

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ, ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА АЕРОКОСМІЧНОЇ ГЕОДЕЗІЇ ТА ЗЕМЛЕУСТРОЮ

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач випускової кафедри
_____ Юрій ВЕЛИКОДСЬКИЙ
« ____ » _____ 2021 р.

ДИПЛОМНА РОБОТА
(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)
ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА
ЗА СПЕЦІАЛЬНІСТЮ 193 «ГЕОДЕЗІЯ ТА ЗЕМЛЕУСТРІЙ»

Тема: «Особливості створення цифрових моделей рельєфу за даними топографічної зйомки»

Виконавець: студент групи ГС – 209М

Боровський Дмитро Михайлович _____

Керівник: к.ф.-м.н., доцент Великодський Юрій Іванович _____

Консультант розділу «Охорона навколишнього середовища» :

к.ф.-м.н., доцент Гай Анжела Євгенівна _____

Консультант розділу «Охорона праці»:

асистент Якимець Ірина В'ячеславівна _____

Нормоконтролер: к.е.н, доцент Стецюк Михайло Петрович _____

КИЇВ 2021

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет екологічної безпеки, інженерії та технологій

Кафедра аерокосмічної геодезії та землеустрою

Спеціальність 193 «Геодезія та землеустрій»

Освітньо-професійна програма «Геоінформаційні системи і технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач випускової кафедри

_____ **Юрій ВЕЛИКОДСЬКИЙ**

« _____ » _____ 2021 р.

ЗАВДАННЯ

на виконання дипломної роботи

Боровському Дмитру Михайловичу

1. Тема роботи «Особливості створення цифрових моделей рельєфу за даними топографічної зйомки»

затверджена наказом ректора від 11 жовтня 2021р. № 2207/ст.

2. Термін виконання роботи: з 11 жовтня 2021 року по 31 лютого 2021 року

3. Вихідні дані роботи: законодавча та нормативно-правова база, дані з підприємства, публікації та наукові статті за тематикою роботи.

4. Зміст пояснювальної записки: аналітичний огляд літературних джерел та законодавча бази з тематики диплому. Значення геодезичних вишукувань та їх функціонування в сучасних умовах. Визначення цифрового моделювання місцевості та сучасний розвиток технологій. Використання спеціалізованого ПЗ для створення ЦМР. Охорона навколишнього середовища. Охорона праці.

5. Перелік обов'язкового ілюстративного матеріалу: таблиці, рисунки, формули.

6. Календарний план-графік

№ з/п	Завдання	Термін виконання	Підпис керівника
1	Опрацювати методичну літератури за темою дипломної роботи	11.10.2021-24.10.2021	
2	Охарактеризувати об'єкт і предмет дослідження	25.10.2021-27.10.2021	
3	Написання 1 розділу	01.11.2021-12.11.2021	
4	Написання 2 розділу	13.11.2021-25.11.2021	
5	Написання 3 розділу	26.11.2021-04.12.2021	
6	Написання розділу з охорони навколишнього середовища	05.12.2021-07.12.2021	
7	Провести розрахунки з охорони праці. Сформулювати висновки до дипломної роботи	08.12.2021-15.12.2021	
8	Підготовка додаткового матеріалу та презентацій	17.12.2021-20.12.2021	
9	Оформлення та захист магістерської роботи	20-31. 12. 2021	

7. Консультанти з окремих розділів:

Розділ	Консультант (посада, П.І.Б)	Дата, підпис	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона навколишнього середовища	Гай Анжела Євгенівна		
Охорона праці	Якимець Ірина В'ячеславівна		

8. Дата видачі завдання: 11 жовтня 2021р.

Керівник дипломної роботи: _____ Великодський Ю.І.

Завдання прийняв до виконання: _____ Боровський Д.М.

РЕФЕРАТ

Дипломна робота на тему: «Особливості створення цифрових моделей рельєфу за даними топографічної зйомки» містить: 84 сторінки, 34 рисунка, 10 формул, 8 таблиць, 32 використаних джерела.

Об'єктом дослідження є цифрові моделі рельєфу.

Предметом дослідження використання та особливості створення цифрових моделей рельєфу.

Мета роботи: дослідити сучасний стан топографо-геодезичних вишукувальних робіт, визначити та порівняти основні джерела інформації для створення ЦМР, розглянути характерні аспекти створення та практичного використання ЦМР, проведення поетапної обробки вимірів та створення ЦМР.

Методи дослідження: аналогій та порівнянь, абстрактно-логічний, економіко-статистичний, нормативно-правовий, історичний, метод аналізу та синтезу, індукції та дедукції, екстраполяції, монографічний, обробки літературних джерел.

Результат магістерської роботи має важливе практичне значення для подальшої роботи по проектуванню з використанням систем автоматизованого проектування і розрахунку та будівництві високоточних інженерних споруд.

ЦИФРОВА МОДЕЛЬ РЕЛЬЄФУ, ТОПОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧНІ ВИШУКУВАННЯ, ОБРОБКА РЕЗУЛЬТАТІВ ВИМІРІВ, ПРОГРАМНИЙ КОМПЛЕКС «CREDO».

ЗМІСТ

ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1. СУЧАСНІ МЕТОДИ ВИШУКУВАНЬ	10
1.1. Створення розрядних мереж	10
1.2. Тахеометричне знімання	11
1.3. Використання GPS технологій	14
1.4 Використання БПЛА для виконання аерофотозйомки	16
Висновки до розділу 1	19
РОЗДІЛ 2. ОСОБЛИВОСТІ ЦИФРОВОГО МОДЕЛЮВАННЯ МІСЦЕВОСТІ	20
2.1. Визначення цифрової моделі рельєфу	20
2.2. Вихідні дані в цифровому моделюванні	23
2.3 Принципи моделювання ЦМР	27
2.4 Сучасні методи моделювання ЦМР	32
2.5 Особливості формування трикутної нерегулярної мережі	35
Висновки до розділу 2	38
РОЗДІЛ 3. ЕТАПИ СТВОРЕННЯ ЦМР ПРИ ВИКОРИСТАННІ КОМПЛЕКСУ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕСПЕЧЕННЯ «CREDO»	39
3.1 Обробка результатів топографо-геодезичних вишукувань	39
3.2 Створення ортофотоплану за даними зйомки БПЛА	43
3.3. Креслення топографічного плану місцевості	49
3.4 Створення цифрової моделі рельєфу	54
Висновки до розділу 3	60
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	61
4.1. Особливості ландшафтних видів	61
4.2. Вплив антропогенної діяльності на ландшафти	63
4.3. Дослідження ландшафтів за допомогою ГІС	65

Висновки до розділу 4	68
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ	69
5.1. Умови праці та небезпечні чинники, які становлять загрозу на робочому місці	69
5.2. Організаційні та конструктивно-технологічні заходи для зниження впливу шкідливих виробничих факторів.....	71
5.3. Аналіз виробничого освітлення.....	72
5.4. Пожежна безпека.....	74
5.5. Інструкція з охорони праці.....	78
Висновки до розділу 5	80
ВИСНОВКИ.....	81
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	82

Перелік умовних позначень, скорочень, термінів

- GPS – (Global Positioning System) Система глобального позиціонування;
- INS – (Inertial Navigation System) Інерціальна система навігації;
- RTK – (Real Time Kinematic) Позиціонування в режимі реального часу;
- ААТ – автоматична аерофототриангуляція;
- АПС – автоматична пожежна сигналізація;
- ГІС – географічна інформаційна система;
- ДГМ – Державна геодезична мережа;
- ЕОМ – електронна обчислювальна машина;
- ІВП – інерційний вимірювальний пристрій;
- ОЦ – обчислювальний центр;
- ПК – персональний комп'ютер;
- САПР – система автоматизованого проектування і розрахунків;
- СК – система координат;
- СЛ – структурна лінія;
- ТНМ – трикутна нерегулярна мережа;
- ЦМВ – цифрова модель висот;
- ЦММ – цифрова модель місцевості;
- ЦМП – цифрова модель поверхні;
- ЦМР – цифрова модель рельєфу;

ВСТУП

Актуальність теми полягає в тому, що галузеві проектні організації потребують високоякісну топографо-геодезичну основу для створення та випуску проектних рішень для будівництва, необхідних суспільству, інженерних споруд. На даному етапі розвитку вони використовують спеціалізоване програмне забезпечення(систем автоматизованого проектування і розрахунків) для зменшення обсягу роботи та спрощення процесу проектування. Тому основою для сучасних проектних рішень слугують цифрові моделі рельєфу створені на основі сучасних топографо-геодезичних вишукувань.

Метою даної роботи є визначення аспектів та особливостей створення цифрових моделей рельєфу в сучасних умовах розвитку суспільства.

