якості розмічувальних робіт, виконавчого знімання, геодезичного контролю якості будівельних робіт шляхом унормування сучасних геодезичних методів і засобів.

Склад геодезичних робіт для потреб будівництва та умови забезпечення точності їх виконання регламентовані в нормативних документах: ДБН В.1.3-2:2010 (разом зі зміною № 1 до цих державних будівельних норм), ДБН А.2.1-1-2008 [19; 20], що є обов'язковими для суб'єктів топографо-геодезичної та картографічної діяльності. Увага має бути приділена також вибору приладів, інструментів і приладдя як для точних основних і детальних розпланувань, так і для установки конструкцій і контрольних-монтажних вимірювань.

Розв'язуються ці завдання послідовно, залежно від стадій будівельно-монтажного виробництва, починаючи з ухвалення рішення про проведення будівництва об'єкта й закінчуючи введенням його в експлуатацію.

Одним із найважливіших документів для проєктування об'єкта будівництва є топографічні плани масштабу 1 : 500 як ділянки будівництва, так і прилеглої території. Тому необхідно звертати увагу на якість цих планів.

Особливістю геодезичних робіт при супроводі будівництва є необхідність створення геодезичної основи необхідної точності та геодезичного забезпечення монтажних робіт для зв'язку різних етапів будівництва. Застосування класичних методів потребує розширення існуючої геодезичної основи до території будівельних майданчиків, що збільшує обсяг і терміни проведення робіт з геодезичного забезпечення будівництва.

Застосування сучасного геодезичного обладнання зменшує обсяг геодезичних робіт, збільшує швидкість їх виконання і зменшує вартість [21].

До загальних проблем інженерно-геодезичних вишукувань в Україні можна віднести застарілість методик і технологій, передбачених в чинній інструкції з топографічного знімання [22] та відсутність нормативних параметрів і допусків на застосування нових.

Також на національному законодавчому рівні відсутні вимоги до формування топографічних планів у цифровому вигляді, що своєю чергою призводить до дублювання робіт та стримує розвиток загальнодержавного містобудівного кадастру. Розвиток автоматизації виробництва призвів до появи якісно нової системи технологічних машин з керуючими засобами, що базуються на застосуванні електронних обчислювальних машин, програмованих логічних контролерів, інтелектуальних засобів вимірювання і контролю. Автоматизація процесів отримання інженерно-геодезичної інформації досягається застосуванням GNSS, електронних тахеометрів, цифрових нівелірів, лазерних рулеток, лазерних сканерів, безпілотних літальних апаратів (БПЛА) та інших сучасних засобів.

Досягнення останніх років у сфері автоматизації збору, реєстрації та обробки даних і розвитку автоматизованих систем проєктування на базі електронно-обчислювальної техніки дозволяють представити зображення місцевості у вигляді цифрових моделей місцевості.

У цифрових моделях місцевості точність планових і висотних координат визначається методом одержання первинної інформації. Для автоматизації інженерно-геодезичних вишукувань щодо картографування території доцільно використовувати різноманітні програмні комплекси (AutoCAD Map 3D, Raster Design, Digitals, ArcGIS), які дають змогу формувати топографічні плани в цифровому і графічному вигляді. Програмне забезпечення сучасних роботизованих електронних тахеометрів дозволяє вирішувати ряд завдань геодезичного забезпечення будівництва, зокрема: винесення них точок і осей на місцевість, визначення координат неприступних точок, геодезичний

контроль встановлення інженерних споруд і елементів будівельних конструкцій у проектне положення, спостереження за осіданнями та деформаціями будівель і споруд в реальному часі та забезпечує широкі можливості дистанційного обміну даними. Роботизовані електронні тахеометри успішно та ефективно справляються і з більш специфічними, складними та трудомісткими завданнями, такими, як: проектування автошляхів, залізниць і тунелів.

Вибір приладів та обладнання, зазвичай, обумовлюють покладені на них завдання у межах бюджету будівництва, а також нормативні вимоги. Водночас за допомогою інноваційного обладнання можна виконувати роботи, що не до кінця вивчені в Україні, а тому не мають попиту.

До переваг електронних тахеометрів відносно GNSS-приймачів і БПЛА належить [23] менша ціна, проте вони потребують наявності пунктів геодезичної мережі, мінімум двох фахівців і більше часу для виконання знімання, можливості якого з однієї станції обмежені.

Переваги GNSS-приймачів: не обов'язковість прив'язки до геодезичної мережі, менша тривалість знімання, яке може здійснювати одна особа. Натомість такі прилади можуть бути значно дорожчими, ніж електронні тахеометри. Очевидними є переваги БПЛА: автоматичний процес аерознімання з можливістю знімання значних територій під час одного польоту за мінімального впливу суб'єктивного людського фактору. До недоліків БПЛА належить суттєва залежність від погодних умов [23]. У дослідженні наголошується на необхідності застосування передових технологій для забезпечення будівництва аеропортів, а саме: аерознімання з використанням БПЛА, лідарного знімання висотних перешкод, лазерного сканування для детального знімання і складання планів фасадів наявних будівель і споруд.

Аналіз сучасних тенденцій розвитку електронних геодезичних приладів свідчить про завершення гонки за точністю приладів, яка наразі висока і забезпечує всі потреби геодезії. Модернізація GNSS-приймачів спрямована на розширення обсягу зберігання даних, зменшення впливу недоліків

супутникового сигналу. Розвиток програмної частини та технологій візуального позиціонування. Вдосконалення електронних тахеометрів досягається розширенням їх функціональних можливостей і автоматизації виконання геодезичних робіт.

Використання спеціалізованих програмних комплексів і систем автоматизованого проєктування для проєктування об'єкта та камеральної обробки польових вимірювань (CREDO ГЕНПЛАН, CREDO DIALOGUE та ін.) дозволяє заощадити час на виконання геодезичних робіт і зменшити тривалість циклу «Проєктування – виробництво».

Для підвищення якості цих рішень щодо будівництва автомобільних доріг і штучних споруд пропонується використовувати єдиноформатну наскрізну автоматизовану обробку результатів геодезичних вимірювань. Дослідження наголошують, що досі немає єдиного простого й ефективного рішення, яке б враховувало особливості сучасних видів аерознімків, зокрема з БПЛА, та програмних модулів для створення моделей поверхні місцевості високої щільності DSM, моделей рельєфу DTM та ортофотопланів безпосередньо в інструментальних геоінформаційних системах (ГІС).

У загальній тенденції розвитку геоматики одним із помітних явищ стала інтеграція методів цифрової фотограмметрії у середовище геоінформаційних систем. У склад програмних комплексів ГІС вводяться програмні фотограмметричні інструменти, які забезпечують отримання високоточної тривимірної інформації про геометричні параметри об'єктів місцевості зі знімків, отриманих різнотипними знімальними системами. Приклади такої інтеграції можна спостерігати в актуальних версіях програмного забезпечення ГІС. Наприклад, до складу ГІС ArcGIS входить програмний модуль Drone2Map, який дає змогу виконувати повний цикл автоматичного фотограмметричного опрацювання аерознімків. Дво- та тривимірні моделі об'єктів місцевості, ортофотоплани, векторні картографічні дані тощо отримують відразу в структурах і форматах конкретної інструментальної ГІС. Це вигідно вирізняє інтегровані рішення від традиційного імпорту в ГІС таких

даних, отриманих спеціалізованим фотограмметричним програмним забезпеченням. Дані, отримані на цифрових фотограмметричних станціях, передаються для подальшого аналізу та візуалізації в геоінформаційні системи. Таким чином, комбінування фотограмметричних методів і геоінформаційних технологій дозволяє забезпечувати можливості отримання цифрових моделей місцевості. Подальшим етапом технологічної ланки є перетворення таких моделей на картографічний продукт. Для великомасштабного картографування основним способом отримання контурної частини топографічних планів досі залишається ручне оконтурення людиною (оператором) об'єктів за ортофотопланом або за автоматично створеною 3D-моделлю. Ця процедура досі залишається недостатньо автоматизованою.

В окремих випадках існують суттєві обмеження можливості отримання достовірних і точних контурів об'єктів. Це стосується, насамперед, об'єктів місцевості, закритої кронами рослин і частинами дахів будівель, які нависають. Серед таких об'єктів виділяються будівлі (споруди), контури яких показують на картах й планах відповідно до вимог національних і галузевих нормативів. В Україні чинні норми вказують, що контур будівлі (споруди) необхідно на плані показувати за проєкцією цоколя з відображенням виступів та інших архітектурних деталей розміром від 0,5 мм у масштабі створюваного плану [19]. Отже, у великих масштабах картографування отримати коректний контур будівлі (споруди) складно як за ортофотопланом, так і за 3D-моделлю DSM. Перешкодою є наявність елементів конструкції дахів, які виступають за межі цоколю будівлі (споруди). Додаткові труднощі вносить наявність високої деревної рослинності поруч зі стінами будівель (споруд) і затінених областей (мертвих зон знімання). Таким чином, для високоточного картографування будівель і споруд необхідне комбінування методів фотограмметрії (для збирання інформації) та аналітичних методів геоінформатики (для обробки інформації).

До об'єктів підвищеної складності відносяться сучасні стадіони. Методика і технологія виконання геодезичних робіт на таких об'єктах

залежать від у будівництва. Під час будівництва стадіону складність виконання геодезичних робіт пов'язана зі значною обмеженістю безпечних і надійних місць для встановлення приладів. Необхідна точність виконання розмічувальних робіт під час будівництва стадіону може бути досягнута вимірюваннями електронним тахеометром за методом «вільної станції», який дозволяє виконувати вимірювання в будь-якій точці стадіону і забезпечує точність встановлення опорних деталей в не положення у плані на рівні 2 мм. Розроблені методи і методики визначення металокопструкцій стадіону можуть бути застосовані під час будівництва стадіонів із подібною конструктивною схемою. На сучасному етапі розвитку будівельних технологій потрібно враховувати та правильно оцінювати вплив якомога ширшого кола зовнішніх чинників на точність виконання геодезичних робіт. Зокрема, доцільно враховувати температурні деформації будівельних конструкцій під час виконання інженерно-геодезичних робіт. Пропонується методика попереднього розрахунку точності інженерно-геодезичних робіт, що дає змогу на підставі оцінки величини впливу температурних деформацій будівельних конструкцій призначати точність виконання геодезичних робіт для всієї споруди і точність елементів розмічувальних робіт. При цьому розрахунок температурних переміщень будівельних конструкцій проводиться згідно з теорією пружності та передбачає розв'язання диференціальних рівнянь.

Методика обґрунтування точності геодезичного забезпечення будівельних конструкцій базується на врахуванні впливу похибок геодезичних вимірювань на зміну напружено-деформованого стану конструкції у комплексі розрахунку, будівництва й експлуатації будівлі (споруди). Напрямами перспективних досліджень виділено всебічне врахування навантажень на конструкцію, точне визначення варіацій показників міцності бетону і сталі, застосування Гауссового показника надійності для будівель і споруд.

У монографії [24] розглядається підхід до розрахунку та оцінки точності інженерно-геодезичних вимірювань, що базується на обмеженні помилок контролю як самих вимірів у процесі їх безпосереднього виконання, так і

параметрів об'єктів на стадії будівництва. Викладені рекомендації щодо визначення доцільних допусків, обробки та оцінки точності результатів, що відбираються за ними. Наведено теорію нормування точності вимірювальних і будівельних операцій на основі обмеження або повного виключення ймовірностей помилок контролю параметрів споруд, що будуються.

Наявні методи визначення планового положення пунктів внутрішніх геодезичних мереж будівель і споруд на монтажному горизонті (вертикального оптичного чи лазерного проєціювання, струнної вертикалі або створно-обернені лінійно-кутові засічки електронними тахеометрами з наземних пунктів зовнішньої геодезичної мережі будівельного майданчика) забезпечують середні квадратичні похибки передачі координат пунктів на монтажний горизонт, встановлені ДБН В.1.3.2:2010 (5–9 мм).

У сучасних умовах досі багатьом робітникам і галузевим фахівцям (дизайнерам, інженерам, геодезистам) на будівельних майданчиках і в офісі доводиться працювати з паперовими планами та передавати необхідну інформацію про розташування об'єкта будівництва особисто. Для поліпшення такої ситуації, забезпечення наочності та миттєвого доступу до інформації пропонується інформаційне моделювання будівель і споруд з використанням хмар. Геодезист, використовуючи польовий контролер і спеціальне програмне забезпечення, та робітник, застосовуючи роботизований навігатор для розмічування та відповідне програмне забезпечення, можуть швидко отримати останню інформацію та доступ до інформаційної моделі будівлі шляхом під'єднання до хмари безпосередньо на будівельному майданчику.

Однією з характерних сучасних тенденцій виконання геодезичних робіт на будівельному майданчику є застосування технологій, які спрощують та полегшують роботу геодезиста, зокрема: сучасних цивільних смартфонів (планшетів) на базі Android, які за допомогою мобільних застосунків спроможні не тільки видавати інформацію в режимі перегляду, як звичайні текстові чи графічні файли (doc, txt, bmp, pdf тощо), але й виконувати додаткові розрахунки чи побудови у векторному форматі. Так мобільна версія програми

AutoCAD (GnaCad) дозволяє працювати з файлами у форматі dxf, dwg та вирішувати додаткові завдання безпосередньо на місці виконання робіт. Також захищені смартфони можуть застосовуватися в якості контролерів для GNSS-приймачів, тому що мають усі необхідні функції та частоти мобільного зв'язку CDMA, GPRS, 3G, 4G, Wi-Fi тощо. За рахунок застосування подібних технологічних нововведень скорочується час на виконання інженерно-геодезичних робіт та підвищується ефективність роботи геодезиста, особливо в умовах воєнного стану і встановлених обмежень, без втрати точності та купівлі дороговартісного спеціального обладнання. Наприклад, при складанні плану колон під час будівництва торгового центру на польові роботи було витрачено 6 годин. При цьому працювало двоє професійних геодезистів (один безпосередньо з електронним тахеометром, другий виконував додаткові заміри на колонах). В результаті витрати праці склали 12 людино-годин. При складанні плану колон на іншому подібному об'єкті одним геодезистом використовувався інший електронний тахеометр однакової точності, проте з можливістю роботи без відбивача. Водночас, був застосований інший метод складання плану (знімання з різних станцій із додатковим контролем), внаслідок чого витрат часу було більше (8 годин). Проте, через виконання робіт одним працівником, витрати праці становили 8 людино-годин, що підвищує ефективність праці у 1,5 рази.

Корисною для геодезиста є розробка та постійне удосконалення спеціальних геодезичних і землевпорядних мобільних застосунків, що безпосередньо зв'язані з публічними даними та дають змогу працювати з різними растровими та векторними форматами. Так, додаток «кадастр UA» дозволяє як отримати інформацію у режимі пошуку, наприклад за кадастровим номером земельної ділянки, так і додатково завантажити свої дані, наприклад об'єми робіт в обмінному форматі grx та контролювати процес безпосередньо в полі. Впроваджується у тестовому режимі Портал державної електронної системи у сфері будівництва, що об'єднує всі етапи будівництва та дозволяє здійснювати автоматичний контроль від розробки і до завершення будівельних

робіт. Повноті та якості інженерно-геодезичного забезпечення будівництва сприятиме в перспективі також розроблення та впровадження національного порталу національної інфраструктури геопросторових даних в Україні.