Необхідно вирішити наступні **завдання** для досягнення поставленої мети:

1. дослідити сучасний стан та методи геодезичних вишукувань, порівняти їх з альтернативними джерелами даних;
2. охарактеризувати сутність та визначити особливості створення цифрової моделі рельєфу;
3. розкрити процес обробки вимірів та створення ЦМР з використанням сучасних комплексних програмних рішень.
4. дати визначення сучасному стану галузі вишукувань та додати пропозиції щодо її вдосконалення.

Об'єктом дослідження в даній роботі є цифрові моделі рельєфу.

Предметом дослідження даної роботи є розкриття особливостей та аспектів створення ЦМР, а також їх використання та прикладне значення.

Методи дослідження: системний підхід – дослідження системи нормативно правових документів, що регулюють топографо-геодезичну; аналіз – проаналізовано та визначено альтернативні джерела даних; дослідження – пошук інформації з поглибленим вивченням матеріалів згідно теми роботи; абстрактно-логічний підхід – здійснення узагальнень та виявлення концепцій побудови роботи; порівняння – для визначення розбіжностей при використанні

різних джерел даних підчас створення ЦМР; узагальнення – встановлення загальних властивостей, підведення підсумків роботи.

Наукова новизна отриманих результатів. У дипломній роботі здійснено теоретичне узагальнення інформації щодо створення цифрової моделі рельєфу та пропонуються інноваційні комплекси створення якісної моделі рельєфу для сучасних потреб проектних організацій

Практичне значення отриманих результатів даної роботи полягає у тому, що результати, висновки та пропозиції наведені у даній магістерській дипломній роботі мають важливе значення у вдосконаленні та розробленні якісних цифрових моделей рельєфу. Наведені приклади та матеріали дають змогу переконатися завдяки чому саме ЦМР є кращим та надійнішим джерелом інформації для проектування та спонукати надалі використовувати її, замість паперових та цифрових карт, враховуючи низку висновків.

Результати даної роботи можуть бути використані проектними і вишукувальними організаціями для ознайомлення та в подальшому використанні цих технологій .

РОЗДІЛ 1. СУЧАСНІ МЕТОДИ ВИШУКУВАНЬ

1.1. Створення розрядних мереж

Перед початком робіт на об'єкті вишукування створюють геодезичну мережу, яку зручно використовувати під час вишукувань і яка буде слугувати основою для подальшого зрівнювання тахеометричних ходів та відмітки якої зможуть використовувати будівельники під час безпосереднього будівництва об'єкта, з метою проектування якого проводяться вишукування.

Завдяки широко розвиненій мережі РТК визначення координат закладених пунктів потребує менших зусиль в порівнянні з методом згущення від пунктів ДГМ, тому частіше основу топографо-геодезичних вишукувань становлять розрядні геодезичні мережі.

Основою для інженерних робіт, які виконують на майданчиках житлового та промислового будівництва у містах та селищах, при закладенні підземних комунікацій, в маркшейдерії, землевпорядкуванні, земельному кадастрі, меліорації земель, топографічних знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 і 1:500, тощо, являються *розрядні геодезичні мережі*.

Для створення розрядних геодезичних мереж згущення використовують методи триангуляції, трилатерації, полігонометрії, та їх поєднанням.

Розрядні геодезичні мережі згущення поділяються на:

- мережі полігонометрії, трилатерації і триангуляції 4 класу;
- мережі полігонометрії, трилатерації, триангуляції 1 і 2 розрядів;
- мережі технічного та тригонометричного нівелювання.

Для встановлення пунктів триангуляції, трилатерації і полігонометрії вибирають місця, які будуть легкодоступні, добре розпізнаватимуться на місцевості і забезпечуватимуть довге збереження. Пункти на місцевості вибирають так, щоб їх можна було використати як і точки знімальної мережі. Також між двома сусідніми пунктами має бути видимість із землі [1].

Обрані місця закладання пунктів на місцевості позначають тимчасовими знаками (наприклад: металевими прутами, кілками або обкопують, тощо) і складають абрис з наміченими відстанями до постійних предметів місцевості.

Пункти знімальної мережі закріплюють на місцевості центрами, що забезпечують тривале збереження пунктів та тимчасовими центрами з метою збереження їх на час знімальних робіт.

Типи центрів тривалого збереження:

- бетонний паралелепіпед з розмірами 10x10x70 см, у вершину якого закладають штир або кований цвях;
- марка, штир, труба, болт, залізничний костиль тощо, які закріплюють цементним розчином у бетонні основи різноманітних споруд, на ділянці землі з твердим покриттям або в скелі;
- пень свіжозрубаного дерева діаметром не менше 15 см, що оброблений у вигляді стовпа, з вирізом для напису, поличкою і забитим кованим цвяхом.

1.2. Тахеометричне знімання

Для створення планів невеликих ділянок як основний вид знімання або в поєднанні з іншими видами застосовують тахеометричне знімання, коли:

- економічно не вигідне або технічно складне виконання стереотопографічного або мензульного знімання;
- тільки з метою знімання рельєфу на забудованій території;
- для знімання вузьких смуг (траси різноманітних лінійних інженерних мереж, високовольтні лінії, і т.ін.).

Для тахеометричне знімання використовують електронні, авторедукційні, номограмні тахеометри, оптичними теодолітами з прикріпленими до них світловіддалемірами або світловіддалемірними насадками і, як виняток, теодолітами.

Також під час тахеометричної зйомки користуються цифровими терміналами даних, які дають змогу вести запис числової та текстової інформацію і виконувати польове кодування предметів місцевості, а також різноманітні графопобудовники, які за допомогою програмно-технічних комплексів дають змогу експортувати топографічні плани в цифровому і графічному вигляді, після відповідної обробки матеріалів.

Тахеометричну зйомку місцевості, як правило, виконують одночасно з прокладанням тахеометричного ходу. Зйомка предметів, контурів і рельєфу місцевості виконується полярним методом, а інколи способом кутових засічок за маршрутом. При тахеометричному зніманні із застосуванням електронних тахеометрів та оптичних теодолітів з світловіддалемірними насадками щільність пунктів знімальної основи повинна забезпечувати можливість прокладання тахеометричних ходів, які відповідали б технічним вимогам «Інструкції з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500» наведеним у табл. 1.1.

Таблиця 1.1

Масштаб знімання	Максимальна довжина ходу, м	Максимальна довжина ліній, м	Максимальна кількість ліній в ході
1:5000	1200	300	6
1:2000	600	200	5
1:1000	300	150	3
1:500	200	100	2

При зйомці предметів, контурів і рельєфу горизонтальні і вертикальні кути вимірюють при одному положенні вертикального круга. Зйомку місцевості починають від напрямів на задню або передню точку ходу. Для виконання зйомки на характерні точки рельєфу і на контури або предмети місцевості установлюють рейки. Ці точки називають пікетами, вони на місцевості не закріплюються.

Також віддалі від точок тахеометричних ходів (знімальних станцій) до пікетів і віддалі між пікетами, коли застосовують електронні тахеометри та оптичні теодоліти з світловіддалемірними насадками, не повинні перевищувати величин наведеним в табл. 1.2.

Таблиця 1.2

Масштаб знімання	Переріз рельєфу, м	Максимальна віддаль між пікетами, м	Максимальна віддаль від приладу до рейки при зніманні рельєфу, м	Максимальна віддаль від приладу до рейки при зніманні контурів, м
1:5000	0,5	60	1000	1000
	1,0	80	1000	1000
	2,0	10	1000	1000
	5,0	120	1000	1000
1:2000	0,5	40	750	750
	1,0	40	750	750
	2,0	50	750	750
1:1000	0,5	20	600	600
	1,0	30	600	600
1:500	0,5	15	500	500
	1,0	15	500	500

В кінці роботи на станції трубу наводять на початковий напрямок і перевіряють чи під час роботи не порушено положення лімба, тобто виконують замикання горизонту.

Після завершення польових робіт при тахеометричному зніманні переходять до негайної камеральної обробки матеріалів знімання. При цьому здійснюють:

- перевірку польових журналів і складання детальної схеми знімальної основи;
- обчислення координат і висот точок (з точністю до 0,01 м) тахеометричних (теодолітних) ходів;
- обчислення висот усіх пікетів на станціях;

➤ накладання точок знімальної основи, тахеометричних (теодолітних) ходів, пікетних точок; проведення горизонталей і накладання ситуації.

Процес камеральної обробки вимірювань описано у підрозділі 3.1.

1.3. Використання GPS технологій

Швидкий розвиток супутникових систем навігації знайшов своє застосування в сфері топографо-геодезичних вишукувань. Зараз без GPS приймачів важко уявити робочий процес адже вони стали невід'ємною його частиною. Саме завдяки простому використанню, легкодоступності і широким покриттям мережі базових станцій польові вимірювання і обробка їх результатів стали набагато легшими.

На об'єктах, де потрібна висока точність і якість вимірювань GPS приймачі використовуються для :

1. Визначення координат пунктів планово-висотної основи об'єктів вишукувань;
2. Зйомки відкритих ділянок місцевості;
3. Визначення координат опознаків аерофотозйомки.

Підчас виконання цих робіт застосовуються такі методи супутникових вимірювань:

- ❖ статичний (Static);
- ❖ швидкостатичний (Fast Static, Rapid Static);
- ❖ псевдокінематичний (псевдостатичний, реокупація);
- ❖ кінематичний.

Статичний метод базується на основі того, що вимірювання виконуються між двома (і більше) нерухомими приймачами підчас тривалого періоду часу.

За рахунок оптимального використання всіх доступних якісних вимірів при двох частотах у статичному методі, **швидкостатичний** метод зменшує час спостережень (до 5-10 хвилин) обов'язковою умовою є використання двочастотні приймачів.

За рахунок спільного використання двох 5-10 хвилинних періодів спостережень, розділених годинниковим (і більше) інтервалом, з тим щоб змінилося взаємне розташування спостережуваних супутників, *псевдокінематичний* метод дозволяє зменшити час вимірювань в порівнянні зі статичним.

Кінематичний метод передбачає виконання одночасних спостережень між нерухомим (референцної) і мобільним приймачами. Для виконання методу необхідно на першому пункті виконати так звану ініціалізацію (рішення неоднозначності) і при переміщенні мобільних приймачів між пунктами необхідно підтримувати постійний захоплення 4-5 супутників. При втраті захоплення повторюється процедура ініціалізації. Метод має два різновиди: так звані "Стій-Іди" (Stop & Go) кінематика і кінематика в режимі реального часу (RTK).

Stop & Go кінематика передбачає фіксацію антени мобільного приймача на визначених пунктах для виконання вимірювань протягом близько 1 хвилини.

RTK аналогічна Stop & Go кінематиці за технологією виконання польових робіт, але різниться за технології обробки. RTK заснована на передачі поправок до вимірювання псевдовідстаней від референцної приймача до мобільного через пристрій зв'язку (радіо модем). При спільній обробці вимірювань референцної та мобільного приймачів визначаються координати пункту, на якому встановлено мобільний приймач. Результати, на відміну від інших методів, видаються негайно після виконання вимірювань [2, с. 48].

Точність вимірювань сучасними геодезичними супутниковими приймачами залежить від типу приймача і вибраного методу вимірювань. Точність визначення геодезичних висот, як правило, в 1,5 рази нижче точності визначення векторів. Стандартні показники точності наведені в табл. 1.3.

Стандартні показники точності сучасними супутниковими приймачами

Метод	Середня відстань між пунктами, км	Тривалість сеансу	Абс. і відн. похибка вимірювання відстані	Примітки
Статичний	до 20	близько 1 години	5мм + 1×10^{-6} Дмм 1:100000 - 1:5000000	Для двочастотного приймача
Швидкостатичний	до 10	5-10 хв	5-10мм + 1×10^{-6} Дмм 1:100000-1:1000000	Для двочастотного приймача
Псевдокінематичний	до 10	20 хв (2 рази по 10 хв)	10мм + 1×10^{-6} Дмм 1:50000 - 1:500000	Переважно для одночастотного приймача
Stop & Go	до 5	до 2 хв	10-20мм + 1×10^{-6} Дмм 1:100000 - 1:1000000	
RTK	5-10 (залежно від радіо-модеми)	до 1 хв	10-20мм	При наявності пристрою зв'язку (радіо модеми)

1.4 Використання БПЛА для виконання аерофотозйомки

В останні роки все більше і більше застосувань БПЛА в галузі вишукувань стали поширеними. Фотограмметрія БПЛА дійсно відкриває різні нові застосування в аерофотограмметрії невеликих ділянок місцевості, а також представляє недорогі альтернативи класичній пілотованій аерофотограмметрії [3;4]. Такий розвиток можна пояснити поширенням недорогих платформ у поєднанні з аматорськими чи цифровими камерами SRL та GNSS/INS, необхідні для навігації БПЛА з високою точністю до заздалегідь визначених точок маршруту. Невеликі розміри та знижене навантаження деяких платформ БПЛА

обмежують транспортування високоякісних пристроїв інерційних вимірювальних пристроїв (ІВП), таких як ті, що під'єднані до повітряних камер або датчиків LiDAR, що використовуються для картографування. GNSS в основному використовується в режимі позиціонування на основі коду, і тому його недостатньо для точної прямої орієнтації датчика. Використання методів RTK покращить якість позиціонування до дециметрового рівня, але система стане занадто складною, дорогою та важкою.

Прості та запуснені вручну БПЛА, які працюють автономно, використовуючи автопілот із GPS і, як правило, датчик ІВП, є найдешевшими системами, хоча стабільність платформи у вітряних районах може бути проблемою. Більш стабільні системи, як правило, з бензиновим двигуном, завдяки більшому корисному навантаженню, дозволяють використовувати більш професійну камеру на борту або навіть знімати з інструменти LiDAR [5].

Типова польова зйомка на основі зображень за допомогою систем БПЛА вимагає:

- планування польоту;
- вимірювання наземних контрольних пунктів (для географічної прив'язки проекту);
- отримання зображень;
- калібрування камери та орієнтації зображення;
- обробки зображень для отримання 3D-інформації та ортофотопланів.

Політ і збір даних планується в заздалегідь із використанням спеціального програмного забезпечення, починаючи з вибору області знімання, визначення необхідного масштабу знімання, і запису внутрішніх параметрів встановленої цифрової камери. Таким чином, фіксуючи масштаб зображення та фокусну відстань камери, виводиться висота польоту. Центри перспективи камери («маршрутні точки») обчислюються, фіксуючи поздовжнє та поперечне перекриття смуг, у той час як наявність GNSS/INS на борту зазвичай використовується для керування отриманням зображення. Операції зльоту та посадки суворо пов'язані з використовуваним транспортним засобом і

характеристиками, але зазвичай керуються з землі пілотом (наприклад, за допомогою пульта дистанційного керування). Під час польоту за літальним апаратом зазвичай спостерігають за допомогою контрольної станції, яка показує дані польоту в режимі реального часу, такі як положення, швидкість, висота та відстані, спостереження GNSS, стан акумулятора або палива, швидкість ротора тощо. Більшість систем дозволяють отримувати дані зображення після вимірювання на «маршрутних точках», тоді як недорогі системи надають зображення відповідно до запланованого інтервалу.

Калібрування камери та орієнтація зображення є двома основними передумовами для будь-якої метричної реконструкції із зображень. Завдання калібрування камери та орієнтації зображення вимагають виділення загальних ознак, видимих на якомога більшій кількості зображень. В аерофотограмметрії це завдання сьогодні вирішується за допомогою використання методів автоматичної аерофототриангуляції (ААТ). Останніми роками для фотограмметричних додатків були розроблені деякі процедури для автоматизованого вилучення послідовних і надлишкових наборів зв'язних точок із зображень безмаркерної близькості (або БПЛА) [6-9]. Деякі комерційні рішення також з'явилися на ринку (наприклад, PhotoModeler Scanner, Eos Inc; Metashape, Agisoft). Зібрані дані GNSS/INS допомагають для автоматичного вилучення зв'язкових точок і теоретично можуть дозволити пряме географічне прив'язування знятих зображень. Але, як правило, розраховується комплексне коригування, починаючи з наближених параметрів зовнішньої орієнтації для подальшого уточнення бажаних точних позицій і висот камери [10, 11].

Після того, як набір зображень був орієнтований, наступні кроки в процесі **3D-реконструкції та моделювання** – це вимірювання поверхні та виділення ознак. Починаючи з відомих параметрів зовнішньої орієнтації та калібрування камери, сцену можна відновити в цифровому вигляді за допомогою автоматизованих методів зіставлення щільних зображень або інтерактивних методів для штучних функцій і вилучення векторної інформації. Інтерактивні підходи забезпечують розріджені хмари точок, які потребують структурування

та редагування для створення точних тривимірних даних (наприклад, моделей будівель). Автоматизовані методи створюють щільну хмару точок, що описує поверхню обстежуваної сцени, яку потрібно інтерполювати, можливо спростити і нарешті текстурувати для фотореалістичної візуалізації. Фактичний стан техніки охоплює техніку зіставлення кількох зображень [12-14] на основі напівглобальних алгоритмів відповідності [15,16], методи на основі патчів [17] або алгоритми оптимального потоку [18]. Останні два методи були реалізовані в пакетах з відкритим вихідним кодом під назвою, відповідно, PMVS і Mistas.

Нарешті, ортофотозображення можуть бути створені та передані для подальших процесів, аналізу та прийняття рішень.

Висновки до розділу 1

У даному розділі було досліджено сучасний стан топографо-геодезичних вишукувань лінійних об'єктів. У своїй роботі інженер повинен, перш за все точно, та якісно надати актуальну інформацію про сучасний стан області вишукувань, керуючись чинними нормативними документами.