Особливості геодезичного моніторингу протягом експлуатації будівель і споруд багато в чому визначаються специфікою конкретного об'єкта моніторингу. Для вимірювання взаємного положення окремих конструкцій складних споруд і оперативного відстеження деформаційних зміщень пропонується використовувати електронні автоматичні датчики (інклінометри) відхилень конструкцій від вертикалі та горизонталі з можливістю дистанційної передачі даних і оповіщення про перевищення допустимих відхилень контрольного параметра, що надзвичайно важливо для техногенно та екологічно небезпечних об'єктів (АЕС, ТЕС, ТЕЦ, греблі, шлюзи, підпірні стіни і дамби гідротехнічних споруд, відкоси кар'єрів, висотні будівлі, телевежі, мостові опори, баштові крани тощо). На прикладі аналізу результатів циклів спостережень за осіданнями споруд теплоцентралі обґрунтовується потреба систематичного геодезичного моніторингу стану об'єкта для виявлення характеру та інтенсивності деформаційних процесів і осідань, а також складання графіків планово-запобіжних ремонтів. Для наочного визначення найбільш небезпечних ділянок на об'єкті дослідження та виявлення причин появи тріщин у стінах будівель побудована каркасна модель зміщень із використанням можливостей програми **3DWireframe**.

Автоматизована система геодезичного моніторингу злітно-посадкових смуг аеропортів дозволяє швидко виконувати нівелювання поверхні з регульованим кроком сканування в режимі дистанційного управління комплексом мобільних роботів.

4.3 Застосування сучасних геодезичних технологій в інженерних вишукуваннях. Принципи та практичні завдання

На сучасному етапі розвитку землеустрою роботи зі встановлення меж земельної ділянки в натурі (на місцевості) набувають все більшої актуальності. Від достовірності інформації, яка надходить до автоматизованої системи Державного земельного кадастру України в результаті виконання робіт із встановлення меж земельних ділянок в натурі, залежить законне та раціональне використання земельних ресурсів. У Законі України «Про Державний земельний кадастр» [25], зазначено, що внесення даних до системи державного земельного кадастру без встановлення меж об'єктів державного земельного кадастру, до яких входять землі в межах державного кордону України, землі в межах території адміністративно-територіальних одиниць, обмеження у використанні земель, земельні ділянки, неможливе. Інструкція про встановлення (відновлення) меж земельних ділянок у натурі (на місцевості) та закріплення їх межовими знаками не повною мірою вирішила питання відносно послідовності та етапів процедури встановлення меж земельної ділянки на місцевості. У Земельному кодексі України вказано, як виконувати встановлення чи відновлення меж земельних ділянок у натурі у разі виникнення земельних спорів між землевласниками та землекористувачами. Крім того, як показує практика, найпоширенішими та складними є саме межові спори.

Встановлення меж на місцевості є невід'ємною складовою частиною кадастрових зйомок і слугує основою для проведення конкретних дій чи процедур для передачі земельних ділянок у власність або користування. Тепер розглянемо деякі проблеми, що виникають під час встановлення меж земельної ділянки на місцевості або унеможливають ці роботи взагалі.

Одним із негативних чинників є відсутність, неактуальність та застарілість генеральних планів міст, схем планування територій, планів зонування територій, актуальних топографічних планів різних масштабів

тощо. Якщо немає вказаної документації, виникає проблема – неможливо якісно розробити землеустрою щодо встановлення меж земельної ділянки.

Іншою проблемою є те, що точність виконання геодезичних робіт із встановлення меж земельних ділянок в натурі (на місцевості) не уніфікована в різних нормативно-правових документах. Сьогодні існує велика кількість приладів різної точності для виконання робіт із встановлення меж. Не можна забувати і про такі фактори впливу на результат встановлення меж земельних ділянок, як умови виконання робіт, досвід виконавця тощо. Ці факти вказують на ймовірність отримання різних за точністю результатів вимірювань. В разі неточного визначення координат кутів повороту меж земельної ділянки або будь-якої іншої помилки виконавця, пов'язаної із виконанням топографо-геодезичних робіт, можуть виникати наслідки, які ускладнюють так зване «стикування» земельних ділянок.

Геодезичне встановлення меж земельної ділянки – це комплекс інженерно-геодезичних вишукувань (геодезичних робіт) інженера-геодезиста (інженера-землевпорядника) з метою одержання координат точок кутів поворотів межі земельної ділянки та інших її метричних даних (площа, периметр, довжини сторін між кутами поворотів межі, середні квадратичні похибки тощо). Традиційно великомасштабне топографічне знімання виконувалось тахеометричним методом або методами горизонтального і вертикального знімання. На сьогодні використання глобальної навігаційної супутникової системи (ГНСС) абсолютно змінило підхід до створення геодезичних мереж. За наявності мережі постійно діючих станцій визначення координат станцій знімання взагалі виконують без створення мереж у режимі RTK або PPP. За відсутності ГНСС мережі створюють, використовуючи електронні тахеометри способом лінійно-кутових побудов, причому навіть тахеометри найнижчої точності дозволяють створювати мережі без обмежень на відстані й кути з дотриманням необхідної точності.

Розглядаючи сучасні технології топографічного знімання, відзначимо збільшення кількості методів, якими виконують знімання. Серед них:

електронна тахеометрія, наземне лазерне сканування, знімання з безпілотних літальних апаратів, ГНСС-знімання, мобільне фотографічне/лазерне знімання тощо. Важливо, що ці та інші методи можна використовувати окремо або в комбінації, створюючи нові технології топографічного знімання.

Однак на сучасному етапі існує повна відсутність нормативного забезпечення цього розділу інженерної геодезії. Не встановлено характеристики геодезичних мереж для вишукувань під час їх створення з використанням ГНСС та електронних тахеометрів, окремо або в комбінації. Вищезгадані методи топографічного знімання не досліджувались з технологічної позиції: швидкість виконання робіт, ефективність методів, доцільність використання залежно від різних топографічних умов тощо. Варто зосередити увагу на комбінуванні різних методів, наприклад наземного лазерного сканування та БПЛА. При цьому завжди треба враховувати, що для вишукувань велике значення має швидкість та здешевлення виконання робіт. Тому, наприклад, доцільним є встановлення умов використання одночастотних та багаточастотних ГНСС-спостережень.

ТЕМА 5 АВТОМАТИЗАЦІЯ ТОПОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧНИХ МОНІТОРИНГОВИХ РОБІТ

План

- 5.1 Автоматизація інженерних вишукувальних робіт.
- 5.2 Поняття та актуальність топографо-геодезичних моніторингових робіт.
- 5.3 Принципи автоматизації топографо-геодезичних моніторингових.
- 5.4 Класифікація топографо-геодезичних моніторингових робіт.
- 5.5 Реалізація топографо-геодезичних моніторингових робіт.

5.1 Автоматизація інженерних вишукувальних робіт

Інженерно-геодезичні вишукування – це комплекс робіт, спрямований на отримання достовірної просторової інформації, яка, в свою чергу, є основою для проектування і будівництва. **Leica Geosystems** є найдосконалішою і найбільш інноваційною компанією в світі, коли мова йде про обладнання і технології для виконання інженерно-геодезичних вишукувань. Саме тому компанія вибрала девіз – when it has to be right! Дійсно, коли підрядники застосовують технології **Leica Geosystems** – вони впевнені, що зроблено буде вірно. Не просто добре, або швидко, або красиво, але саме правильно!

Пропонуємо розглянути рішення для виконання основних інженерно-геодезичних задач: геодезична зйомка, розбивка, контроль геометричних параметрів і стану об'єктів на місцевості:

Електронні тахеометри

Функціонально, електронний тахеометр призначений для вимірювання вертикальних та горизонтальних кутів, а також для вимірювання відстаней між точками в просторі. Сучасний електронний тахеометр – це складний електронний вимірювальний прилад з лазерним далекоміром і потужним

програмним забезпеченням. Всі сучасні тахеометри від Leica Geosystems працюють в безвідбивному режимі, тобто вимір відстані можливо не тільки на призму, але і на будь-який матеріал, який відображає світло (бетон, метал, цегла, дерево). Загальноприйнятий умовний розподіл тахеометров на три класи: інженерні, роботизовані і мультистанції. Для кожного класу характерні свої сфери застосування і відповідно стандартні конфігурації. Набір прикладних програм інженерного тахеометра, дозволяє успішно виконувати основні інженерно-вишукувальні завдання. Крім виконання тахеометричної зйомки, в пакет польового програмного забезпечення входять модулі створення мережі планово-висотного обґрунтування, координатної прив'язки, виносу точок в натуру, сегментування ліній, вирішення завдань координатної геометрії, визначення площ ділянок та обсягів насипів.

Оснащений моторизованим приводом роботизований тахеометр відкриває нові можливості, що істотно підвищують продуктивність праці, зокрема: автоматичний захват цілі (ATR), розширений пошук мети незалежно від її місцезнаходження (Power Search). Набір прикладних програм роботизованого тахеометра, дозволяє користувачеві вести абрис на екрані тахеометра і зберігати фотозображення кожного пікету в пам'яті. Таким чином, в ході тахеометричної зйомки ведеться додаткове документування у вигляді фотозображення з робочими позначками. Мультистанція розроблена для вирішення найскладніших і відповідальних завдань при виконанні комплексу інженерних вишукувань. Володіючи високою точністю кутових і дистанційних вимірювань, цей прилад об'єднує в собі функціонал роботизованого тахеометра, лазерного сканера, і фотограмметричної станції. При цьому передбачена можливість доповнення мультистанції GNSS-приймачем.

Геодезичні GNSS-приймачі

Геодезичні GNSS-приймачі призначені для визначення географічних координат і висотних відміток точок за результатами обробки сигналів глобальних навігаційних супутникових систем (global navigation satellite systems). Гідність GNSS очевидно, немає потреби тягнути кілометрові ходи

знімальної основи, винос точок в натуру проводиться в реальному часі сантиметровою точністю. Рік від року GNSS-технології удосконалюються: модернізуються існуючі системи (GPS, ГЛОНАС) і з'являються нові (Galileo, Beidou) коригувальні сигнали (TerraStar, OmniStar), розвиваються мережі наземних RTK-станцій. При цьому, саме устаткування дешевшає. Всього за 10 років GNSS-приймачі перейшли з категорії обладнання доступного тільки для великих дослідницьких компаній в категорію «наявність обов'язково» навіть для індивідуального підприємця. Leica Geosystems розробила перший цивільний GPS приймач, що дозволяв визначати своє місце розташування з сантиметровою точністю в 1985 році, при цьому період спостереження становив від 4 до 12 годин. У 1995 році приймачі від Leica мали можливість отримувати координати із сантиметровою точністю за лічені хвилини, а розміри обладнання були значно зменшені. У 2005 році RTK (Real Time Kinematic) стає новим стандартом в роботі з GNSS. Мультисистемний підхід, дозволив працювати ще точніше і швидше. З 2015 року приймачі Leica визначають координати із сантиметровою точністю в динаміці без прийому поправок від мережі базових станцій.

Польові контролери

Польовий контролер – це захищений від впливу навколишнього середовища електронний прилад, що дозволяє винести управління ом інженерно-геодезичних вишукувань на новий рівень. Польовий контролер підключається по радіохвилях (WiFi або Bluetooth) до тахеометру або GNSS-приймача. Сенсорний екран і повнофункціональна клавіатура дозволить працювати з геодезичним обладнанням ще комфортніше та швидше. Контролер Zeno 20 забезпечить формування і редагування просторової бази даних в реальному часі, гарантуючи ефективний облік і прогнозування робіт на об'єкті.

Нівеліри

Головне завдання нівелірів в інженерних вишукуваннях – вимір різниці висот точок. Як і інше геодезичне обладнання, нівеліри умовно діляться на

категорії відповідно до специфіки застосування і конструкції. Нівеліри прийнято поділяти на оптичні, цифрові та лазерні. Leica Geosystems досягла успіху у всіх трьох категоріях. Всі моделі нівелірів оснащені автоматичним компенсатором. Наприклад, оптичні нівеліри Leica серії NA500 розроблені для виконання точних робіт в жорстких умовах. Володіючи ергономічним дизайном, вони забезпечують незмінно високий рівень надійності та якість вимірювань. Для нівеліра Leica серії NA700 немає перешкод. Ні удар при падінні на землю, ні короткочасне занурення під воду, ні вібрація від важких будівельних машин – ніщо не завадить роботі і отримання якісних результатів.

Цифрові нівеліри, призначені для фахівців вищої кваліфікації, які володіють певними навичками та професіоналізмом. Цифрові нівеліри здатні знімати відлік за спеціальною рейці з RAB-кодом, виключаючи таким чином людський фактор, який негативно впливає при використанні оптичних нівелірів з глазомірним відліком по рейці. Найточніші у світі – це цифрові нівеліри Leica LS. Ця серія піднімає ефективність високоточного нівелювання на новий рівень сприяючи досягненню високих результатів швидше і з меншими витратами сил. Лазери призначені для вирішення різних завдань в будівництві, оздоблювальних і монтажних роботах, замінюючи мотузки, звичні рівні і т.д. Таке обладнання може використовувати будь-яка людина, незалежно від рівня професійної підготовки.

Лазерні далекоміри

Лазерний далекомір – це портативний прилад, здатний визначити відстань на місцевості до будь-якої точки з міліметровою точністю. професійні лазерні далекоміри випускаються в водо / пилонепроникному корпусі, витримують падіння з висоти до 2 м. Функціонал сучасних лазерних далекомірів дозволяє не тільки виміряти відстань, але також обчислити периметр, площа і об'єм, виконати непрямі вимірювання, проводити арифметичні операції з результатами. Далекіміри частіше застосовуються в будівництві, а в інженерних вишукуваннях. Вони застосовуються для оперативного визначення обсягу робіт і проведення польового контролю.

Теодоліти

Теодоліт – це традиційний оптичний геодезичний інструмент, призначений для вимірювання горизонтальних і вертикальних кутів. В даний час великою популярністю користуються електронні теодоліти, в яких виміряні величини відображаються на дисплеї та можуть бути передані на контролер-накопичувач або персональний комп'ютер.

Програмне забезпечення

Leica Captivate та **Leica Infinity** працюють в зв'язці для швидкого й ефективного управління, об'єднання і редагування польових вимірювань і них даних. Програмне забезпечення **Leica Captivate** – це міст між полем і офісом, який використовується для збору даних, відтворення ліній, площ і 3D-моделювання прямо в поле. Програмне забезпечення **Leica Infinity** дозволяє виконувати весь комплекс обробки польових даних в офісі.

5.2 Поняття та актуальність топографо-геодезичних моніторингових робіт

Вступ і визначення завдання

Топографічний моніторинг (ТМ) традиційно розглядається в контексті завдань створення та оновлення топографічних карт. Вирішення цих завдань покладено на спеціально уповноважений центральний орган виконавчої влади з питань топографо-геодезичної і картографічної діяльності статтею 8 Закону України «Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність». До його компетенції віднесено також ведення картографічного моніторингу території країни, включаючи шельфову зону та населені пункти, а сам картографічний моніторинг визначений як система безперервного спостереження за земною поверхнею з метою картографічного вивчення стану місцевості. Проте, на відміну від екологічного моніторингу або моніторингу земель, в Україні відсутнє відповідне нормативно-технічне та інституційне забезпечення ведення топографічного моніторингу місцевості. Треба зазначити, що і в

минулі роки не вдалося створити ефективну систему топографічного моніторингу.

Починаючи з 2003-го року, роботи зі створення та оновлення топографічних карт усіх масштабів практично не виконувалися. Таким чином, на сьогодні майже 70 % топографічних карт усіх масштабів на територію держави застаріли більше ніж на 15 років і не відповідають сучасному стану місцевості. Терміни періодичності оновлення топографічних карт раз на 5–10 років, встановлені Основними положеннями створення та оновлення топографічних карт на територію України, не задовольняють потреби держави у достовірній і точній картографічній інформації для прийняття оптимальних управлінських рішень в умовах динамічного розвитку суспільства.

Враховуючи міжгалузеве та багатоцільове призначення топографічних даних, а також зростання вимог до їх якості й актуальності в умовах широкого застосування ГІС у різних сферах, нагальним є завдання запровадження чіткої системи державного топографічного моніторингу (СДТМ). Таку систему необхідно розглядати як важливу складову Національної інфраструктури геопросторових даних (НІГД). Головною метою і завданням СДТМ є здійснення постійних спостережень за змінами на місцевості, оперативна актуалізація баз топографічних даних (БТД), зменшення строків доведення актуальної геопросторової інформації до користувачів та забезпечення доступу до геоінформаційних систем різного призначення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Топографічний моніторинг стабільно зміцнює свої позиції як ефективна система оновлення геопросторових даних і топографічних карт. Багато країн світу впроваджують постійно діючу систему ТМ місцевості та розробляють відповідне інформаційне, технічне, організаційне та інституційне забезпечення його ведення.