З плином часу та розвитком технологій на підприємствах стали широко поширеними сучасні вишукувальні прилади, такі як електронні тахеометри, GPS-приймачі, що значно пришвидшує виконання польових робіт, покращує точність та якість отримуваних даних.

Окрім тахеометрів та GPS-приймачів, які є невід'ємною частиною вишукувань лінійних об'єктів, також широкого розповсюдження набувають БПЛА для картографічних цілей. Пропри те, що ЦМР створена цим методом не задовольняє потреб проектування високоточних об'єктів, створені таким чином ортофотоплани значно пришвидшують процес камеральної обробки вимірів, завдяки наглядному виду відкритих ділянок місцевості.

РОЗДІЛ 2. ОСОБЛИВОСТІ ЦИФРОВОГО МОДЕЛЮВАННЯ МІСЦЕВОСТІ

2.1. Визначення цифрової моделі рельєфу

Цифрова модель рельєфу — це просто статистичне представлення суцільної поверхні землі великою кількістю вибраних точок з відомими координатами X , Y , Z у довільному координатному полі [19].

Цифрова модель рельєфу є синонімом цифрової моделі поверхні (ЦМП), цифрової моделі місцевості (ЦММ) і цифрової моделі висоти (ЦМВ). Усі вони разом надають інформацію про висоту земної поверхні з іншою топографічною інформацією, як-от даними про ґрунтовий покрив, схили та аспекти місцевості [20].

Вона містить в собі:

- метричну інформацію – геодезичні просторові координати характерних точок рельєфу та ситуації;
- синтаксичну інформацію для опису зв'язків між точками – межі будівель, лісів, ріллі, водойм, дороги, водороздільні та водозливні лінії, напрями схилів між характерними точками на схилах тощо;
- семантичну інформацію, що характеризує властивості об'єктів – технічні параметри інженерних споруд, геологічна характеристика ґрунтів, дані про дерева в лісових масивах тощо;
- структурна інформація, що описує зв'язки між різними об'єктами – відношення об'єктів до будь-якої множини: роздільні пункти залізничної лінії, будівлі та споруди населеного пункту, будівлі та конструкції відповідних виробництв тощо;
- загальну інформацію – назва ділянки, система координат та висот, номенклатура.

У порівнянні з традиційним аналоговим представленням, ЦММ має наступні особливості :

1. Різноманітність форм представлення: У цифровій формі різні форми представлення можуть бути легко виготовлені, такі як топографічні карти, вертикальні та поперечні розрізи та 3-D анімація.

2. Відсутність втрати точності даних з часом: з часом паперові карти можуть деформуватися, але ЦММ може зберегти свою точність завдяки використанню цифрового носія.

3. Більша доцільність автоматизації та обробки в режимі реального часу: в цифровому вигляді дані, інтеграція та оновлення є більш гнучкими, ніж в аналоговій формі.

4. Простіше багатомасштабне представлення: ЦММ можна розташувати в різних роздільних можливостях, з відповідним представленням у різних масштабах.

ЦМР знайшла широке застосування в усіх геонауках та інженерії, таких як:

a) Планування та проектування цивільного, дорожнього та шахтного будівництва ;

b) 3-D анімація для військових цілей, ландшафтний дизайн та містобудування;

c) Аналіз водозборів і гідравлічне моделювання;

d) Аналіз видимості між об'єктами на поверхні місцевості;

e) Аналіз місцевості та розрахунок об'єму;

f) Геоморфологічний та ерозійний аналіз ґрунтів;

g) Інтерпретація та обробка зображень дистанційного зондування;

h) Різні види географічного аналізу;

i) Інше.

Щоб в'яснити взаємозв'язки між цифровим моделюванням місцевості та іншими дисциплінами, необхідно визначити, хто бере участь у бізнесі. Раннім розвитком ЦММ завдячує фотограмметристам та інженерам-будівельникам. Вчені з обчислювальної геометрії та прикладної математики займаються розробкою алгоритмів моделювання, а вчені з обчислювальної техніки — управління даними та розробкою систем. Нині до застосування ЦММ

залучаються фахівці з різних геодисциплін. Таким чином, цифрове моделювання місцевості складається з чотирьох основних компонентів (рис. 2.1), таких як збір даних, моделювання, керування даними та розробка додатків [22, с.11].

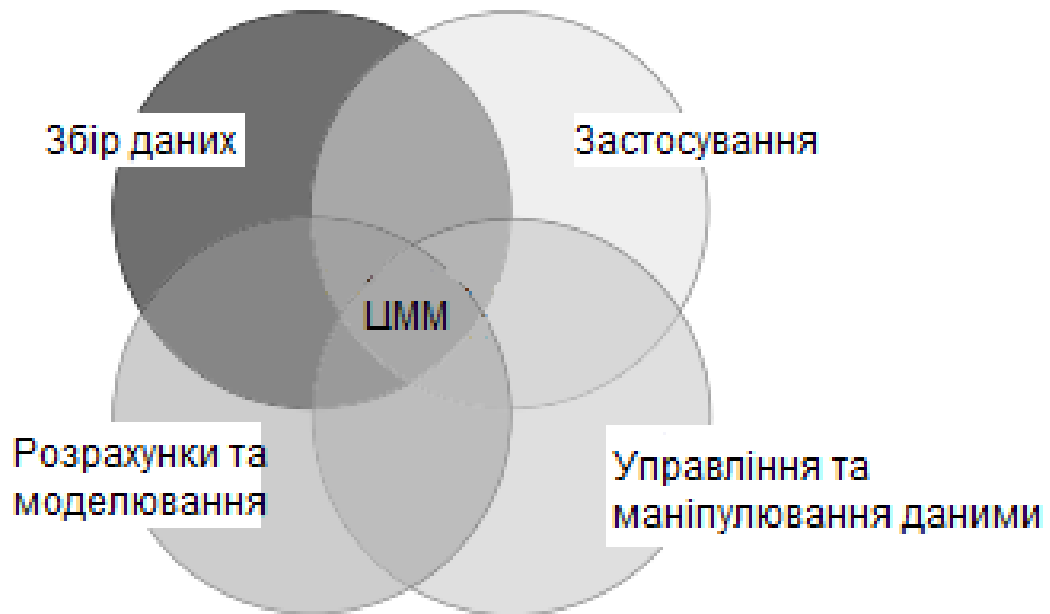


Рис. 2.1 Взаємозв'язок цифрового моделювання місцевості та інших дисциплін

1. У «збиранні даних» основними дисциплінами є фотограмметрія, геодезія (включаючи зйомку системи глобального позиціонування(GPS)), дистанційне зондування та картографія (переважно оцифрування контурних карт).

2. У «розрахунках та моделюванні» основними дисциплінами є фотограмметрія, геодезія, картографія, географія, обчислювальна геометрія, комп'ютерна графіка та обробка зображень.

3. В «управлінні та маніпулюванні даними» основними дисциплінами є техніка просторової бази даних, техніка кодування та стиснення даних, структурування даних та комп'ютерна графіка.

4. У «застосуваннях» задіяні всі геонауки, включаючи геодезію, фотограмметрію, картографію, дистанційне зондування, географію, геоморфологію, цивільне будівництво, гірничодобувну інженерію, геологічну інженерію, ландшафтний дизайн, містобудування, управління навколишнім середовищем, управління ресурсами, управління об'єктами, і так далі.

2.2. Вихідні дані в цифровому моделюванні

Щоб змоделювати частину поверхні місцевості, спочатку потрібно отримати набір точок даних з поверхні. Дійсно, отримання даних є основним (і, можливо, найважливішим) етапом цифрового моделювання місцевості.

Джерела даних – це матеріали, з яких можна отримати дані для моделювання місцевості, а вихідні дані ЦМП – дані, отримані з джерел даних цифрового моделювання місцевості. Такі дані можна виміряти різними методами:

1. польова зйомка за допомогою теодоліту та GPS для прямого вимірювання з поверхонь місцевості
2. фотограмметрія за допомогою стереопар повітряних (або космічних) зображень і фотограмметричних приладів
3. картографічна оцифровка за допомогою існуючих топографічних карти та дигітайзери.

Слід зазначити, що всі ці методи отримання даних мають як переваги, так і недоліки. Тому при виборі методу слід враховувати різні аспекти, такі як призначення, вимоги до точності, умови обладнання та наявність вихідних матеріалів. Щоб допомогти у прийнятті рішення, було б корисно порівняти ці методів у різних аспектах, таких як ефективність, вартість і точність (див. таблицю 2.1) [22, с.62].

На практиці для вишукувань в сфері проектування високоточних інженерних споруд для отримання геопросторових даних використовується поєднання традиційних методів вимірювань з GPS-технологіями.