5.3 Принципи автоматизації топографо-геодезичних моніторингових

Беручи до уваги досягнення у сфері ДЗЗ, цифрового оброблення зображень, розвиток геоінформаційних систем і технологій, ТМ розглядається як мережа спеціалізованих геоінформаційних систем. Ці системи дозволяють здійснювати порівняльний аналіз множини станів місцевості на основі автоматизації процесу оброблення і дешифрування великих обсягів даних ДЗЗ, порівнювати результати дешифрування з даними БТД, оцінювати ступінь відповідності бази даних стану місцевості за актуальними даними ДЗЗ та інших джерел, приймати рішення про оновлення БТД, а за потреби формувати часові ряди змін складу та/або характеристик об'єктів місцевості.

Основні принципи створення системи топографічного моніторингу. До таких слід віднести:

- системний підхід до організації ТМ, його підсистем і компонентів;
- широке використання сучасних геоінформаційних, супутникових, дистанційних та інформаційно-телекомунікаційних технологій;
- визначення первинності геопросторових даних по відношенню до похідної від них картографічної продукції;
- мінімальний набір атрибутів, узгоджений з існуючими галузевими (профільними) та загальнодержавними системами ідентифікації об'єктів;
- інформаційна сумісність даних з різних джерел та розроблення критеріїв сумісності неоднорідних даних і технічних регламентів їх досягнення;
- однорідність даних на певну територію за складом, змістом і актуальністю;
- об'єктно-орієнтований підхід до ведення моніторингу, за якого зміни в БТД вносяться пооб'єктно (адресно) та максимально синхронно зі змінами стану об'єктів на місцевості;
- ведення метаданих про джерела, точність та актуальність усіх характеристик об'єктів і причин будь-яких їх змін;

– максимальне використання усіх існуючих джерел геопросторових даних, включаючи цифрові топографічні карти і плани, дані ДЗЗ, а також іншу топографо-геодезичну інформацію і дані галузевих (видових) кадастрів та галузевих моніторингів;

– координація взаємодії усіх виробників топографо-геодезичної продукції, установ і підприємств, відповідальних за ведення галузевих кадастрів та моніторингів;

– першочерговість формування нормативно-правового забезпечення процесу організації ТМ та міжвідомчої взаємодії в процесі його функціонування;

– державна підтримка створення і актуалізації БТД та організації ТМ.

Спинимось детальніше на конкретизації змісту одного з основних принципів – об’єктно-орієнтованого підходу до ведення ТМ. Цей принцип забезпечує пооб’єктне оновлення БТД, яке, як правило, має здійснюватися за результатами обов’язкових виконавчих знімань нових об’єктів будівництва або по завершенню реконструкції чи ліквідації старих. Такий підхід є ефективним для штучних (антропогенних) об’єктів, і при цьому не потрібно виконувати знімання всієї території в процесі оновлення топографічних карт. Але дані про природні об’єкти і явища мають оновлюватися в основному за результатами ДЗЗ за принципом площинного оновлення, оскільки ці об’єкти часто мають велику протяжність і локальне їх знімання не забезпечить повного оновлення стану місцевості в БТД.

5.4 Класифікація топографо-геодезичних моніторингових робіт

Як уже зазначалося, головне завдання сучасного ТМ полягає у створенні та постійному підтриманні в актуальному стані баз топографічних даних для забезпечення достовірною і точною інформацією про земну поверхню геоінформаційних систем різного призначення і територіального охоплення. Як і в будь-якому виді моніторингу, в ТМ можна виділити окремі, дрібніші

класифікаційні підвиди: за призначенням, територіальним охопленням та основними методами спостереження й ведення (рис. 5.1).

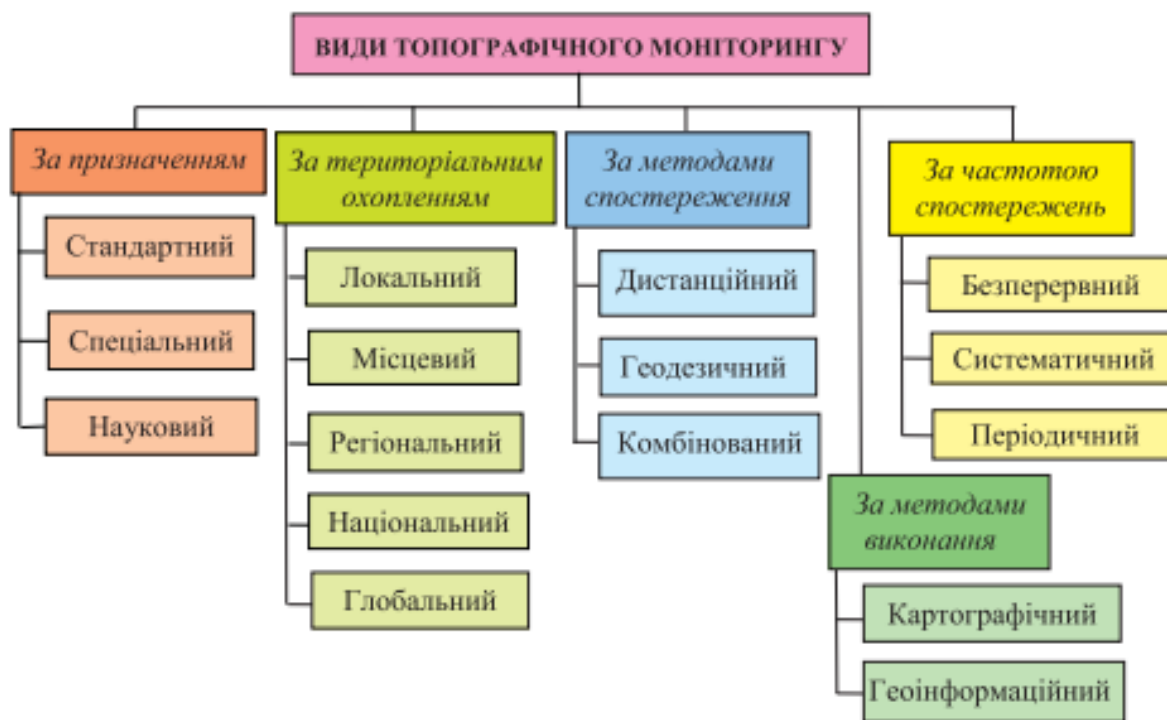


Рисунок 5.1 – Класифікація видів топографічного моніторингу

Стандартний (загальний) топографічний моніторинг (СТМ) – це постійно діючий моніторинг місцевості з оптимальним складом топографічних об’єктів та мінімально визначеною множиною їх характеристик. Топографічний об’єкт (ТО) визначається як географічний об’єкт природного або артефактного походження, який розташований на земній поверхні (над, під нею), обмежений у просторі, стаціонарний відносно земної поверхні та відносно сталий у часі. ТО вирізняється на місцевості своїми межами, які є границями розділення (розриву) для артефактних об’єктів або областями великих градієнтів зміни поверхні для природних об’єктів. Обмеження ТО у просторі може характеризуватися певними лінійними розмірами від кількох сантиметрів до десятків і сотень кілометрів (наприклад, протяжність шляхів, річок тощо).

Оптимальний склад та мінімальна множина характеристик топографічних об'єктів СТМ у сучасних умовах визначається вимогами до базових наборів геопросторових даних Національної інфраструктури геопросторових даних, які виконують роль єдиної цифрової топографічної основи для інтегрування та сумісного використання різних даних про об'єкти та явища з просторовою локалізацією, що створюються на його базі. Таким чином, мінімальний набір атрибутів об'єктів СТМ складають ідентифікаційні характеристики ТО, у т. ч.: тип об'єкта, його унікальний топографічний ідентифікатор (ТОІД) та власна назва, а також характеристики, що можуть бути отримані в результаті дешифрування даних ДЗЗ.

Розширення кількості характеристик спостереження є завданням спеціальних топографічних моніторингів. Це розширення може бути здійснено також об'єднанням цифрових моделей топографічних об'єктів стандартного ТМ з наборами тематичних даних з інших джерел, наприклад, баз даних галузевих кадастрів тощо. До спеціальних ТМ можна віднести також кризові топографічні моніторинги, які проводяться згідно з програмами спостережень за розвитком потенційно небезпечних природних явищ, наприклад повеней, зсувів тощо.

Наукові топографічні моніторинги проводяться за спеціальними програмами для вивчення геоморфологічних, геодинамічних та інших подібних процесів або з метою дослідження засобів і технологій проведення спостережень, у т. ч. й на спеціально визначених ділянках місцевості або топографічних полігонах. Як приклад сучасного наукового моніторингу можна назвати проєкт TOPOEUROPE, в якому вивчається 4D (в просторі та часі) топографічна еволюція орогенів і платформ Європи. Цей проєкт має на меті об'єднати європейські дослідні установи та сучасні засоби, щоб підвищити роль топографії у вивченні геоєкологічних динамічних процесів та ризиків. Реалізація проєкту ґрунтується на інтегруванні національних дослідних програм в єдину Європейську мережу спостереження, що охоплює сейсмічні зони та області рухів платформ Європи.

Топографічний моніторинг місцевості проводиться на чотирьох рівнях, які розрізняються за ступенем деталізації та відповідним територіальним охопленням, а саме: на національному (державному), регіональному, місцевому і локальному. У відповідності з даною класифікацією на державному рівні спостереження за топографічними об'єктами здійснюються на території всієї країни; на регіональному рівні – за ТО, які знаходяться на території певної адміністративно-територіальної одиниці; на місцевому – за ТО на територіях районних, міських, селищних або сільських рад; на локальному рівні – за ТО на території підприємств або інших об'єктів, виділених за природо-охоронними, ландшафтними, планувальними або іншими ознаками.

За методами спостереження та оброблення даних ТМ поділяють на дистанційний, геодезичний та комбінований. Серед напрямів розвитку топографічного картографування останніми роками переважає застосування методів ДЗЗ. Ці методи можуть бути пасивними, тобто коли використовується природне відбите чи вторинне теплове випромінювання об'єктів на поверхні Землі, спричинене сонячною радіацією, і активними, коли використовується примусове опромінення об'єктів штучним джерелом.

Найбільшого поширення і застосування набули системи дистанційного зондування, які встановлюються на космічних літальних апаратах і промислових аероносіях. Дані системи, які встановлюються на літальних апаратах, можна класифікувати так:

- багатозональні сенсорні системи у видимому і ближньому інфрачервоному діапазонах електромагнітного спектра (в основному це сенсори на основі світлочувливих матриць ПЗЗ-приладів);
- радіолокаційні системи активного зондування (у т. ч. й радари з синтезованою апертурою);
- системи когерентного оптичного зондування (лазерні чи лідарні системи).

В останні десять років індустрія і ринок ДЗЗ інтенсивно розвиваються. Нове покоління сенсорів для аерокосмічного знімання характеризується значними інформаційними можливостями. Поява на ринку космічних знімків з високою просторовою роздільною здатністю (менше 1 м для панхроматичної зйомки і 2,5 м – для багатоспектральної) з комерційних супутників розширила діапазон використання даних ДЗЗ і сприяла розробленню нових методів виготовлення продукції. Детальну класифікацію та характеристики видів ДЗЗ розглянуто, зокрема, у статті.

За методами виконання ТМ поділяється на картографічний та геоінформаційний. Сьогодні вже очевидно, що сегмент виробництва традиційних аналогових карт на твердих носіях зменшився, натомість потреба в цифрових та електронних топографічних картах багатократно зростає. Саме це обумовлює необхідність переосмислення традиційних та аналіз додаткових вимог до топографічних карт. Від класичного виду карти успадковуються традиційні вимоги до вимірювальних та зображувальних властивостей: актуальність, достовірність, точність, наочність. Разом з тим цифрові та електронні карти висувають додаткові вимоги, серед яких передусім необхідно виділити вимоги до внутрішньої конструкції – просторової схеми бази геопросторових даних (БГД). Тоді основним трендом при визначенні ролі та функцій топографічного картографування в НІГД є забезпечення переходу від простого відображення інформації про місцевість, яку дають традиційні карти, до створення БГД та знань.

Таким чином, власне топографічна карта в традиційній, цифровій або електронній формі є результатом запиту до БГД.

За частотою спостережень ТМ поділяється на безперервний, систематичний і періодичний. Моніторинг на спеціальних об'єктах характеризується використанням спеціальних датчиків та пристроїв, включаючи і постійно діючі станції ГНСС, які ведуть цілодобові безперервні спостереження за станом цих об'єктів. Систематичний моніторинг виконується за певним спеціальним планом та правилами. Саме йому

відповідає, зокрема, об'єктно-орієнтований ТМ на основі обов'язкових виконавчих знімачь об'єктів будівництва. Періодичний моніторинг лежить в основі діючої системи оновлення топографічних карт, який регламентує частоту проведення топографо-геодезичних робіт.

Загальна структура організації системи державного топографічного моніторингу. Вона складається із системи вироблення даних, систем топографічного моніторингу місцевості та системи адміністрування базових наборів геопросторових даних Національної інфраструктури геопросторових даних (БНГД НГД), банків топографічних даних та базових наборів геопросторових даних. Система поділяється на локальні, місцеві, регіональні та національні рівні (рис. 5.2).

Система вироблення даних для ТМ місцевості об'єднує зовнішніх виконавців, які беруть участь у процесах збирання, накопичення, збереження, оброблення та використання геопросторових даних. До основних суб'єктів ТМ належать: Державна служба геодезії, картографії та кадастру, Державний картографо-геодезичний фонд України, підприємства топографо- геодезичної галузі, установи та підприємства державних видових кадастрів, органи управління в галузі містобудування і архітектури та інші. Кожен виробник топографічних даних відповідає за вироблення та достовірність даних.