Порівняння різних методів отримання даних

Метод отримання	Точність даних	Швидкість	Вартість	Охоплення території
Традиційна зйомка	дуже висока (мм-см)	дуже повільна	дуже висока	мале
GPS-вимірювання	відносно висока (см-м)	повільна	відносно висока	мале
Фотограмметрія	від середнього до високого (см-м)	швидка	відносно низька	від середнього до великого
Космічна фотограмметрія	від низького до середнього (м)	дуже швидка	низька	велике
InSAR	низька (м)	дуже швидка	низька	велике
Радарграмметрія	дуже низька (10м)	дуже швидка	низька	велике
LIDAR	висока (см)	швидка	висока	від середнього до великого
Оцифровка карти	відносно низька (м)	повільна	висока	будь-яке
Сканування карти	відносно низька (м)	швидка	низька	будь-яке

Традиційні методи зйомки визначають положення (координати) точки за допомогою вимірювання відстаней і кутів. Традиційними інструментами є теодоліти та комп'ютеризовані тахеометри. На малюнку 2.2 показано два типових приклади традиційної геодезичної задачі. На малюнку 2.2(a) відомі тривимірні координати точки А. За допомогою вимірювання вертикального кута, відстані (між А та Р) і азимута можна визначити положення точки Р. На малюнку 2.2(b) відомі тривимірні координати точок А і В. За допомогою вимірювання горизонтальних кутів і відстаней (між А і Р і між В і Р) можна визначити положення точки Р.

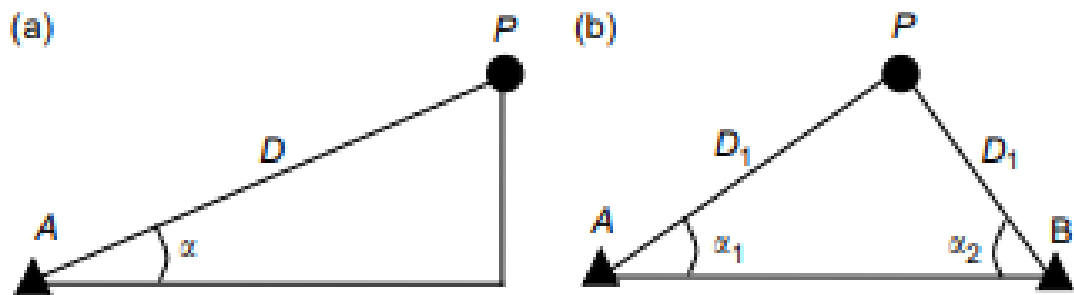


Рис. 2.2 Дві типові проблеми традиційної зйомки. (а) Від відомої точки А визначити положення Р. (b) З двох відомих точок А і В визначити положення Р

Основним принципом вимірювання на основі GPS є перетин дальності. Щоб визначити невідоме положення в тривимірному просторі, необхідно знати три відстані від трьох відомих точок. Рисунок 2.3 ілюструє цей принцип. Якщо треба визначити положення точки, наприклад Р, що знаходиться на відстані d від відомої точки, скажімо, А, можна знати лише, що Р є розташована десь на кулі з центром у точці А і має радіус d . З двома відстанями від двох відомих точок, можна утворити дві такі сфери, та дізнатися, що Р знаходиться десь на колі, утвореному перетином двох сфер. З трьома відстанями положення Р можна визначити точно, оскільки три сфери перетинаються в двох точках, одна з яких, очевидно, буде неправильною [22, с.60].

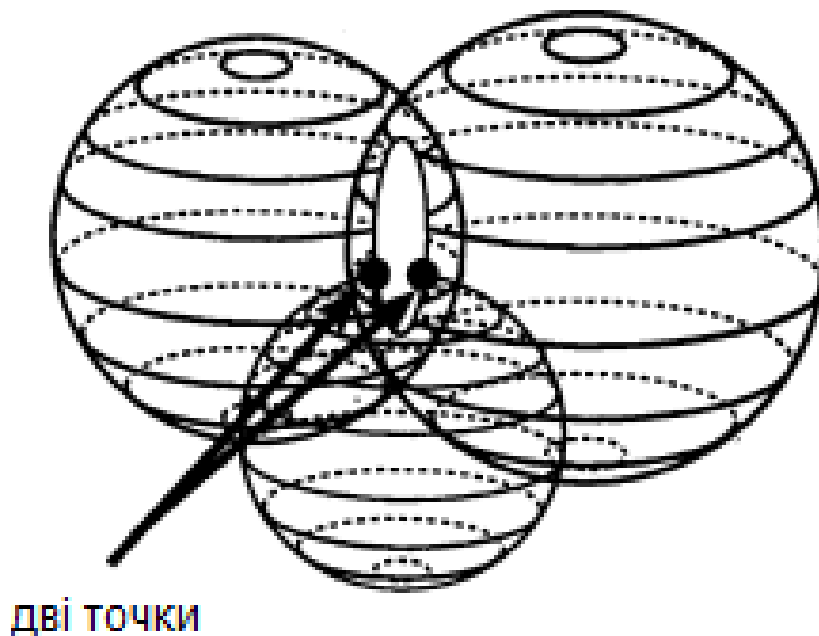


Рис. 2.3 Принцип позиціонування GPS

У випадку GPS, положення супутників відомі в будь-який час, тому що орбіта кожного супутника спостерігається і контролюється наземними станціями. Щоб визначити місцезнаходження GPS-приймача, необхідно виміряти принаймні три відстані від приймача до трьох супутників GPS. Тому для користувачів GPS ключовим питанням є виміряти відстані від приймача до супутників.

Як можна уявити, неможливо виміряти ці відстані за допомогою традиційних обладнання. Рішення полягає у створенні електромагнітних хвиль, які поширюються зі швидкістю світла. Припустимо, що супутник посилає сигнал на приймач GPS, і для цього потрібно t секунд для GPS-приймача для отримання сигналу, тоді відстань між приймачем GPS і супутником визначається за формулою:

$$D = c \times t \quad (2.1)$$

де D – відстань, t – час проходження сигналу, c – швидкість світла, тобто 299792458 м/сек.

Тепер питання полягає в тому, як визначити час, необхідний для проходження сигналу від супутника до приймача. Поточна практика – мати годинник борту супутника і годинник в приймачі. Тоді рівняння (2.1) слід переписати як слідує:

$$D = c \times (T_s - T_r) \quad (2.2)$$

де T_s представляє час, коли супутник передає сигнал, а T_r являє собою час, коли сигнал надходить до приймача GPS.

З рівняння (2.2) можна відзначити, що незначна помилка в будь-якому годиннику спричинить значну похибку в обчисленій відстані. Для цього потрібно, щоб годинники на борту супутника та в приймачі були надзвичайно точними. Це, безумовно, здорожчує процес виготовлення GPS приймачів, що робить використання GPS менш популярним. Для рішення цієї проблеми слід враховувати помилку між годинником в приймачі GPS і годинником на борту

супутника, але вона є постійною тільки для цього конкретного приймача GPS тому що супутники оснащені надзвичайно точними атомними годинниками та його помилки можна виправити, застосовуючи параметри корекції, що містяться в навігаційному повідомленні. За умови цього можна було б вважати таку помилку невідомою. З такою додатковою невідомою (в доповнення до координат X , Y , Z приймача), потрібно виміряти ще одну відстань. Тобто потрібно спостерігати загалом чотири супутники для визначення положення точки.

Для більш високої точності вимірювання широко використовується DGPS. Основна ідея полягає в тому, щоб визначити різницю координат між двома точками (скажімо, A і B), одна з яких (скажімо, A) відома точно. Таким чином, два GPS-приймачі знаходяться на різних точках і обидва одночасно отримують сигнали з одного набору супутників за певний період часу. Причина, чому точність може бути покращена за допомогою такого розташування, полягає в тому що помилка годинника супутника та атмосферні ефекти скасовуються, якщо відняти дальність (так звана псевдодальність) від точки A до супутника від дальності від точки B на той самий супутник.

2.3 Принципи моделювання ЦМР

Цифрова модель рельєфу — це математична (або цифрова) модель ділянки Земної поверхні. Вона використовує одну або кілька математичних функцій для представлення поверхні відповідно до деяких конкретних методів на основі набору вимірених точок. Ці математичні функції зазвичай називають інтерполяційними функціями. Процес, за допомогою якого досягається представлення поверхні місцевості, називають реконструкцією поверхні або моделюванням поверхні, а фактично реконструйовану поверхню часто називають поверхнею ЦМР. Тому реконструкцію поверхні місцевості можна також розглядати як створення поверхні ЦМР або генерацію поверхні ЦМР. Після цієї реконструкції інформацію про висоту для будь-якої точки моделі можна отримати з поверхні ЦМР.

Мережа — це структура даних, реалізована у спеціальному шаблоні для моделювання поверхні. Мережа займається переважно взаємозв'язком точок даних у позиційному (планіметричному) сенсі, але не обов'язково в третьому вимірі. Це головна відмінність між мережею та поверхнею ЦМР, яка побудована з мережі і містить серію підповерхень, які можуть мати або не мати безперервності в першій похідній. Топологічне відношення для сітки є вбудованим (тобто неявним) завдяки особливим характеристикам самої сітки, тому ця різниця не оцінюється або не відображається чітко. На відміну від цього, у випадку моделювання на основі трикутників відмінність дуже чітка — топологічні відносини потрібно розібрати, щоб утворити трикутну мережу; потім до мережі можна додати третій вимір, щоб утворити поверхню, що містить серію суміжних трикутних граней.