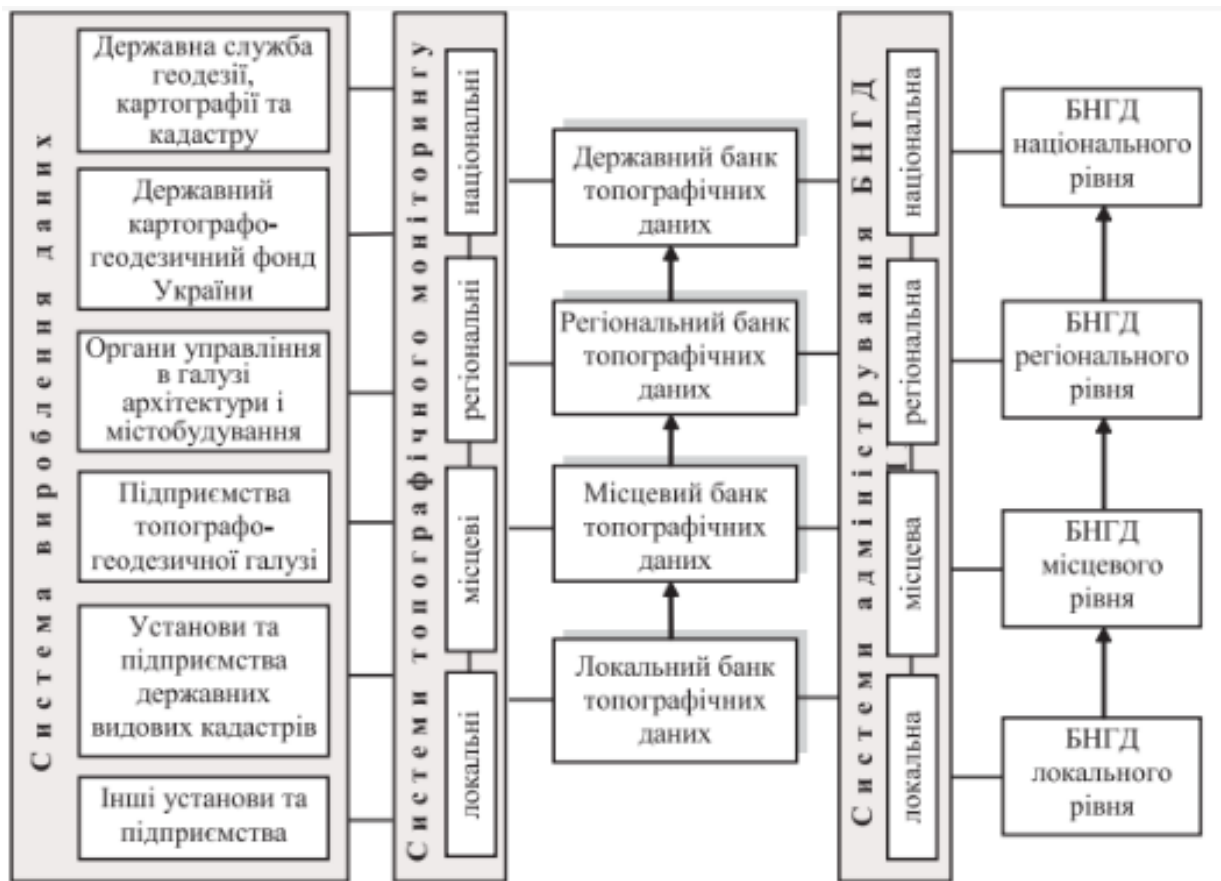


Рисунок 5.2 – Загальна структура СДТМ місцевості в НІГД

Відповідно до вище зазначених рівнів моніторингу формуються локальна, місцева, регіональна та державна БТД. Ці банки виконують роль сховища даних, де реєструються, накопичуються та довго терміново зберігаються результати геодезичних, картографічних, геоінформаційних робіт, набори топографічних даних, цифрові та електронні карти, ортофотокарти, ортофотоплани і відповідні метадані.

Метадані для ТМ відіграють важливу роль, оскільки прийняття рішення про оновлення БТД та про територіальне охоплення цим процесом оновлення даних здійснюється на основі порівняння метаданих вхідних даних та метаданих про набори геопросторових даних БТД. Тому метадані формуються як сукупність тематичних розділів, кожен з яких містить інформацію про певні характеристики набору геопросторових даних, зокрема: відомості про просторове (територіальне) охоплення; відомості про якість даних та їх

роздільну здатність, про організацію та структуру топографічних даних; інформацію про джерела даних, про дату відповідності даних місцевості, відомості про виробника і постачальника даних та контакти з ними. Для ефективного пошуку топографічних даних серед різних джерел та обміну інформацією між виробниками і користувачами метадані мають створюватися у вигляді каталогів та баз метаданих про топографічну продукцію, що зберігається і пропонується в цифровому і нецифровому вигляді.

Оскільки топографічний моніторинг розглядається як важлива складова НІГД, адміністрування БТД в ідеалі має виконуватися адміністраторами НІГД різних рівнів. На адміністраторів покладаються функції створення та оперативної актуалізації БНГД і відповідних метаданих, проведення контролю та оцінювання якості, сумісності та достовірності топографічних даних і метаданих, каталогізації цифрових та електронних карт, цифрових ортофотокарт та ортофотопланів, надання базового набору в інтегрованому вигляді користувачам тощо. Адміністратори НІГД локального, місцевого та регіонального рівнів виконують генералізацію да них та постачання БНГД і метаданих адміністратору вищого рівня НІГД.

5.5 Реалізація топографо-геодезичних моніторингових робіт

БНГД, які створюються або оновлюються в результаті проведення ТМ, формуються за територіальною ознакою, базовим масштабом, складом, рівнем деталізації і точністю вихідних джерел. БНГД просторово і тематично об'єднують геопросторові та негеопросторові (профільні, тематичні) дані на основі запровадження уніфікованої системи ідентифікації об'єктів. Оновлення БНГД має виконуватися на основі об'єктного підходу – шляхом оперативної актуалізації цифрових моделей просторових властивостей та атрибутів об'єктів місцевості, що з'являються або змінюються, а також відповідних метаданих про такі зміни на підставі проведення спеціальних робіт і використання результатів, одержаних при проведенні усіх видів геодезичних і

картографічних робіт, виконаних суб'єктами топографо-геодезичної діяльності на певній території.

Мінімальний набір атрибутів, який визначено для СТМ, а також його узгодження з існуючими галузевими та загальними державними системами ідентифікації об'єктів дозволить мінімізувати обсяги даних, що підлягають обов'язковому введенню, зберіганню та актуалізації в БТД, зменшить витрати на підтримку бази даних та забезпечить можливість її інтеграції з численними галузевими інформаційними ресурсами.

Державна підтримка створення та актуалізації БТД – важлива і обов'язкова, оскільки створення та моніторинг відбувається через мережу уповноважених спеціалізованих державних підприємств топографо-геодезичного профілю, а формування і актуалізація цієї бази потребує інтегрування даних від багатьох державних установ і підприємств, використання державних інформаційних ресурсів, координованої взаємодії різних відомств та стабільного фінансування.

Створення системи ТМ потребує розроблення законодавчих та нормативно-технічних актів, які б сформували єдине правове поле взаємодії між учасниками моніторингу на всіх рівнях. Нормативні документи мають встановити порядок технічного регулювання відносин у питаннях реалізації та виконання обов'язкових вимог до процесів створення і функціонування СДТМ, забезпечити стандартизацію обміну даними. Нормативно-правове забезпечення СДТМ необхідно створювати як систему технічних регламентів, національних стандартів, положень, правил, інструкцій, керівництв та інших нормативних актів, які в сукупності мають визначити періодичність, структуру, формати та порядок обміну даними між учасниками системи ведення державного топографічного моніторингу.

Запровадження системи державного топографічного моніторингу – актуальне і складне науково-технічне завдання, що потребує докорінної модернізації існуючої системи вироблення геопросторових даних та картографічної продукції на основі широкого застосування цифрових методів

і геоінформаційних технологій. Від його успішного вирішення залежить забезпечення виробництва високоякісних, актуальних геоінформаційних ресурсів як важливої складової національних інформаційних ресурсів та як основи для інтегрування усіх видів інформаційних ресурсів за координатно-часовими ознаками в системах підтримки прийняття рішень на всіх рівнях державного управління і територіального охоплення.

До першочергових завдань створення СДТМ слід віднести його нормативно-правове та інституційне забезпечення, зокрема розроблення та затвердження відповідного положення про систему державного топографічного моніторингу і технічних регламентів на базові набори геопросторових даних державного, регіонального і місцевого рівнів.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 3 ПРОГРАМНІ ЗАСОБИ ТА ПРИНЦИПИ АВТОМАТИЗАЦІЇ КАМЕРАЛЬНИХ РОБІТ

ТЕМА 6 ПОРІВНЯННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБІТ

План

6.1 Аналіз програмного забезпечення для автоматизації геодезичних робіт.

6.2 Класифікація програмного забезпечення для автоматизації геодезичних робіт.

6.3 Порівняльні характеристики програмного забезпечення для автоматизації геодезичних робіт.

6.1 Аналіз програмного забезпечення для автоматизації геодезичних робіт

З кожним роком перед геодезичним виробництвом постають нові завдання, які потребують швидкого і правильного розв'язання. Це вимагає застосування нових технологій і засобів вимірювання. Застосування електронних тахеометрів дає змогу істотно скоротити час на проведення польових робіт з одночасним підвищенням точності вимірювань, забезпечити високу точність результатів вимірювань та автоматичне збереження даних. Розвиток програмних засобів для опрацювання геодезичних вимірів допоможе скоротити час на камеральне опрацювання даних.

Програма для опрацювання отриманих даних геодезичних вимірів має бути такою, щоб виконувати максимально складні завдання, і водночас простою у користуванні.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У ринкових умовах господарювання особливої актуальності набули проблеми взаємодії новітніх методів опрацювання результатів і засобів виконання геодезичних робіт.

Камеральне опрацювання результатів геодезичних вимірів електронних тахеометрів вимагає використання спеціального програмного забезпечення.

Нині на ринку є велика кількість програмного забезпечення для опрацювання результатів вимірювань з електронних тахеометрів. Усі фірми-виробники намагаються вдосконалювати свої продукти, робити програми універсальними та зручними у користуванні. Ці питання недостатньо розкриті, тому що більшість публікацій містить інформацію рекламного характеру.

6.2 Класифікація програмного забезпечення для автоматизації геодезичних робіт

Програми для опрацювання геодезичних вимірів зчитують дані з тахеометрів, що являють собою файл із координатами точок знімання та їх ідентифікаторами, а також інформацією, що отримана в результаті вимірів. Файли створюються або у спеціальних форматах залежно від приладу або у звичайному текстовому форматі ASCII. Вихідні текстові дані перетворюються на координати опорних точок, відносно яких за виміряними величинами (кутами та відстанями, які можна редагувати) визначають місця розташування об'єктів на місцевості. Після цього створюють графічний векторний файл. Отримані файли можна конвертувати у потрібні формати та створювати різноманітні звітні документи.

Камеральне опрацювання даних є важливим етапом геодезичних робіт, що вимагає використання спеціального програмного забезпечення, яке здатне вирішувати будь-які професійні завдання та долати проблеми, що можуть виникнути у виконавців на цьому етапі робіт. Камеральні роботи можна поділити на такі етапи: попереднє опрацювання результатів вимірів

електронних тахеометрів; графічне опрацювання результатів (візуалізація); редагування отриманих даних; створення технічних звітів.

Залежно від того, які етапи камерального опрацювання даних забезпечує програма, можна виділити спеціалізоване, загальне та універсальне програмне забезпечення (рис. 6.1).



Рисунок 6.1 – Класифікація програмного забезпечення

Спеціалізоване програмне забезпечення дає змогу виконувати імпорт/експорт, редагування та опрацювання вимірів електронних тахеометрів, але водночас не забезпечує візуалізації одержаних даних.

Комунікаційне програмне забезпечення, інстальоване в персональний комп'ютер або ноутбук, призначене для обміну даних між внутрішньою пам'яттю електронних інструментів (електронних тахеометрів, нівелірів, GPS-приймачів) та комп'ютером. Комунікаційне програмне забезпечення дає змогу

також виконувати первинне редагування "сирих" польових даних. На сьогодні існує велика кількість програмного забезпечення, що застосовується для попереднього опрацювання геодезичних вимірів. Зазвичай такі програми можуть працювати лише з певними типами файлів залежно від електронного тахеометра тощо.

6.3 Порівняльні характеристики програмного забезпечення для автоматизації геодезичних робіт

Програма **Sokkia Link** розроблена для забезпечення комунікації електронних інструментів **Sokkia** (цифрових нівелірів, тахеометрів, GPS). Крім завантаження й вивантаження даних, програма надає можливість керування інструментом за допомогою настільного або планшетного комп'ютера, перетворюючи, таким чином, апаратно-програмний комплекс в «електронну мензулу». Можливості Sokkia Link: прийом даних із цифрових нівелірів, тахеометрів, GPS компанії Sokkia; імпорт/експорт даних у форматі Sokkia, текстових файлів в Excel; підвантаження файлів AutoCAD й експорт в AutoCAD (2D й 3D); графічне представлення вимірювань; графічні можливості (малювання лінії, кола, прямокутників), вставка тексту; створення й завантаження у прилад списку кодів; обчислення координат; обчислення розбивних елементів і винесення точок; перетворення з однієї системи координат в іншу (Гельмерта); обчислення площі; управління тахеометром (вимірювання, орієнтування, обернена засічка).

Можливості ProLINK Comms: імпорт польових даних з електронних тахеометрів, контролерів-накопичувачів або GPS-приймачів у персональний комп'ютер для подальшого редагування, редукування і трансформування даних. ProLINK Comms підтримує такі формати імпорту: SDR, MOSS, SDMS і ASCII; редагування польових даних; редукування даних; трансформація даних; вибір координатної системи; експорт даних. ProLINK Comms підтримує такі формати експорту: SDR, DXF, MOSS, ICS, SDMS і ASCII; створення

власних форматів даних. У програмі ProLINK Comms можна створювати власні нестандартні формати даних, для чого передбачений Менеджер конвертування (Conversion Definition Manager). Він дозволяє переносити рядки і колонки даних з файлів зовнішніх форматів у рядки і колонки польового журналу ProLINK Comms і, навпаки, з рядків і колонок польового журналу – у рядки й колонки файлів зовнішніх форматів.

LEICA GEO office містить такі стандартні функції: управління даними; імпорт та експорт даних; засоби для GNSS, TPS та нівелірів; візуалізація та редагування; просте створення звітів. Стандартні функції можна розширити потужними додатковими модулями: обробка GPS/ГЛОНАСС вимірювань; перетворення координат; імпорт даних у форматі gineх; зрівнювання мережі; експорт даних у GIS/CAD формат.

Спеціалізовані програми використовують для передавання даних між електронними тахеометрами різних фірм-виробників та персональним комп'ютером.

Загальне програмне забезпечення містить кілька модулів, що забезпечують опрацювання геодезичних вимірів на всіх етапах камеральних робіт. Під час опрацювання геодезичних вимірів за допомогою загального програмного забезпечення виконавець має змогу вибрати спосіб обчислення, контролювати точність розрахунків, створювати графічні файли з отриманих даних та візуально аналізувати коректність результатів, формувати звіти. Як додаткові матеріали можна використовувати зіскановані карти і плани, аерознімки тощо.

Крім основних, функції програми можуть містити додаткові модулі для опрацювання GPS/ГЛОНАСС-вимірів, результатів нівелювання, врівноваження мереж, перетворення координат тощо. Виконана певна уніфікація, що дає змогу опрацьовувати інформацію більшості типів електронних тахеометрів, для чого застосовують спеціальні універсальні формати даних вимірів.

Крім зазначених функцій попереднього опрацювання даних тахеометричного знімання, таке програмне забезпечення містить набір графічних інструментів для побудови топографічних карт і планів (візуалізації), дозволяє розв'язувати безліч прикладних задач та формувати звітну документацію.

Універсальне програмне забезпечення дає змогу більше зосередитися на візуалізації отриманих результатів. Це програмні засоби для виконання растрово-векторного перетворення (векторизації) просторових даних, автоматизації опрацювання даних геодезичного знімання місцевості та інженерного, візуалізації та аналізу просторових даних. За допомогою саме таких програм можна легко виготовляти звітну документацію.

Серед універсального програмного забезпечення в нашій країні доволі поширений продукт українського виробництва. Програмний пакет **Digitals** розроблений у ДНВП «Геосистема» (м. Вінниця Україна), призначений для створення цифрових планів і карт та виконання робіт із землеустрою, розв'язування інженерних і прикладних задач.

Digitals Standard – початкова версія програми, що містить базові можливості: створення цифрових карт в умовних знаках, запис IN4 та інших форматів, моделювання рельєфу, розрахунок площ та об'ємів, друк державних актів та інших графічних документів.

Delta/Digitals – програмне забезпечення цифрової фотограмметричної станції (ЦФС) для фотограмметричного опрацювання результатів аерофотознімання. Ґрунтується на картографічному ядрі **Digitals** з можливістю виконання стереоскопічних вимірів.

Підпрограма **Geodesy** призначена для обробки польових вимірювань теодолітного і тахеометричного знімання, полігонометричних ходів та мереж, проводить їх зрівноваження з виданням звітів, виконує контроль помилок у вхідних даних з можливістю редагування вимірювань.

Програмний комплекс **CREDO v 3.1** (фірми «Кредо Діалог», Білорусь) розроблений для камеральної обробки геодезичних вимірювань, створення та

редагування ЦМР, формування креслень, планів та карт і розв'язання багатьох задач у будівництві, землевпорядкуванні та геодезії. Програмний комплекс **CREDO** має модульну систему (комплексні технології) взаємодоповнювальних програмних продуктів, які зібрані в автоматизовані технологічні лінії: інженерна геодезія, інженерна геологія, землеустрій, проєктування генеральних планів об'єктів промислового і цивільного будівництва, а також проєктування об'єктів транспорту, зокрема автомобільних доріг усіх категорій (ремонт і нове будівництво).

Програма **CREDODAT** призначена для автоматизації камеральної обробки інженерно-геодезичних даних під час вишукувань об'єктів цивільного, промислового і транспортного будівництва, геодезичного супроводу будівництва, маркшейдерських робіт, робіт зі створення і реконструкції геодезичних опорних мереж.

Програма **CREDODAT** імпортує дані у форматах приладів: **Nikon, Trimble, Geodimeter, Sokkia, Leica, Topcon, YOM3 (2TA5, 3TA5)**, а також із текстових файлів. Програмне забезпечення дає змогу виконувати попереднє опрацювання та редагування вимірів, створення та використання власних систем польового кодування, зрівноваження та проєктування геодезичних мереж, виготовлення звітних документів.

Серед особливостей програми – відсутність обмежень на обсяг інформації, що опрацьовується в мережах і під час знімання, графічна ілюстрація процесів опрацювання даних, а також можливості налаштування процедур введення, опрацювання і створення вихідних документів під стандарти підприємства, національні стандарти і мови.

Програмний комплекс «Маркшейдерсько-геодезичні мережі і зйомки» призначений для прорахунку точності і врівноваження планово-висотних мереж довільної конфігурації. У програмному комплексі поєднано унікальні можливості для врівноваження будь-яких мереж та пошуку грубих помилок, які на сьогодні не може надати жодна з існуючих програм щодо врівноваження мереж. Містить такі програмні модулі:

- імпорт результатів вимірювань з електронних тахеометрів і супутникових GNSS-вимірювань;
- урівнювання планових, висотних і комбінованих мереж знімальної основи спільно із супутниковими вимірюваннями;
- обробка вимірів топографічних зйомок і експорт результатів у САПР;
- інтерактивне проєктування та попередній розрахунок точності планових і висотних геодезичних мереж.

Програмний комплекс орієнтований на роботу з електронними тахеометрами, але дозволяє вводити і обробляти дані з польових журналів для оптичних геодезичних інструментів.

Torosad – це система автоматизованого проєктування (САПР), створена спеціально для обробки результатів площинних і лінійних вишукувань, створення ЦММ, підготовки топографічних креслень, геодезичного забезпечення будівництва, маркшейдерського забезпечення розробки родовищ корисних копалин, збору та оновлення даних ГІС.

Torosad дозволяє виконати комплексну обробку даних від збору результатів польових спостережень і створення моделі підоснови до підготовки даних проєкту будівництва для виносу в натуру. У програмі є вбудований генератор звітів, який дозволяє модифікувати звіти залежно від вимог.

ТЕМА 7 ПРИНЦИПИ АВТОМАТИЗАЦІЇ КАМЕРАЛЬНОГО ОПРАЦЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБІТ

План

- 7.1 Загальні відомості про опрацювання даних геодезичних робіт.
- 7.2 Класифікація програмного забезпечення за функціональністю.
- 7.3 Особливості технології автоматизації камерального опрацювання результатів геодезичних робіт.

7.1 Загальні відомості про опрацювання даних геодезичних робіт

Застосування електронних тахеометрів, що забезпечують високу точність результатів вимірювань та автоматичне збереження даних, істотно скорочує час на проведення польових робіт з одночасним підвищенням точності вимірювань. Скорочення термінів на камеральну обробку даних тісно пов'язане з рівнем розвитку програмних засобів для опрацювання геодезичних вимірів. Під час створення програмного забезпечення для опрацювання отриманих даних геодезичних вимірів необхідно враховувати велику кількість електронних тахеометрів і, як наслідок, велику кількість форматів зберігання даних, а також правила виконання знімання. Програма має бути універсальною, такою, що дає змогу вирішувати максимально складні завдання і водночас простою у користуванні. Дані з електронних тахеометрів являють собою файл із координатами точок знімання та їх ідентифікаторами, а також інформацією, що отримана в результаті вимірів. Такі файли створюються або у спеціальних форматах залежно від приладу, або в звичайному текстовому форматі ASCII.

Програми для опрацювання геодезичних вимірів зчитують такі дані з тахеометрів, під'єднаних до комп'ютера. Вихідні текстові дані перетворюються на координати опорних точок, відносно яких за виміряними

величинами (кутами та відстанями, які можна редагувати) визначають місця розташування об'єктів на місцевості. Після цього створюється графічний векторний файл. Отримані файли можна конвертувати у потрібні формати та створювати різноманітні звітні документи.

7.2 Класифікація програмного забезпечення за функціональністю

Камеральна обробка даних є важливим етапом геодезичних робіт, що вимагає використання спеціального програмного забезпечення, яке здатне вирішувати будь-які професійні завдання та долати проблеми, що можуть виникнути у виконавців на цьому етапі виконання робіт. Камеральні роботи можна поділити на такі етапи: попереднє опрацювання результатів вимірів електронних тахеометрів, графічне подання результатів(візуалізація), редагування отриманих даних та створення звітів. Залежно від того, які етапи камеральної обробки даних забезпечує програма, можна виділити спеціалізоване, загальне та універсальне програмне забезпечення. Основні характеристики програмного забезпечення Спеціалізоване програмне забезпечення (рис. 7.1) дає змогу виконувати імпорт/експорт, редагування та опрацювання вимірів електронних тахеометрів, але водночас не забезпечує візуалізації одержаних даних. Так зване комунікаційне програмне забезпечення, інстальоване в персональний комп'ютер, призначене для обміну даними між внутрішньою пам'яттю електронних пристроїв та комп'ютером, а також редагування отриманих даних.

Сьогодні існує велика кількість програмного забезпечення, що застосовується для попереднього опрацювання геодезичних вимірів. Зазвичай такі програми можуть працювати лише з певними типами файлів залежно від електронного тахеометра. Спеціалізовані програми використовують для передавання даних між електронними тахеометрами різних фірм виробників та персональним комп'ютером.

Назва програми	Країна-виробник	Прилади з якими працює програма	Основні функції
1	2	3	4
SOUTH TS (NTS) Communication v 1.5	Китай	SOUTH, серії TS та NTS	<ul style="list-style-type: none"> - передача даних між тахеометром та ПК; - редагування координат і толоко дів; - конвертація файлових даних.
Topcon Link v 7.2	Японія	Тахеометри фірми TOPCON	<ul style="list-style-type: none"> - передача даних між GPS-приймачем TOPCON або тахеометрами TOPCON і SOUTH і ПК; - попереднє опрацювання отриманих даних; - конвертація даних різних форматів.
PENTAX DataLink DL-02	Японія	Тахеометри PENTAX	<ul style="list-style-type: none"> - передача даних між тахеометром та ПК; - опрацювання результатів вимірів; - графічне подання результатів роботи; - складання звітів за виконаними польовими роботами; - конвертація файлових даних в de l -z, CSV, powertopofiles - mes. .dxf.
StoneX Survey Office v 1.0.1	Великобританія	Тахеометри STONEX серії STS	<ul style="list-style-type: none"> - передача даних між тахеометром та ПК; - редагування координат і топокодів, даних траси; - конвертація файлових даних із .gsi в .dxf.
SierraSoft Nadir v 5.0	Італія	Тахеометри PENTAX, SOKKIA, TOPCON, LEICA, TRIMBLE, NIKON, STONEX, ZEISS, GEODIMETER, GEOTRONICS, KERN, CieloMAX та ін.	<ul style="list-style-type: none"> - передача даних між тахеометром та ПК; - опрацювання результатів вимірів; - графічне подання результатів роботи; - складання звітів про виконану польову роботу; - конвертація файлових даних.

Рисунок 7.1 – Спеціалізоване програмне забезпечення

1	2	3	4
Sokkia prolink v 1.15	Японія	Тахеометри фірми Sokkia	<ul style="list-style-type: none"> - імпорту/експорту даних між тахеометром та ПК; - редагування координат і топокодів; - обчислення координат, розмірних креслень та елементів вносу; - графічне подання результатів; - конвертація файлів та створення власних форматів даних.

Продовження рисунка 7.1

Загальне програмне забезпечення (рис. 7.2) містить кілька модулів, що забезпечують опрацювання геодезичних вимірів на усіх етапах камеральних робіт. Під час опрацювання геодезичних вимірів за допомогою загального програмного забезпечення виконавець має змогу вибрати спосіб обчислення, контролювати точність розрахунків, створювати графічні файли з отриманих даних та візуально аналізувати коректність результатів, формувати звіти. Як додаткові матеріали можна використовувати зафіксовані карти і плани, аерознімки тощо.

Назва ПЗ	Країна-виробник	Передача даних, формати, що підтримуються	Опис основних функцій ГІС
1	2	3	4
LEICA Geo Office v8 2	Швейцарія	Імпорт з карт пам'яті CompactFlash, з приладів, з текстових файлів або через мережу Internet. Експорт результатів разом з кодами та атрибутами точок, ліній та інших об'єктів можна виконувати в будь-які програми CAD, (»IS та інші картографічні системи.	Управління даними, засоби для GNSS TPS та нівелірів, імпорт/експорт, візуалізація та редагування даних, створення звітів, перетворення координат, зрівнювання мереж, обробка даних нівелювання та GPS/ ГЛОНАСС, графічні інструменти.
Sokkia Mapsuite Plus (Topocad)	Швеція	Вихідними даними є файли тахеометрів - SOKKIA (SDR), LEICA (GRE), GEODIMETER (GDT, DC), текстові файли ASCII (DOS) і ANSI (Windows), графічні формати DXF, DWG, BMP тощо. Результатами роботи є файли графічних форматів DXF, DWG.	Імпорт, редагування даних, опції створення та налаштування власної таблиці кодів (для польового кодування топографічних об'єктів), попереднє опрацювання і графічне відображення планового положення точок знімання, редагування цифрової моделі рельєфу та зображення ситуації, підготовка і передача файлів координат точок у прилади інших виробників, проектування профілю траси, формування звітів.
Trimble Tenamod V 10.34	США	Імпорт/експорт файлів форматів MX (MOSS) файли, SDMS файли, HccRas файли, ASCII, графічні обмінні файли (DXF, DWG, DGN), файли зображень (BMP, TIF, JPG).	Редагування даних, зрівноваження мереж, засоби! стеження за деформаціями, CAD редагування, викреслювання, визначення обсягів робіт, побудова горизонталей, створення профілів і поперечників трас, 3D-візуалізація, ПС підтримка, складання звітів за проведеними роботами.
Pythagoras CAD v 12	Бельгія	Передача даних з тахеометрів Topcon, Leica, Nikon, Geodimeter, Pentax, Sokkia, Zeiss, Trimble. Експорт даних у вигляді текстових файлів, DXF, DWG і SQD файлів іа у форматі електронних тахеометрів.	Опрацювання даних польових вимірювань, проектування, створення креслень, побудова ЦМР і визначення обсягів виконаних робіт, перетворення координат, зрівноваження мереж, підготовка звітної документації

Рисунок 7.2 – Загальні програми для опрацювання даних, отриманих з електронних тахеометрів

7.3 Особливості технології автоматизації камерального опрацювання результатів геодезичних робіт

Крім основних, функції програші можуть містити додаткові модулі для опрацювання GPS/ГЛОНАСС – вимірів, результатів нівелювання, врівноваження мереж, перетворення координат тощо. Виконана певна уніфікація, що дає змогу опрацьовувати інформацію більшості типів електронних тахеометрів, для чого застосовуються спеціальні універсальні формати даних вимірів. Крім зазначених вище функцій попереднього опрацювання даних тахеометричного знімання, таке програмне забезпечення містить набір графічних інструментів для побудови топографічних карт і планів (візуалізації), дає змогу розв'язувати безліч прикладних задач та формувати звітну документацію. Універсальне програмне забезпечення дає змогу більше зосередитися на візуалізації отриманих результатів. Це програмні засоби для виконання растрово-векторного перетворення (векторизації) просторових даних, автоматизації опрацювання даних геодезичного знімання місцевості та інженерного проектування, візуалізації та аналізу просторових даних. За допомогою саме таких програм можна легко виготовляти звітну документацію. Серед універсального програмного забезпечення у нашій країні доволі поширений продукт українського виробництва. Програмний пакет **Digitals**, розроблений у державному науково-виробничому підприємстві «Геосистема» (Україна), призначений для створення цифрових карт та виконання робіт із землеустрою.

Digitals Standard – початкова версія програми, що містить базові можливості: створення цифрових карт в умовних знаках, читання і запис Іп4 та інших форматів, моделювання рельєфу, розрахунок площ та обсягів, друк державних актів та інших графічних документів. **Digitals Professional v 5.0** – додатково дає змогу працювати з растровими зображеннями, а також зберігати карти на SQL-сервері, з можливістю одночасного багатокористувацького

доступу. **Delta Digital** – програмне забезпечення цифрової фотограмметричної станції (ЦФС), що дає змогу виконувати фотограмметричну обробку результатів аерофотознімання. Ґрунтується на картографічному ядрі **Digital** з можливістю виконання стереоскопічних вимірів.

Серед основних функцій програмного забезпечення: візуалізація та редагування даних, створення топографічних та спеціальних карт зрівноваження мереж, побудова ЦМР і моделювання горизонталей, розрахунок площ та обсягів робіт, перегляд карти в тривимірному вигляді, використання супутникових знімків, сканованих карт, створення звітної документації. Пакет підтримує формати DXF+DBF, MIF, Shape, TXK і ASCII. Модуль Geodesy дає змогу імпортувати дані з більшості файлів електронних тахеометрів або вводити журнал вимірювань вручну, будувати різні види полігоно-метричних ходів, проводити їх спільне зрівнювання з віщанням звітів, виконує контроль помилок у вхідних даних з можливістю редагування вимірювань. Програмний комплекс **CREDO v 3.1** (фірми «Кредо Діалог», Білорусь) розроблений для камеральної обробки геодезичних вимірювань, створення та редагування ЦМР, формування креслень, планів та карт та розв'язання багатьох задач у будівництві, землевпорядкуванні та геодезії. Програмний комплекс **CREEK** має модульну систему(комплексні технології) взаємо-доповнювальних програмних продуктів, які зібрані в автоматизовані технологічні лінії: інженерна геодезія, інженерна геологія, землеустрій, проєктування генеральних планів об'єктів промислового і цивільного будівництва, а також проєктування об'єктів транспорту, зокрема автомобільних доріг всіх категорій(ремонт і нове будівництво).

Програма **CREDO DAT** призначена для автоматизації камеральної обробки інженерно-геодезичних даних під час вишукувань об'єктів цивільного, промислового і транспортного будівництва, геодезичного супроводу будівництва, маркшейдерських робіт, робіт зі створення і реконструкції геодезичних опорних мереж. Програма **CREDO DAT** імпортує

дані у форматах приладів: **Nikon, Trimble, Geodimeter, Sokkia, Leica, Topcon, УОМЗ (2ТА5, 3ТА5)** а також із текстових файлів. Програмне забезпечення дає змогу виконувати попереднє опрацювання та редагування вимірів, створення та використання власних систем польового кодування, зрівноваження та проєктування геодезичних мереж, виготовлення звітних документів. Серед особливостей програми – відсутність обмежень на обсяг інформації, що опрацьовується в мережах і під час знімання, графічна ілюстрація процесів опрацювання даних а також можливості налаштування процедур введення, опрацювання і створення вихідних документів під стандарти підприємства, національні стандарти і мови.