Для моделювання області Земної поверхні необхідно використовувати математичну функцію. Функція може бути виражена в частотній або в просторовій області. У просторовій області загальний математичний вираз виглядає наступним чином:

$$Z = f(X, Y) \quad (2.3)$$

Найбільш широко вживаною функцією для реалізації цього виразу є загальна поліноміальна функція, як показано в таблиці 2.2 [21].

Графічне зображення перших 4 доданків показано на рисунку 2.4. Зрозуміло, що кожен окремий член загальної поліноміальної функції має свої особливості за формою. Поверхня з унікальними характеристиками може бути побудована за допомогою певних конкретних функцій.

Поліноміальна функція, що використовується для реконструкції поверхні

Окремі доданки	Ступінь	Опис доданка	№ доданка
$Z = a_0$	Нульовий	Площина	1
$+a_1X + a_2Y$	Перший	Лінійна	2
$+a_3X^2 + a_4Y^2 + a_5XY$	Другий	Квадратична	3
$+a_6X^3 + a_7Y^3 + a_8X^2Y + a_9XY^2$	Третій	Кубічна	4
$+a_{10}X^4 + a_{11}Y^4 + a_{12}X^3Y + a_{13}X^2Y^2 + a_{14}XY^3$	Четвертий	Квартова	5
$+a_{15}X^5 + a_{16}Y^5 + a_{17}X^4Y + a_{18}X^3Y^2 + a_{19}X^2Y^3 + a_{20}XY^4$	П'ятий	Квінт	6

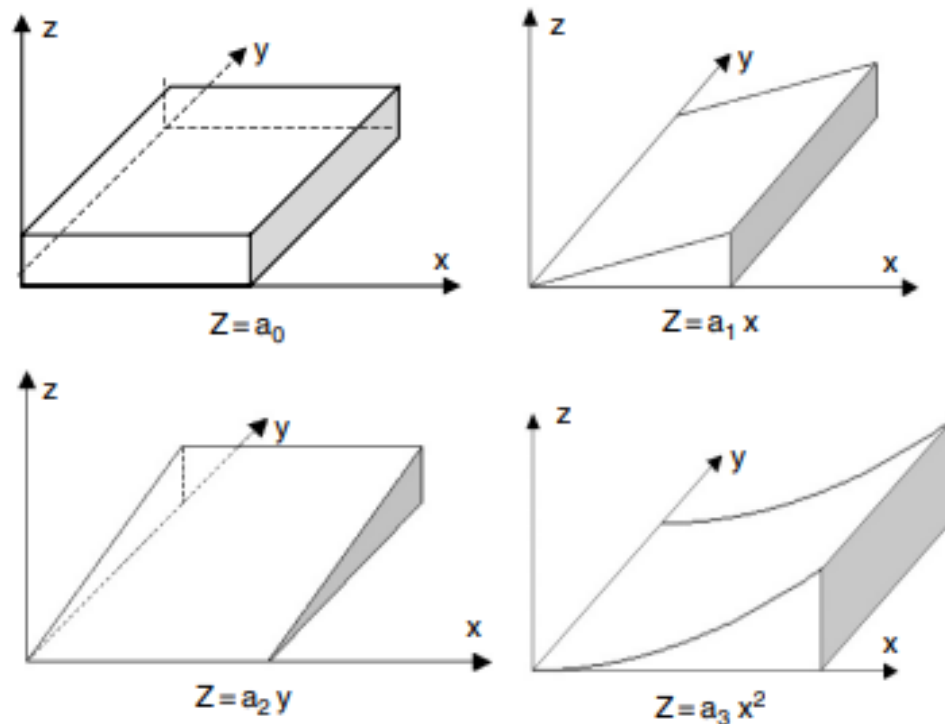


Рис. 2.4 Форми поверхні перших 4 доданків загальної поліноміальної функції.

Для генерування фактичної поверхні в конкретній програмі моделювання не потрібно (і на практиці це неможливо) використовувати всі доданки, властиві цій функції. На практиці використовується лише кілька ступенів, вибір яких визначається розробником і реалізатором системи. Лише в деяких випадках користувач може вибрати, які доданки у функції можуть бути найбільш підходящими для моделювання конкретної ділянки місцевості, про яку йдеться.

Підходи до моделювання поверхні можуть бути класифіковані на основі різних критеріїв, таких як базова геометрична одиниця, яка використовується для моделювання, тип вихідних даних, що використовуються для моделювання, тощо.

Для базової геометричної одиниці, яка використовується в моделюванні, можна виділити наступні підходи:

1. моделювання на основі точки;
2. моделювання на основі трикутника;
3. моделювання на основі сітки;
4. гібридний підхід, що поєднує будь-які два з трьох вищезазначених елементів.

У сучасних програмах моделювання на основі трикутників і сіток ширше використовуються і розглядаються як два основних підходи. Оскільки точкове моделювання не є практичним (і тому не використовується широко), а гібридне моделювання зазвичай перетворюється на підхід на основі трикутників, моделювання поверхні на основі сітки зазвичай використовується для обробки даних, що охоплюють рухомий рельєф на великій території. Але воно має меншу актуальність (або застосування) для переривчастої місцевості з крутими схилами, численними лініями розриву, різкими розривами місцевості тощо [22 , с.68].

За типом використаних вихідних даних моделювання можна розділити на два типи:

1. пряма побудова на основі вимірюваних даних
2. непряма побудова з похідних даних.

Поверхня ЦМР може бути побудована безпосередньо з (оригінальних) вихідних даних, наприклад, за допомогою квадратної сітки, за допомогою правильних трикутників або шляхом тріангуляції у випадку випадково розташованих даних. У випадку побудови поверхні ЦМР опосередковано з похідних даних, до вихідних даних застосовується інтерполяція, щоб

сформувати регулярну сітку, а потім поверхня відтворюється з даних сітки. Такий процес інтерполяції часто називають інтерполяцією випадковим чином.

Інтерполяція в цифровому моделюванні місцевості використовується для визначення значення висоти точки за допомогою відомих висот сусідніх точок. Інтерполяція є одним з основних методів цифрового моделювання місцевості, оскільки вона бере участь у різних етапах процесу моделювання, таких як контроль якості, реконструкція поверхні, оцінка точності, аналіз місцевості та застосування.

В сучасному ПЗ використовується глобальна інтерполяція [23], яка передбачає побудову єдиної складної тривимірної поверхні з повного набору даних вимірних точок, з яких можна отримати значення висоти всіх інших точок. Цей метод є унікальним та підійде для інтерполяції більшості площин максимально наближено до дійсності. До глобального типу відтворення поверхні шляхом інтерполяції належать лінійна інтерполяція.

При використанні *лінійної інтерполяції*, площину можна визначити трьома точками на ній, а трикутна грань є типовим прикладом такої поверхні. Математична функція площини така:

$$Z = a_0 + a_1x + a_2y \quad (2.4)$$

де a_0 , a_1 і a_2 — три коефіцієнти, а (x, y, z) — набір координат точки поверхні. Щоб обчислити ці три коефіцієнти, три опорні точки з відомими координатами, наприклад, $P_1(x_1, y_1, z_1)$, $P_2(x_2, y_2, z_2)$ і $P_3(x_3, y_3, z_3)$, необхідні для створення трьох рівнянь наступним чином:

$$\begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & x_1 & y_1 \\ 1 & x_2 & y_2 \\ 1 & x_3 & y_3 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} z_1 \\ z_2 \\ z_3 \end{bmatrix} \quad (2.5)$$

Після обчислення коефіцієнтів a_0 , a_1 і a_2 висоту z_i будь-якої точки «і» із заданим набором координат (x_i, y_i) можна отримати, підставивши (x_i, y_i) у рівняння (2.4).

2.4 Сучасні методи моделювання ЦМР

Чим більше доданків поліноміальної функції використовувати, тим складнішу поверхню можна побудувати. Перевірка перших трьох доданків (два першого порядку разом із доданками нульового порядку) показує, що вони утворюють плоску поверхню. Щоб визначити три коефіцієнти цього конкретного полінома, потрібно знати дані щонайменше трьох точок. Ці три точки можуть утворювати просторовий трикутник; тоді можна визначити та побудувати нахилену плоску поверхню.

Якщо поверхня, визначена кожним трикутником, використовується для представлення лише площі, охопленої трикутником, то вся поверхня ЦМР може бути утворена зв'язаною серією суміжних трикутників. Моделювання на основі цього підходу зазвичай називають моделюванням поверхні на основі трикутників. На малюнку 2.5(b) наведено приклад поверхонь, отриманих у результаті моделювання на основі трикутників.

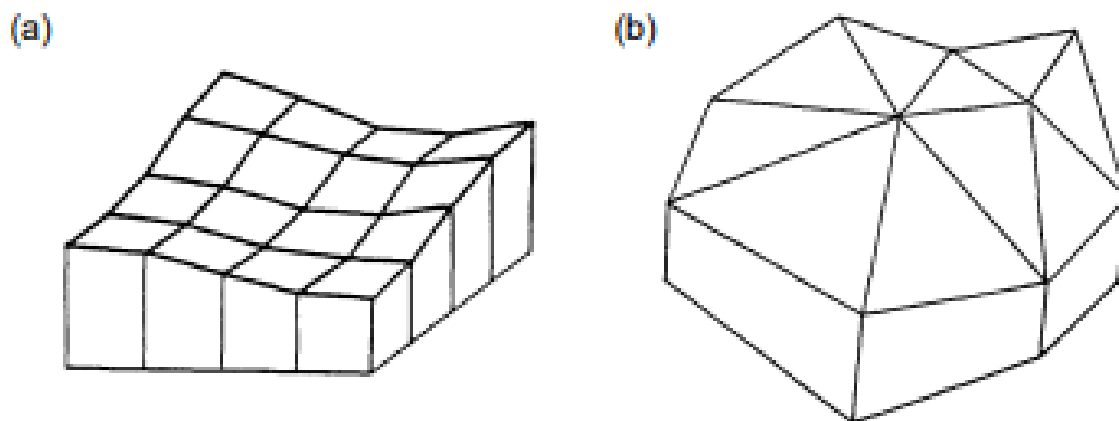


Рис. 2.5 Поверхні, отримані в результаті (а) сітки та (б) моделювання поверхні на основі трикутників

Трикутник можна розглядати як найосновнішу одиницю в усіх геометричних візерунках, оскільки правильну сітку квадратних або прямокутних клітин або будь-який багатокутник будь-якої форми можна розкласти на серію трикутників. Таким чином, моделювання поверхні на основі трикутників є підходом, який можливий з будь-яким шаблоном даних, незалежно від того, чи є він результатом взірцевої вибірки, композиційної вибірки, регулярної вибірки сітки, профілювання чи контуру. Оскільки трикутники мають велику гнучкість щодо їх форми та розміру, цей підхід може легко включати лінії розриву, лінії форми та інші дані. Тому підхід на основі трикутника приділяється все більше уваги в практиці моделювання місцевості і розглядається як основний підхід до моделювання поверхні місцевості.

Насправді, поліноми вищого порядку (зазвичай другого чи третього порядку) також можна використовувати для моделювання на основі трикутників для створення криволінійних граней. У цьому випадку пов'язана серія трикутників (наприклад, низка трикутників з центром в одній точці) є основною одиницею для підгонки поверхні.

Якщо для побудови поверхні використовуються перші три доданки разом із a_3XY загального полінома, то для формування поверхні необхідно мати дані щонайменше 4 точок. Отриману поверхню називають білінійною поверхнею. Теоретично можна використовувати чотирикутники будь-якої форми, наприклад паралелограми, прямокутники, квадрати або неправильні багатокутники. Однак з практичних міркувань, таких як результуюча структура даних і остаточне представлення поверхні, звичайна квадратна сітка є найбільш підходящим шаблоном. Як і у випадку моделювання поверхні на основі трикутників, результат буде складатися з серії суміжних дволінійних поверхонь (Малюнок 2.5а). Поліноми високого порядку також можна використовувати для генерації поверхні ЦМР (як показано на рисунку 2.6).

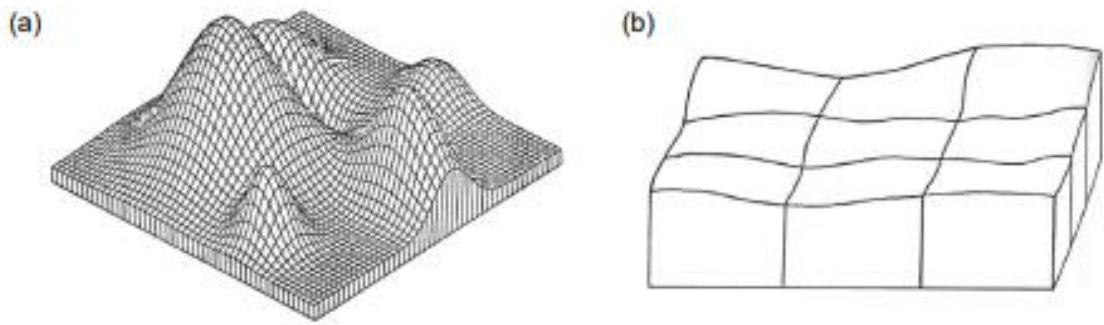


Рис. 2.6 Приклади гладких поверхонь: (а) глобальна (гладка) поверхня і (b) гладка поверхня, що містить серію регіональних поверхонь.

Однак непередбачувані коливання результуючої поверхні ЦМР можуть бути створені, якщо використовується занадто багато членів полінома, як правило, на великій площі. На практиці, щоб зменшити ризик цього, використовується обмежена кількість доданків — зазвичай лише доданки другого та третього порядку. Мінімальна кількість точок сітки, необхідна для побудови поверхні ЦМР, буде регулюватися кількістю використовуваних доданків, але в будь-якому випадку їх число буде більше чотирьох. У цьому випадку інші візерунки та геометричні фігури (див. рисунок 2.4), крім основного трикутника чи квадратної клітинки сітки, можуть бути використані для реконструкції поверхні. Тим не менш, через труднощі, які можуть виникнути при структуруванні та обробці даних, вихідні дані ЦМР, які рівномірно розподілені, як у випадку звичайної сітки та шаблонів рівностороннього трикутника, все ще є важливими.

Дані сітки мають багато переваг з точки зору обробки даних. Для цих цілей підходять дані сітки висот із звичайної сітки та прогресивної вибірки, особливо дані квадратної сітки. З цієї причини деякі програмні пакети ЦМР приймають лише дані в сітці. В цьому випадку, щоб переконатися, що вхідні дані мають форму сітки необхідно попередньо провести операцію обробки даних (інтерполяція випадкової сітки).

2.5 Особливості формування трикутної нерегулярної мережі

Щоб сформувати ТНМ, є два варіанти використання точок даних. Перший – розглянути всі дані, щоб сформувати загальну мережу. Це груповий (або статичний) підхід для триангуляції набору точок даних Делоне. Альтернатива — дозволити додавання або видалення точок під час процесу триангуляції. Це динамічний процес, тому його називають динамічною триангуляцією, оскільки модифікації структури можна вносити без реконструкції всієї мережі кожного разу.

Триангуляція частіше виконується динамічно, шляхом поступового додавання нових точок у мережу. Цей вид динамічної операції також називають інкрементальною триангуляцією. У літературі є багато алгоритмів інкрементальної триангуляції але найпростішим і найнадійнішим є алгоритм Бойера-Ватсона, який зазвичай називають простим інкрементним алгоритмом [24, 25].

Основна ідея полягає в тому, щоб почати з грубих трикутників, а потім послідовно додати точки в цю грубу триангуляційну мережу. Рисунок 2.7 ілюструє уточнення трикутників після додавання додаткових точок.

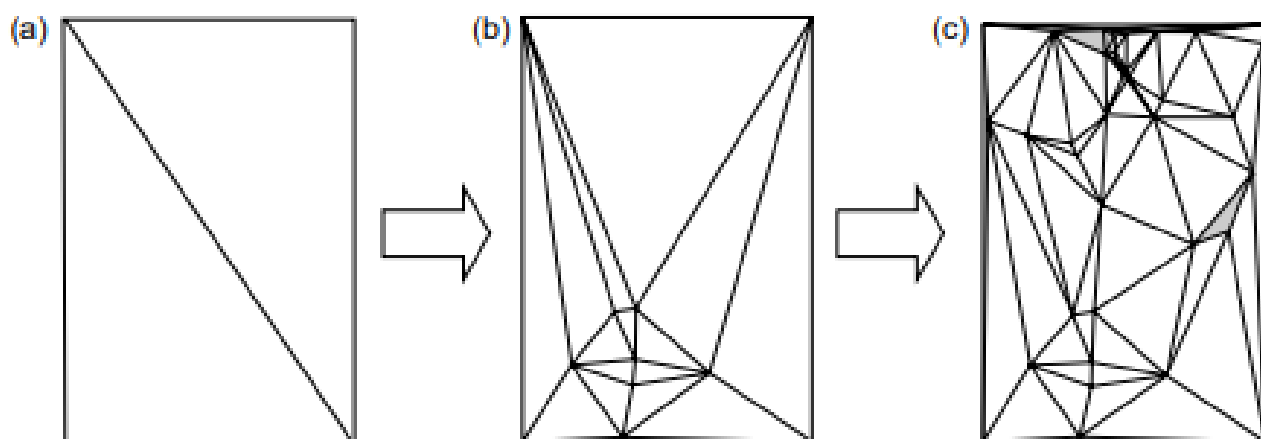


Рис. 2.7 Динамічна триангуляція Делоне шляхом вставки точок у початкові грубі трикутники

Точність вихідної поверхні ЦМР можна значно покращити якщо під час збору даних виміряти всі специфічні точки та лінії перелому місцевості. Такими

можуть бути, наприклад, лінії хребта – це зв’язані лінії локальних максимумів (точок), а лінії яру – локальні мінімуми. Ці лінії настільки особливі, що вони не повинні бути порушені жодними ребрами трикутників. На рисунку 2.8 показано наслідок розриву лінії яру ребром трикутника.