Сьогодні електронні тахеометри широко застосовують у геодезії, землевпорядкуванні та будівництві. Камеральна обробка результатів геодезичних вимірів з електронних тахеометрів вимагає використання спеціального програмного забезпечення. Нині на ринку є велика кількість програмного забезпечення для опрацювання результатів вимірювань з електронних тахеометрів. Усі виробники намагаються вдосконалювати свої продукти, робити програми універсальними та зручними у користуванні. Залежно від того, які етапи камеральної обробки даних (попереднє опрацювання вимірів, візуалізація, редагування та формування звітів) забезпечує програма, можна виділити спеціалізоване, загальне та універсальне програмне забезпечення. Спеціалізоване програмне забезпечення дає змогу виконувати імпорт/експорт, редагування та попереднє опрацювання вимірів електронних тахеометрів. Загальне програмне забезпечення містить набір графічних інструментів для побудови топографічних карт і планів (візуалізації), дає змогу розв'язувати багато прикладних задач та формувати звітну документацію. Універсальне програмне забезпечення застосовують для візуалізації та аналізу отриманих даних.

ТЕМА 8 ПРИКЛАДНІ АСПЕКТИ ЗАСТОСУВАННЯ ДАНИХ АВТОМАТИЗОВАНИХ ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБІТ

План

8.1 Створення цифрових карт (планів) місцевості в програмному комплексі **Digitals**.

8.2 Інтеграція даних польових зніманих для камерального опрацювання

8.3 Створення топографічного плану з використанням програмного комплексу **AutoCad**.

8.1 Створення цифрових карт (планів) місцевості в програмному комплексі **Digitals**

Параметрами в **Digitals** називають семантичні (описові) характеристики об'єктів. Для входження в менеджер параметрів необхідно активувати піктограму.

Для зручнішого пошуку окремих характеристик на робочому полі з контекстного меню виконуємо команду Сортувати за ім'ям.

Щоб створити новий параметр потрібно вибрати команду «Добавити» з контекстного меню та ввести назву характеристики згідно класифікатора [19, 20, 21]. Кнопка активує режим редагування параметра. Кожній семантичній характеристиці необхідно вибрати зі списку тип параметру (рис. 12.2) (байт, слово, ціле, дробове, рядок, логічне, файл, список і таблиця). Для дійсних та символічних (рядкових) змінних потрібно вибрати маску, яка визначає структуру параметру: кількість символів у змінній, кількість знаків після коми, які символи (цифра чи інший символ, в т.ч. буква) і т.п.

Приклади масок дійсних змінних: 0.00, 0.##, 00.000. Маска 0.00 містить 1 обов'язкову цифру до коми та дві обов'язкові цифри після коми. Якщо в певному місці відсутня значуща цифра, то там буде виведено 0. Число 5.1 з

такою маскою буде виведено як «5.10». Маска 0.## дозволяє виводити 1 обов'язкову цифру до коми та дві не обов'язкові цифри після коми. Якщо на місці символу # відсутня значуща цифра, то ця позиція буде пустою. Те ж число 5.1 за даної маски буде виведено як «5.1». Маска 00.000 «запише» це число як «05.100». Для підписів пікетів, як правило, використовують маску 0.00, а для підписів горизонталей - 0.##.

Перед маскою дійсного параметру може бути застосована арифметична операція (множення або ділення) для переходу до інших одиниць вимірювання. Наприклад, маска: /10000 0.0000 означає, що отримане число ділять на 10000 і після коми буде виведено обов'язкових 4 знаки. Така маска призначена для переходу від значення площі, записаного в квадратних метрах, до значення в інших одиницях - гектарах.

Для дійсних і цілих параметрів застосовують Формули арифметичних операцій: додати «+», відняти «-», помножити «*» і розділити «/», наприклад, =P[0]*P[25], =P[15]+P[17].

За допомогою маски рядкової змінної можна контролювати чи правильно заповнене поле параметру та знаходити помилки. Значення параметрів, які не відповідають масці, виділяють червоним кольором в таблиці параметрів об'єктів на закладці Інфо. Командою Карта / Перевірка / Формат можна знайти та виділити об'єкти, які містять хоча б один неправильно заповнений параметр. В масці рядкового параметру використовують такі символи:

* – число або буква (може бути пустим);

– тільки число (пустим бути не може).

Рядковий параметр може мати кілька частин (слів), наприклад, «прізвище, ім'я, по батькові». Різні частини відділяють одна від іншої спеціальним символом-роздільником. За замовчуванням роздільником є кома «,», але може бути й інший символ: пробіл, похила риска «/». Інший символ потрібно вказати першим в масці та відділити від самої маски символом вертикальна лінія «|».

Приклади масок:

`* , * , *` – описує параметр з трьох частин, розділених комами;

`# , * , * , *` – описує параметр із чотирьох частин, розділених комами, причому перша частина є цілим числом;

`1 , * , * , *` – описує параметр з трьох частин, розділених пробілом; таку маску зручно використовувати для вводу прізвища, імені, по батькові.

Є можливість додатково вказувати мінімальну, максимальну чи фіксовану довжину кожного фрагменту.

Приклади масок:

`#8` – ціле число з 8 цифр;

`* > 0` – будь-який не пустий рядок.

`####.####` – календарна дата (число, місяць, рік, розділені точкою), рік містить 4 цифри;

`##/##/##` – календарна дата (число, місяць, рік, розділені похилою лінією), рік містить лише дві цифри.

Для полегшення вводу значень параметрів часто записують назви окремих полів (слів). Список назв полів розміщують в кінці маски, відділивши її символом «@», а назви окремих полів відділяють один від одного вертикальною лінією «|».

Якщо значення якогось поля є незмінним для всіх об'єктів листа карти, то це значення вписують в маску параметру після символу «=», наприклад, «*Рівненська @ область»

Приклади масок:

`[*** @ Прізвище|Ім'я|По-батькові` – маска для введення прізвища, імені, по батькові, розділених пробілом;

`#3=804,*=Рівненська,*,*,*,*,* @ КодОбласть РайонМістов улица дім|корпус квартира` – маска для введення адреси, яка складається з 8-ми полів. Першу частину займає ціле число (код) з трьох символів, яке є однаковим для всіх об'єктів «804», другу – назва області, яка також однакова для всіх об'єктів «Рівненська»;

##.##.####,##.##.####@Дата початку|Дата закінчення – маска дати початку та закінчення договору чи робіт.

Параметри, які мають кілька частин, можна вводити та редагувати за допомогою спеціальної форми вводу, яка активується кнопкою | полі відповідного параметру на закладці Інфо. Ця кнопка присутня у всіх параметрів, для яких заповнено поле маски.

Форма вводу для рядкових параметрів, та Якщо параметр може набувати лише які містять кілька частин певних фіксованих значень, визначених класифікатором [19; 20; 21], то для такого параметру вказують тип «список» і в полі маски вводять всі можливі значення цього параметру, розділені вертикальною лінією «». Ці ж фіксовані значення можна ввести у спеціальному вікні. активувавши з контекстного меню команду Властивості. Наприклад, параметр Характер берегової лінії може набувати значень «постійна | непостійна | невизначена»

Функції для рядкових параметрів. Існує цілий набір функцій для відмінювання власних імен за відмінками.

Нехай P [5] – це параметр, що містить прізвище, ім'я, по батькові в називному відмінку: Пастухов Олександр Володимирович. Для переводу прізвища, імені та по батькові з називного відмінка в прізвище з ініціалами в інші відмінки необхідно скористатися три функції FIO (P [5]) – в називний відмінок – Пастухов О. В.;

FIR(P[5]) – в родовий відмінок – Пастухова О. В.;

FID(P[5]) – в давальний відмінок – Пастухову О. В.

Наступні дві функції перекладають – прізвище, і ім'я, і по батькові – у інші відмінки: ROP(P [15]) – в родовий відмінок – Пастухова Олександра Васильовича;

DAP(PI151) – в давальний відмінок – Пастухову Олександрю Васильовичу.

Правила перекладу цих функцій задаються текстовими файлами:

Names.txt – список всіх чоловічих імен в називному відмінку, Rod.txt – варіанти відмінювання закінчень імен та прізвищ в родовому відмінку, Dat.txt – варіанти відмінювання закінчень імен та прізвищ в давальному відмінку.

Функція GET повертає певну частину параметру, відділену комою чи іншим розділовим знаком. Нехай параметр P [21] містить рядок: «905, Рівненська, Здолбунівський, смт. Мізоч, вул. Липки,10», тоді:

GET([1,P [21]]) поверне «905» (перший фрагмент, відділений комою);

GET([5,P [21]]) поверне «вул. Липки» (п'ятий фрагмент, 10 відділений комою);

GET([5/1,P [21]]) поверне «вул.» (з п'ятого фрагменту перша частина до пробілу):

GET([5/-1,P[21]]) поверне «Липки» (з п'ятого фрагменту все, крім першої частини).

Функція CUT виділяє частину параметру за позицією. Якщо P[28]=«2567410028», то CUT(1,3,P [28]) поверне три символи, починаючи з першого – «256», а CUT(4,2,P [26]) поверне два символи, починаючи з четвертого – «74».

Для кожної семантичної характеристики призначають: колір і стиль заливки підпису; тип, колір і висоту шрифту; статус і діапазон видимості. Для використання фіксованих значень параметрів в назві параметра потрібно вказати «=P[код параметра] назва» (наприклад: запис «=PG-2] Висота горизонталі» буде означати, що параметрові «Висота горизонталі» буде автоматично присвоєне значення координати Z, код якої «-2»). Для збереження внесених змін – вихід кнопкою «Закрити».

Порада: подвійне натискання лівої кнопки миші на списку параметрів помічає всі параметри, крім фіксованих.

Для того щоб потрапити в менеджер шаріє (об'єктів), потрібно активувати піктограму. Як і у випадку з параметрами, можна сортувати об'єкти в алфавітному порядку. Є можливість редагувати існуючі та створювати нові об'єкти командами з контекстного меню.

Для кожного об'єкта призначають тип шару; колір, стиль та товщину лінії; колір та стиль заливки; статус шару та діапазон видимості.

Якщо об'єкт має тип одиничний символ чи є площовим об'єктом з елементами заповнення, то для нього вибирають умовний знак піктограмою. Для кожного шару потрібно вибрати робочі параметри, активувавши піктограму в менеджері шарів. У лівому вікні розміщені всі параметри, а у правому – ті, які призначені для певного шару. Для вибору робочих параметрів необхідно виділити їх у лівому вікні та скопіювати у праве. Якщо в бібліотеці відсутній той умовний знак, який вам потрібно, то можна створити його, зайшовши в редактор умовних знаків – **Карта / Умовні позначення**.

Топографічні карти і плани, плани земельних ділянок будують згідно Умовних знаків для топографічних карт і планів. З правої сторони від робочого поля Digitals розміщені 4 інструментальні панелі, які активують основні режими роботи: збір об'єктів, правка (редагування об'єктів), інфо (робота з інформацією про параметри об'єктів) та список (перелік створених векторних об'єктів з інформацією про їх локалізацію та топологічну підпорядкованість).

8.2 Інтеграція даних польових знімань для камерального опрацювання

Збір векторних об'єктів за результатами наземного знімання здійснюють за пікетами та польовими абрисами. Тому перед збором об'єктів необхідно обов'язково підписати номери пікетів.

Для побудови планових об'єктів необхідно:

1. Перейти на закладку Збір, після чого курсор набуде вигляду хреста.
2. У списку Активний шар вибрати тип об'єкту, який будемо зараз збирати (на закладці під шаблонами збору буде виведено умовний знак).
3. Вибрати шаблон збору об'єкта.
4. Зареєструвати першу точку об'єкта, підвівши курсор миші до необхідного пікету і натиснувши ліву кнопку миші. При наведенні курсору на існуючу точку (вузол) біля нього з'являється зафарбований квадрат, який

сигналізує про те, що курсор попав на існуючий вузол. Якщо поточний шаблон – точковий об’єкт, то реєстрація однієї точки завершує збір об’єкту, і команду завершення збору виконувати не потрібно.

Так само необхідно зареєструвати всі інші поворотні точки об’єкту. Для поточного шаблону – лінія – реєстрація двох точок (для прямокутника - трьох) завершує збір об’єкту автоматично.

5. Замкнути об’єкт для шаблону збору – полілінія, і завершити його командою закінчення збору (клавіша F5).

Під час збору доступний ряд допоміжних сервісних команд, які можна викликати із контекстного меню чи натиском на відповідну клавішу клавіатури:

– автореєстрація (кнопка F2) – автоматичний збір точок з кроком 1 мм в масштабі плану. Крок та параметри автоматичної реєстрації можна змінити, викликавши Сервіс / Налаштування / Збір / Крок автореєстрації;

– замкнути об’єкт (F3) – замикає об’єкт (для шаблону збору полілінія);

– вставити розрив (F4) – вставляє ознаку розриву в поточній точці;

– завершити об’єкт (F5) – завершує збір поточного об’єкту;

– видалити точку (F8) – видаляє останню точку об’єкта, який збираємо;

– відмінити об’єкт (Backspace) – знищує об’єкт;

– вставити дугу (Ctrl-A) – замінює останні три точки об’єкта дугою;

– захопити точку (P) – приєднує точку до найближчого існуючого вузла;

– захопити лінію (L) – приєднує точку до найближчої існуючої лінії.

Особливості збору (векторизації) об’єктів. При векторизації об’єктів, які мають спільні контури, та потрібно зібрати спочатку важливіший об’єкт (з точним контуром), а збір другого виконати у такій послідовності:

– вибрати шаблон збору;

– зібрати першу точку – перший спільний вузол обох об’єктів: векторизацію виконувати лише за годинниковою стрілкою;

– зібрати всі «нестільні» вузли; останньою зафіксувати останню спільну точку обох об’єктів (п).

Використовувати шаблон збору полігон слід обережно, у випадку, коли об'єкт має спільні ділянки не з одним, а кількома об'єктами. Тут, можливо, ефективним буде використання кнопки «Р», яка «садить» поточний вузол на найближчий існуючий.

Шар, який присвоєний об'єкту при зборі, можна змінити на інший. Для цього потрібно перейти на закладку Правка, виділити об'єкт і у випадковому списку Шар вибрати новий шар.

Для того щоб змінити колір лінії чи заливки, потрібно зайти в Менеджер шарів і в правій частині вікна змінити атрибути лінії і заливки для потрібного шару. Можна змінювати умовні знаки, що зображують об'єкти, а також створювати нові шари.

Після створення об'єкта слід ввести його семантичні характеристики в режимі Інфо. Введення даних по об'єкту завершуємо кнопкою ОК. Для зміни списку доступних параметрів шару, можна використати подвійне натискання лівої кнопки миші на заголовку Параметри панелі Інфо.

Варто окремо зупинитись на векторизації таких об'єктів, як кар'єри, ями, укуси. Для якісного відтворення такого умовного знаку необхідно в менеджері умовних знаків створити лінійний умовний знак. Зверніть увагу на те, що в цьому знаці відсутня горизонтальна лінія, а на закладці Edit активна ознака «еластик».

Порядок збору таких об'єктів:

1. Зібрати верхню лінію укусу?
2. З контекстного меню вибрати команду **Розрив**.
3. Зібрати нижню лінію укусу.
4. З контекстного меню виконати команду **Закінчити**.

Якщо необхідно відредагувати об'єкт (видалити внутрішню лінію для ями, чи підправити положення штрихів), то помічаємо його і виконуємо команду **Сервіс / Перетворити / Символ в об'єкт**.

Потім відключаємо умовний знак - **Шари / Умовний знак / None**.

Після цього можна відредагувати елементи умовного позначення. Для збереження зміненого об'єкту переносимо його в інший шар (наприклад «Яма» без умовного знаку. В кінці потрібно відновити для вихідного шару умовне позначення, який ми відключили **Шари / Умовний знак / 55-SL**

Характеристика шаблонів збору об'єктів

Безпосередньо перед збором об'єктів потрібно вибрати шаблон, за яким потрібно збирати об'єкти. Шаблон об'єкта вказує програмі, якої форми буде об'єкт. Для вибору шаблону потрібно натиснути відповідну кнопку на правій інструментальній панелі або вибрати шаблон збору через контекстне меню. Якщо жодна із кнопок не вибрана, то програма працюватиме в режимі збору незамкненої полілінії. Для замикання об'єкта в цьому випадку потрібно використовувати клавішу F3.

В Digitals доступні такі шаблони для збору:

Полігон – збір замкнених об'єктів (газони, сади, ...). По закінченні збору об'єкт буде замкнено автоматично.

Прямокутник – збір прямокутників. При зборі такого об'єкту реєструють дві вершини на одній стороні прямокутника, а потім – третю вершину. Об'єкт замикається і збір закінчується автоматично. Використовують для збору прямокутних будівель.

Ортогональний – збір ортогональних об'єктів, тобто об'єктів, всі кути яких - прямі (будівлі, які містять більше, ніж 4 точки). Після побудови перших двох точок такого об'єкту програма дозволяє реєструвати наступні точки тільки на лініях, перпендикулярних до попередньої побудованої лінії. Таким чином, всі суміжні сторони в таких об'єктах будуть перпендикулярними.

Точка – збір точкових об'єктів. Для збору такого об'єкту достатньо зареєструвати одну його точку, завершення об'єкту автоматичне. До точкових об'єктів належать стовпи, окремі дерева та інше.

Лінія – збір об'єктів-ліній. При зборі з таким шаблоном об'єкт буде завершено автоматично після реєстрації двох точок.

Коло – збір об'єктів у вигляді кола (основи димових труб, клумби правильної форми). Для збору таких об'єктів потрібно зареєструвати три точки, що лежать на колі, або точку центру і одну точку на колі. В процесі збору об'єкта можлива також вставка в нього дуг. Для заміни останніх трьох зібраних точок дугою потрібно натиснути кнопки Ctrl-A. Використовують при зборі заокруглень доріг, тротуарів, стадіонів.

Паралельний – збір контурів із паралельних ліній. Такими об'єктами є дороги, канали та інше.

Спочатку необхідно зареєструвати точку на одній із сторін смуги, потім відповідну їй точку на протилежній стороні. Далі потрібно виконати збір по тій же стороні, протилежна буде побудована автоматично. Можливий збір доріг по осьовій лінії з наступною перебудовою командою Лінію в смугу на закладці Правка на правій панелі.

Трилінія – цей шаблон автоматизує збір вулиць (доріг) по осьових лініях.

Шар, яким збирають осьову лінію, задають як звичайний, а шар, яким збирають зовнішні сторони, вибирають в окремому вікні, яке стає активним при виборі цього шаблону. Після цього необхідно зареєструвати точку на одній із сторін дороги і точку на осьовій лінії. Потім потрібно збирати об'єкт по осьовій лінії, а сторони будуть створені автоматично.

Сходи – збір контурів сходів. Спочатку збирають зовнішній контур сходів, починаючи з довгої сторони. Після цього курсор встановлюють на довжину сходинки і реєструють точку. Подальша розбивка сходинок автоматична.

Перехід – збір контурів пішохідних переходів. Спочатку необхідно зібрати зовнішній контур переходу, починаючи з довгої сторони. Після цього - встановити курсор на довжину першої смуги і зареєструвати точку, потім зареєструвати точку на початку другої смуги. Подальша розбивка буде виконана автоматично.

Значення параметру об'єкту можна виносити на карту у вигляді підписів. Створення і знищення підписів не зачіпає значень параметрів. Тобто підписи - вторинні: параметр може бути винесений на карту або ні. При наступній зміні значень параметру його підпис буде оновлено автоматично.

Підпис на карті створюють у такому порядку:

1. Виділити всі об'єкти одного шару.
2. Перейти на інструментальну панель Інфо та розмістити курсор в полі з номерами пікетів
3. Активувати піктограму Створення/знищення підписів. Після цього стане активним діалогове вікно Менеджер підписів.
4. Вибрати типовий шаблон підпису і натиснути кнопку Створити.

Для переміщення підпису необхідно навести курсор на підпис так, щоб біля курсору з'явилося зображення чистого листа, після чого лівою кнопкою миші перемістити його в потрібне місце. Підписи можна повертати навколо своєї осі, якщо навести курсор на потовщену точку в лівому нижньому куті рамки підпису (при цьому біля курсору з'явиться зображення дугової стрілки). Поле підпису за один із кутків. Підпис будь-якого параметру має строго регламентовані умовними знаками висоту та тип шрифту.

Змінювати висоту підпису можна лише змінюючи висоту шрифту в менеджері параметрів. Для зручності можна задати розмірність висоти шрифту в мм, зайшовши в меню **Сервіс / Налаштування / Вид та активувавши функцію Розмір шрифту в мм.**

Низку операцій (знищення, редагування, ...) з підписами можна виконувати за допомогою контекстного меню підписів. Для виклику цього меню необхідно помітити об'єкт, підвести курсор до центру підпису, щоб з'явилося зображення чистого листа, і натиснути праву кнопку миші.

Моделювання горизонталей в Digitals

Після збору планових об'єктів, їх редагування, заповнення бланків семантичних характеристик та створення підписів можна приступати до моделювання горизонталей:

1. Виділити всі об'єкти.

2. Створити сітку цифрової моделі рельєфу (ЦМР) командою:

ЦМР / Створити ЦМР. Крок сітки ЦМР (5, 10, 15, 20 м, ...) задають індивідуально (у діалоговому вікні Створення сітки висот з контурів) залежно від масштабу та кількості об'єктів, які мають висоту. Дуже часто більш якісний результат при побудові горизонталей дає TIN-модель. Але для її використання потрібно мати набір точок з відомими висотами. В цьому випадку виділяємо всі точки з висотою і активуємо команду **ЦМР / Створити TIN.**

1. Якщо на карті є площові об'єкти гідрографії, то для їхнього співставлення з ЦМР використовуємо команду **ЦМР / Вирівняти ЦМР всередині полігону.** Перед тим, як виконати цю команду, слід помітити ЦМР і полігон (озеро чи річку). Результатом виконання команди буде те, що всім точкам, які лежать всередині поміченого полігону, буде присвоєна його середня висота.

2. Виділити сітку ЦМР і виконати команду **ЦМР / Горизонталі з ЦМР / TIN.** У вікні Побудова горизонталей потрібно ввести січення рельєфу.

3. Побудовані горизонталі будуть нерозпізнані. Слід перенести їх у шар Горизонталі в режимі Правка. Зміну шару краще виконувати відразу після побудови горизонталей, поки всі вони помічені.

4. Видалити сітку ЦМР. ДНОГО.

Горизонталі, які виходять за межі знятого полігону, потрібно відредагувати. Для цього виділяємо горизонталь, наводимо курсор на найближчий вузол до місця, де необхідно розірвати горизонталь, і виконуємо з контекстного меню команду Розділити об'єкт.

Виділяємо ту частину горизонталі, яка нам не потрібна, і видаляємо її. В тій частині горизонталі, що залишилась, підтягуємо крайні вузли до лінії знімання.

Інший спосіб виконання цієї операції дозволяє виправити зразу всі горизонталі. Для цього будують новий полігон по крайніх Точках знімання,

виділяють його і виконують команду Сервіс / Обрізати по полігону. Після чого всі об'єкти за межею полігону будуть видалені.

Якщо горизонталь складається з малої кількості вузлів, то необхідно ввести додаткові точки, виконавши команду **Правка / Додати точки**. В діалоговому вікні Додавання точок в об'єкт потрібно ввести крок між вузлами. Після побудови і редагування горизонталей необхідно їх згладити командою **Правка / Згладити**. Цю команду виконуємо декілька разів. Операція згладжування полягає в переміщенні точок об'єкту, які далеко стоять від загального напрямку контуру.

Виділяють потовщені горизонталі (кожну четверту чи п'яту, залежно від січення рельєфу), переміщують їх в шар **Горизонталі** потовщені і підписують їх висоту. Підпис висоти горизонталей здійснюють за четвертим типовим шаблоном в менеджері підписів.

Для редагування об'єктів переходять на закладку **Правка** та виділяють необхідний об'єкт (клік лівою кнопкою миші). Для виділення декількох об'єктів слід утримувати натиснутою кнопку **Ctrl** або включити режим Багатократне позначення на верхній панелі інструментів. Виділений об'єкт стає червоним.

Команди, які доступні при редагуванні, вибирають або з контекстного меню, або з групи команд **Операції з об'єктами** на закладці **Правка**. Основні з них:

Почати звідси – робить активну точку першою в об'єкті, змінивши номери решти точок об'єкту.

Реверс – змінює напрямок обходу об'єкту на зворотній: після виконання команди першою в об'єкті стане точка, яка раніше була останньою (мала найбільший номер). Зазвичай, цю операцію застосовують для зміни орієнтації лінійного умовного знаку (наприклад, відкосу).

Замкнути/розімкнути – сполучає лінією першу і останню точки об'єкта, якщо вони не були з'єднані до цієї операції, тобто замикає розімкнутий об'єкт, і навпаки, видаляє останню лінію замкнутого об'єкта.

З'єднати – поєднує всі помічені об'єкти в один.

Комплексний об'єкт – створює об'єкт, який через розрив містить внутрішні об'єкти. Площа такого полігону буде рівна різниці площ основного контуру і його внутрішніх полігонів.

Розділити – розбиває об'єкт, який складається з декількох частин, розділених ознаками розриву, на окремі об'єкти.

Додати вузли – створює одиночні об'єкти в кожній точці об'єкту. Це необхідно, наприклад, для того, щоб підписати відмітки висоти у кожній точці об'єкту. Зразу ж після виконання операції можна змінити шар об'єктів на потрібний (зазвичай – пікети).

Лінію в смугу – перетворює лінію в полігон-смугу певної ширини.

За годинниковою стрілкою – забезпечує нумерацію точок об'єкта за годинниковою стрілкою.

Вставити – вставляє у виділений об'єкт.

Функція спрощує модифікацію об'єктів. Наприклад, потрібно замінити фрагмент в середині горизонталі. Для цього збирають нову частину фрагменту як окремий об'єкт, забезпечивши приєднання його кінців до точок чи ліній вихідного об'єкта, помічають вихідний об'єкт і натискають кнопку Вставити.

Об'єднати – будує сумарний полігон з усіх виділених об'єктів.

Перетин – будує перетин двох або декількох полігонів, тобто виділяє їх загальну частину.

Розширити/Стиснути – дозволяє будувати буферні зони заданої ширини навколо полігону або навпаки зменшує полігон на задану ширину. Функцію застосовують для проектування доріг.

Вгору/Вниз – піднімає чи опускає об'єкти (змінюючи висоту всіх точок) на задану різницю.

Це зручно для посадки» будинків, зібраних по дахах, на землю, при умові їх однотипності (однаковій висоті).

Символ вздовж контуру – використовують, коли необхідно точно зорієнтувати умовний знак вздовж якогось контуру.

Показ центрів (на верхній інструментальній панелі) показує центр об'єкту і дає можливість переміщати весь об'єкт.

Описані операції виконують над цілими об'єктами (або їх окремими точками). Для редагування частини об'єкту потрібно замаркувати необхідні точки об'єкту чи його фрагмент.

Маркування точок об'єкта аналогічне помітці об'єктів карти, в тому розумінні, що вказує програмі, до яких точок об'єкту слід застосовувати команди. В звичайному (немаркованому стані поворотні точки виглядають як невеликі вузли, першу і останню точки об'єктів виділяють вузлами більшого розміру. Марковані точки помічають невеликими колами і порядковим номером точки в об'єкті.

Для того, щоб маркувати точку, потрібно підвести до неї курсор миші і виконати з контекстного меню команду Маркувати точку.

Якщо якась з точок вже маркована, то підвівши курсор до іншої точки і виконавши команду Маркувати фрагмент, отримаємо замаркований ланцюг точок від раніше маркованої до останньої.

Для вставки вузла в існуючий об'єкт потрібно підвести курсор до потрібного місця та натиснути клавішу R. Для видалення вузла необхідно навести курсор на вузол і з контекстного меню виконати команду Вирізати точки.

Перевірка та контроль створеної карти. Після формування карти необхідно здійснити ряд перевірок для виявлення помилок в карті, які важко знайти візуально.

Пошук дублікатів об'єктів здійснюють командою Карта / Перевірка / Однакові, в результаті якої об'єкти, що мають дублікати, стають виділені. Дублікатами вважають об'єкти, які повністю співпадають за метричними та семантичними характеристиками. Дублікати необхідно видалити з карти.

Ця функція корисна при перевірці ідентичності об'єктів, які були створені в різний період та за різними робочими місцями, наприклад перевірка меж населених пунктів. Для виконання такої перевірки необхідно скопіювати

об'єкти з іншого джерела в дану карту, перевести їх в один шар та виконати згадану команду **Карта / Перевірка / Однакові**. Для ефективного виконання цієї команди потрібно, щоб координати точок в обох шарах мали однакову кількість знаків після коми.

Команда **Правка / Позначити / Перетин** дозволяє виділити об'єкти, які перетинаються з іншими об'єктами карти, але в яких у місці перетину відсутній вузол. Якщо перед виконанням команди буде виділена частина об'єктів, то пошук перетинів буде здійснено лише для них.

Команда **Карта/ Перевірка / Зіпсовані** дає змогу виявити та видалити об'єкти, які лежать на дуже великій віддалі (більше 1,5 км) від рамки карти.

Команда **Карта / Перевірка / ID / Унікальність**

Перевіряє об'єкти на ідентичність кодів – Object ID (коди формують в порядку створення об'єктів). Якщо виявлять два об'єкти з однаковими ідентифікаторами, то одному з них команда присвоїть номер на одиницю більший за максимальний. Наприклад, якщо два об'єкти мають однаковий порядковий номер «7», а всього об'єктів - 2058, то одному з цих об'єктів буде присвоєно порядковий номер 2059. Ситуація із однаковими Object ID може виникнути при вставці об'єктів із іншої карти. Код Object ID і код шару ID в менеджері шарів - це різні ідентифікатори, їх слід відрізняти.

Ще однією командою, яка оперує з Object ID, є команда **Карта / Перевірка / ID / Зсунути**, яка добавляє до номерів всіх об'єктів задане число. Цю процедуру використовують для формування унікальних кодів при вставці однієї карти в іншу, а задане число повинно бути таким, щоб ID в одній карті були зсунуті за межі значень другої.

Дві наступні функції виявляють точки з помилковим значенням висоти (перевищення). Перша – **Карта / Перевірка / Контроль** перевищення знаходить та маркує точки, перевищення яких більше вказаного значення. Перевищення задають у відсотках до горизонтального прокладання.

Наприклад, лінія довжиною 10 м, яка має різницю висот кінцевих точок 10 м буде мати перевищення 100%. Включивши показ вузлів (показ центрів),

можна бачити всі марковані точки. Друга – **Карта / Перевірка / Фільтр висот** автоматично знаходить точки із великим перепадом висот та присвоює таким точкам висоту шляхом інтерполяції між сусідніми точками. Всі виправлені точки команда маркує.

Пошук відсутності (розбіжності) вузлів в місцях, де лінійні або площові об'єкти примикають один до одного, здійснюють командою **Вид / Контроль вузлів...**

Команда має такі параметри:

- **Допуск**, м – допуск при пошуку розбіжності вузлів;
- **Перевіряти відсутні на лініях** – включає в перевірку пошук вузлів, відсутніх в місцях дотику лінійних чи площових об'єктів;
- **Тільки перший та останній** – перевірки підлягають лише перша та остання точки лінійних або площових об'єктів;
- **Тільки позначені** – перевірки підлягають лише виділені перед активацією команди об'єкти;
- **Додати вузли** – в лінію будуть додані відсутні вузли в місцях дотику лінійних або площових об'єктів при натисненні кнопки **Виправити**.

Якщо програма знайде помилки, на екран буде виведена панель контролю вузлів, за допомогою якої ці вузли можна переглянути та виправити (вручну чи кнопкою **Виправити**). В заголовку вікна буде вказана кількість знайдених помилок. Стрілками **вправо (вліво)** переходять до наступної (попередньої) помилки.

Команда шукає поточну помилку, а піктограма повторно активує функцію контролю вузлів.

Для уникнення описаних помилок рекомендують під час векторизації активувати функцію автоматичної прив'язки (автозахват) на закладці **Збір**. Щоб уникнути аналогічних помилок в контурах площових об'єктів. необхідно перед збором увімкнути режим **Синхронізації точок**

Пошук топологічних помилок в **Digitals** (розривів між полігонами, накладання полігонів, дублікатів вузлів в полігонах, дублікатів полігонів) у

масиві полігонів одного шару (наприклад, кварталів на індексних кадастрових картах) здійснюють командою **Карта / Перевірка / Топологія полігонів**. Якщо на карті більше одного шару, то програма виведе вікно, в якому необхідно вибрати шар, над яким буде здійснено перевірку. В результаті перевірки місця з помилками будуть позначені на карті стрілками

Крім того, на екрані з'явиться перелік виявлених помилок з можливістю переходу до наступної чи попередньої.

Контури площових об'єктів повинні бути замкненими. Пошук об'єктів, які не відповідають цій вимозі, здійснюють послідовним виконанням двох команд:

Правка / Позначити / Полігони (будуть виділені усі площові об'єкти);

Правка / Інвертувати (виділеними стануть лише об'єкти, контури яких незамкнені).

Для уникнення таких недоліків при зборі об'єктів слід використовувати шаблон збору **Полігон**.

Команда Карта / Генералізація видаляє точки, розташовані на одній прямій. Точку вважають такою, що належить прямій, коли віддаль від неї до прямої менша граничного значення, як правило, 0,2 мм в масштабі карти.

Крім згаданих команд, в Digitalis реалізована можливість створення власних сценаріїв перевірки. За допомогою таких сценаріїв користувач може самостійно створювати запити з умовами, які програма буде кваліфікувати як помилку.

Оформлення плану включає вставку і редагування рамки і легенди карти, встановлення порядку розташування об'єктів (передній або задній план) та редагування пікетів.

При редагуванні пікетів обов'язково залишаємо крайні пікети, видаляємо підписи пікетів в місцях їх скупчення і там, де вони заважають ситуації. Замість номерів пікетів підписуємо їх висоти і зміщуємо підписи, якщо вони накладаються на ситуацію.

З допомогою команд контекстного меню **На передній план / На задній план** встановлюємо порядок відображення об'єктів: горизонталі проходять під будинками, люки – над дорогами...

Для вставки в карту рамки і легенди потрібно виконати команду **Вставка / Рамка і легенда** і з каталогу **Digitals / Maps** відкрити необхідний файл (для масштабу 1:500 – R-500).

При вставці рамку автоматично суміщають з координатами кутів рамки, вказаних у властивостях карти – **Карта / Властивості**. Після того, як рамка вставлена, переходимо на закладку Інфо і редагуємо підписи в позарамковому оформленні.

Для того, щоб вивести на друк елементи позарамкового оформлення, необхідно послідовно виконати дві команди:

Правка / Виділити все та Карта / Виділені в рамку.

Для друкування планів з **Digitals** можна використовувати команду **Файл / Друк або Файл / Друк вікна**. Команда **Файл / Друк** виводить на друк фрагмент карти, обмежений рамкою заданих розмірів. Якщо принтер не підтримує потрібного формату паперу, можна розбити створену карту на листи заданого розміру з допомогою команди **Вставка / Розбивка на листи**. Після цього потрібно активувати необхідний лист: виділити його і виконати команду **Карта / Встановити рамку (Ctrl+ R)**. Команда **Файл / Друк вікна** виводить на друк фрагмент карти, який в цей момент видно на екрані монітору. Порада. Для друку часто здійснюють експорт векторної карти в растровий файл з розширенням втр: **Файл / Експорт в / BMP**. Для навчальних цілей достатню якість забезпечує растровий формат JPG, який дозволяє в декілька разів зменшити обсяг растрового файлу у порівнянні з форматом BMP.

8.3 Створення топографічного плану з використанням програмного комплексу AutoCad

Серед основних програмних комплексів, що використовують для створення електронного топографічного плану місцевості можна виділити **AutoCAD, Digital, Geonics, КОМПАС, MapInfo Pro, Topocad**. Вибір програмного продукту залежить від широти поставленої задачі, сучасності геодезичних приладів та їх власного програмного забезпечення.

Програмний комплекс AutoCAD має простий інтерфейс, є універсальним і повністю адаптований для вирішення сучасних геодезичних задач. Власні програмні комплекси електронного геодезичного обладнання, адаптовані до AutoCAD і дозволяють обробляти геодезичні данні на рівні підготовчих робіт під час безпосередніх геодезичних вимірювань та під час камеральної обробки. Інші перелічені програмні комплекси можна використовувати лише для вирішення конкретних завдань більш вузького напрямку. Більшість з них має складний інтерфейс, а їх використання потребує спеціальної підготовки. Важливим фактором при виборі програмного комплексу є можливість користування у безкоштовному режимі або невелика вартість ліцензії на користування. У цьому випадку програмний комплекс AutoCAD, в порівнянні з іншими програмами, має безперечну перевагу. Під топографічними роботами розуміють комплекс заходів спрямованих на отримання інформації про відповідну місцевість.

Об'єкти місцевості та їх координати використовуються для створення цифрового топографічного плану ділянки. Основними роботами топографічної зйомки є створення:

- планової геодезичної основи;
- висотної геодезичної основи;
- знімальні роботи.

Відповідно до діючих національних нормативних документів для створення топографічних планів повинна використовуватись єдина система

координат і висот. Сьогодні використовується єдина державна система координат УСК – 2000, що замінила собою систему координат СК – 42, що заснована на еліпсоїді Красовського та проекції Гауса–Крюгера. Перед початком створення топографічного плану необхідно зібрати та проаналізувати вихідні матеріали, скласти технічне завдання.

Першим етапом польових робіт є створення геодезичної розбивочної основи, що, як відомо, є основою зйомки. Після польових робіт виконуються камеральні роботи. У випадку створення електронних карт або електронних топографічних планів використовується відповідне програмне забезпечення. Відповідною базою цифрового топографічного плану місцевості є побудований за даними геодезичної зйомки місцевості звичайний план. З початку відзняті окремі ділянки майбутнього цифрового плану після обробки та сортування виносяться в окремі шари.

Призначаються елементи майбутнього плану. Для елементів плану вибирається тип ліній, колір та її товщина. Елементи плану групуються у блоки з атрибутами. Наприклад, створюються блоки по будівлям, комунікаціям, тощо. Правильна систематизація інформації спростить подальшу роботу. Межею зйомки окремої ділянки, що відокремлює її від інших ділянок може бути границя, де змінюється інформація про ділянку (адреса, зміна умов та суті зйомки, тощо). Готовий цифровий топографічний план з вичерпною атрибутивною інформацією є кінцевим результатом проведених робіт. При необхідності цифровий топографічний план місцевості може бути інтегрований до іншого плану або цифрової карти після відповідної обробки.

Для первинної обробки даних можна використовувати програмне забезпечення, що дозволяє створювати топографічні карти та забезпечити автоматизовану обробку геодезичних даних, дає можливість редагувати та переглядати карти. Програма DigitalS відповідає цим умовам і дозволяє перевірити наявність помилок відзняту інформацію у вигляді точок та висот, що завантажуються. Побудований тахеометричний хід з координатами та нанесеними точками є кінцевим етапом попередньої обробки даних. Обробка

точок пікету відбувається в графічному редакторі **Digital** де після закінчення роботи є можливість створити основу для майбутнього топографічного плану.

Програма дозволяє зберігання файлу в форматі **dwg** або **dxf** та інтегрування його до AutoCAD. Використання програмного комплексу AutoCAD забезпечить остаточну обробку даних отриманих в ході польових робіт та закінчення цифрового топографічного плану місцевості. Креслення топографічного плану виконуємо після попередньої обробки даних та очищення від зайвих шарів і сортування. На підготовленому полі повинні знаходитися пікети з номерами, горизонталі та висоти.

При цифровому картографуванні присвоєння атрибутивних даних і сортування є основним і важливим етапом робіт. Створення цифрового топографічного плану місцевості складний процес, що складається з наступних етапів:

- видалення з топографічного плану растрових шарів та зайвих деталей;
- перенесення атрибутів;
- робота з написами і текстом;
- створення атрибутивних блоків з інформацією;
- сортування конструктивних частин будівель які не є основними;
- створення атрибутивних блоків комунікацій;
- сортування лінійних (забори, бордюри, межі доріг, тощо) та точкових елементів (стовпи, дерева, тощо);
- створення полігональних шарів з покриттям (рослинність, асфальт, дитячі та спортивні майданчики, тощо).
- створення атрибутивних блоків меж.

Класифікатор інформації, що зазначається на топографічних планах М 1 : 5 000, М 1 : 2 000, М 1 : 1 000, М 1 : 500 був основою для створення офіційного класифікатора, документу що використовується для створення електронного топографічного плану.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність [Електрон. ресурс] : Закон України від 27.07.2013 № 353-XIV. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/353-14>, вільний (дата звернення: 21.10.2022). – Назва з екрана.

2. Вимоги до технічного і технологічного забезпечення виконавців топографо-геодезичних і картографічних робіт [Електрон. ресурс] : затверджені наказом Міністерства аграрної політики та продовольства України від 11 лютого 2014 року № 65 – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0395-14#Text>, вільний (дата звернення: 21.10.2022). – Назва з екрана.

3. Положення про порядок надходження, зберігання, використання та обліку матеріалів Державного картографо-геодезичного фонду України [Електрон. ресурс] : Постанова Кабінету Міністрів України від 22 липня 1999 року № 1344. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1344-99-п#Text>, вільний (дата звернення: 25.11.2022). – Назва з екрана.

4. Положення про Державну службу України з питань геодезії, картографії та кадастру [Електрон. ресурс] : Постанова Кабінету Міністрів України від 14 січня 2015 року № 15 – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/15-2015-п#Text>, вільний (дата звернення: 28.11.2022). – Назва з екрана.

5. Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо особливостей регулювання земельних відносин в умовах воєнного стану [Електрон. ресурс] : Закон України від 12.05.2022 № 2247-IX. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2247-20#Text>, вільний (дата звернення: 21.06.2022). – Назва з екрана.

6. Анисенко О. В. Сучасні геодезичні прилади, їх значення і роль у геодезичних вимірюваннях. Інвестиції: практика та досвід / О. В. Анисенко, К. А. Платонова. – 2019. – № 4. – С. 80–83.

7. Геодезичні прилади : практикум / [І. С. Тревого, Т. Г. Шевченко, О. І. Мороз]. – Львів : Нац. ун-т «Львівська політехніка», 2007. –196 с.

8. Використання геодезичного обладнання та ГІС-технологій для формування геопросторових даних / В. Б. Балакірський, С. В. Захаров, Ю. О. Литвиненко, Р. В. Куришко // Вісник ХНУ ім. В. Н. Каразіна. Серія «Екологія». – 2014. – Вип. 11. – С. 9–13.

9. Програмний комплекс задач інженерної геодезії [Електрон. ресурс] : «Засічка 3.0» – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: <https://www.amazon.ca/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BD%D0%B8%D0%B9-%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%81-%D0%B7%D0%B0%D0%B4%D0%B0%D1%87-%D1%96%D0%BD%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%BE%D1%97-%D0%B3%D0%B5%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%B7%D1%96%D1%97/dp/6202074477>, вільний (дата звернення: 28.11.2022). – Назва з екрана.

10. Сосса Р. І. Топографічне картографування України (1917–1920) / Р. І. Сосса. – Київ : Наук. думка, 2014. – 384 с.

11. Airborne and terrestrial laser scanning. Edited by George Vosselman and Hans-Gerd Maas. – UK : Whittles Publishing, 2011. – 318 p.

12. Combination of photogrammetry and terrestrial laserscanning – potentials and limitations : in five parts / T. Luhmann // Modern achievements of geodesic science and industry Collection of scientific papers of Western Geodesic Society of USGC Issue I (25). – 2013. – Part 1: Overview and performance features. – p.80–85.

13. Combination of photogrammetry and terrestrial laserscanning – potentials and limitations : in five parts / T. Luhmann // Modern achievements of geodesic

science and industry Collection of scientific papers of Western Geodesic Society of USGC Issue I (25). – 2013. – Part 2: Systems, algorithms and applications – p. 86–90.

14. ДСТУ 4758:2007. Дистанційне зондування Землі з космосу. Терміни та визначення понять. [Електрон. ресурс]. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: [https://www.nvkarta.com/project/library/uploads/geography/map-standart/\[standards\]\[sensing\]\[2007\]-dystanczijne_zonduvannya_zemli_DSTU_%204758:2007.pdf](https://www.nvkarta.com/project/library/uploads/geography/map-standart/[standards][sensing][2007]-dystanczijne_zonduvannya_zemli_DSTU_%204758:2007.pdf), вільний (дата звернення: 20.10.2022). – Назва з екрана.

15. Бурштинська Х. В. Аерокосмічні знімальні системи : підручник / Х. В. Бурштинська, С. А. Станкевич. – Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2013. – 316 с.

16. Дорожинський О. Л. Фотограмметрія / О. Л. Дорожинський, Р. Тукай. – Львів : Видавництво НУ «Львівська політехніка», 2008. – 332 с.

17. Li R. An analysis of surface subsidence in Chiba using PSInSAR technique / R. Li, Zh. Zhao, Zh. Wang, P. Wang // The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. – 2015. – Vol. XL-7/W4. – P. 81–85.

18. Ferretti A. A new algorithm for processing interferometric data-stacks: SqueeSAR / A. Ferretti, A. Fumagalli, F. Novali, C. Prati, F. Rossa, A. Rucci // IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing. – 2011. – Vol. 49, issue 9. – P. 3460–3470.

19. ДБН В.1.3-2:2010. Система забезпечення точності геометричних параметрів у будівництві. Геодезичні роботи у будівництві. – Чинний від 2010–09–01. – Київ : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2010. – 95 с.

20. ДБН А.2.1-1-2008. Вишукування, проектування і територіальна діяльність. Вишукування. Інженерні вишукування для будівництва. – Чинний від 01-07-2008. – Київ : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2008.

21. Куліковська О. Є. Проблеми впровадження сучасного геодезичного обладнання у кадастровій діяльності Кривого Рогу / О. Є. Куліковська,

Ю. Ю. Атаманенко, О. К. Копайгора // Вісник Криворізького національного університету. – 2019. – Вип. 48. – С. 50–57.

22. Про затвердження Інструкції з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 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>, вільний (дата звернення: 21.12.2022). – Назва з екрана.

23. Куліковська О. Є. Інженерно-геодезичний супровід визначення параметрів і напрямів рекультивації порушених земель у гірничодобувному регіоні / О. Є. Куліковська, В. О. Катушков // Містобудування та територіальне планування. – 2022. – Вип. 79. – С. 212–225.

24. Хохлов Г. П. Теорія і практика розрахунку й оцінки точності інженерно-геодезичних вимірювань : монографія / Г. П. Хохлов, О. Г. Хохлов. – Кременчук : КрНУ, 2017. – 324 с.

25. Про Державний земельний кадастр [Електрон. ресурс] : Закон України від 18.05.2023 № 2698-ІХ. – Електрон. текст дані. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3613-17#Text>, вільний (дата звернення: 21.10.2022). – Назва з екрана.

Електронне навчальне видання

НЕСТЕРЕНКО Сергій Григорович,
АФАНАСЬЄВ Олександр Валерійович

МЕТОДИ І ЗАСОБИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБІТ

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

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

Відповідальний за випуск *С. Г. Нестеренко*
За авторською редакцією
Комп'ютерне верстання *О. В. Афанасьєв*

План 2023, поз. 184Л

Підп. до друку 26.06.2023. Формат 60 × 84/16.
Ум. друк. арк. 7,6.

Видавець і виготовлювач:
Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002.
Електронна адреса: office@kname.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 5328 від 11.04.2017.