Іншими словами, на ці лінії слід приділяти особливу увагу в процесі триангуляції. Є два можливих рішення, перше і найпростіше - зробити точки на цих прямих дуже щільними, щоб лінії, не були розірвані ребрами трикутника, навіть якщо вони розглядаються як звичайні точки. У цьому методі критичним етапом є процес ущільнення точок, який фактично перетворює пов’язані характерні лінії в звичайні точки даних. Досвід показує, що інтервал між точками

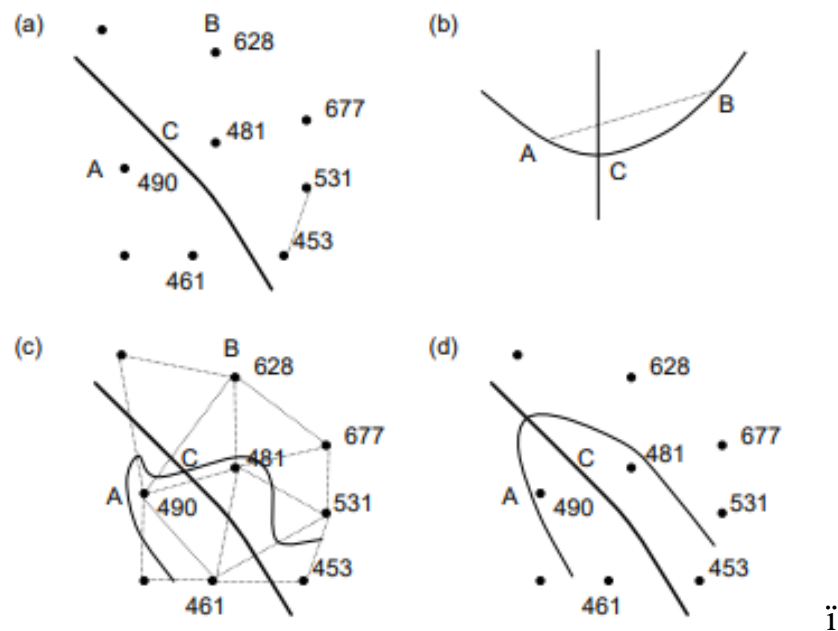


Рис. 2.8 Наслідок триангуляції без урахування ліній рельєфу: (а) набір даних із лінією яру; (b) можливий профіль через АСВ; (с) триангуляція без урахування яру; та (d) контурування після розгляду яру

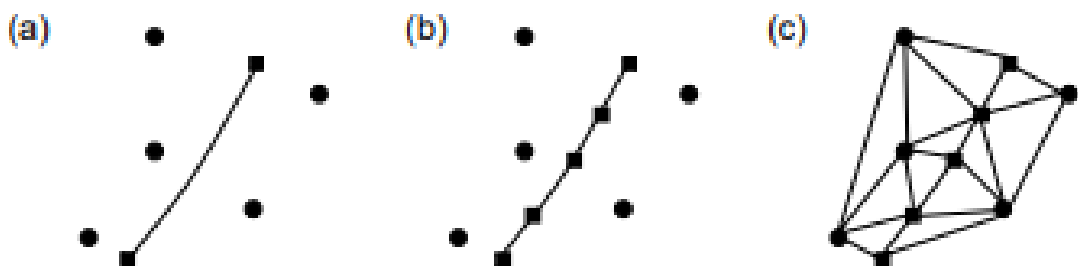


Рис. 2.9. Ущільнення точок на характерних лініях для триангуляції: (а) дані з характерною лінією; (b) точкове ущільнення; і (с) результат триангуляції.

вздовж характерних ліній має бути рівним або коротшим за половину середніх інтервалів точок, обчислених з усього набору даних. Цей метод може дуже добре задовольнити потребу у звичайних умовах із простотою, стабільністю та надійністю, хоча обсяг даних збільшується, а вихідний набір даних змінюється шляхом ущільнення. Малюнок 2.9 ілюструє цей спосіб.

Контурні лінії — це особливий тип характерних ліній. Для формування триангуляції з даних контуру можна використовувати три підходи:

1. розглядати контурні лінії як випадкові точки та застосовувати триангуляцію Делоне для формування мережі триангуляції;
2. розглядати всі контурні лінії як лінії обмеження;
3. компроміс між двома наведеними вище підходами.

У першому підході можуть виникнути деякі небажані ефекти, оскільки цей алгоритм обробляє кожен точку даних окремо, наприклад, три вершини трикутника, взяті з однієї контурної лінії (що веде до так званих плоских трикутників), і деякі ребра трикутника, що перетинають контурні лінії (рисунки 2.10).

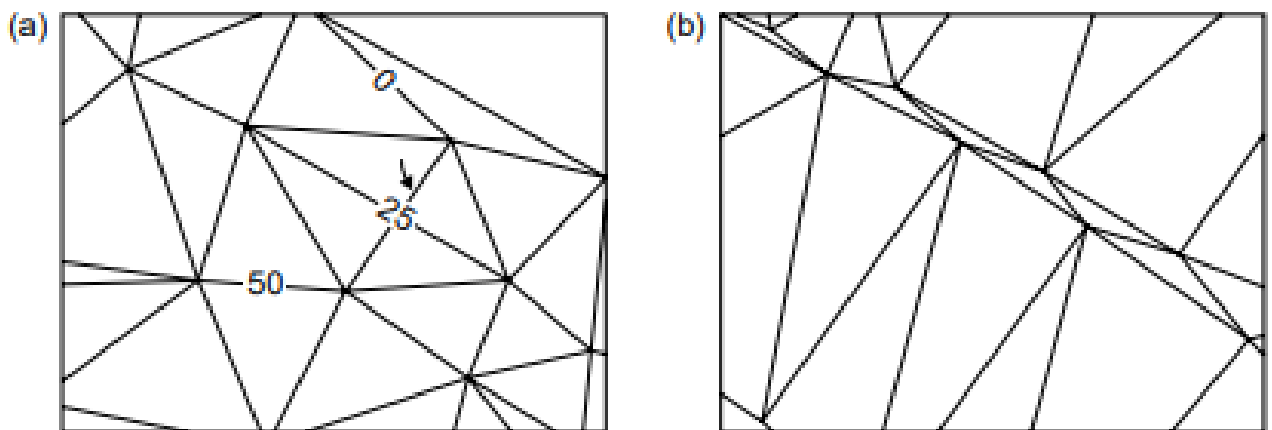


Рис. 2.10 Необґрунтовані приклади генерування трикутників з контурної лінії:

- (а) ребро трикутника, що перетинає 25-метрову лінію контуру, і (б) три вершини трикутника, взяті з однієї контурної лінії

Тому цей підхід використовується рідко. З іншого боку, якщо всі контурні лінії розглядаються як обмеження, то обчислення, що беруть участь, є більш важкими. Компроміс полягає в тому, щоб додати більше точок, щоб уникнути цих двох проблем, пов'язаних з першим підходом, тобто отримати структурні лінії, а потім використовувати ці точки для триангуляції.

Детальний опис процесу створення ЦМР у підрозділі 3.4 цієї роботи.

Висновки до розділу 2

У цьому розділі було висвітлено особливості та головні аспекти цифрового моделювання. Було проведено аналіз взаємозв'язків ЦМР з іншими дисциплінами та шляхи застосування цифрової моделі рельєфу.

Також було проаналізовано та порівняно різні джерела вихідних даних. Серед яких найточнішими виявилися традиційні методи знімання, в той час, коли методи ДЗЗ пропонують гіршу точність втім компенсують це більшою площею покриття.

Дослідження принципів моделювання розкрило сутність формування цифрової моделі рельєфу, яку використовують сучасні програмні комплекси. Таким чином, стало відомо що найзручнішим методом для відтворення поверхні місцевості у вигляді ЦМР є моделювання на основі трикутників із використанням лінійної триангуляції та урахуванням структурних (контурних) ліній рельєфу.

РОЗДІЛ 3. ЕТАПИ СТВОРЕННЯ ЦМР ПРИ ВИКОРИСТАННІ КОМПЛЕКСУ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ «CREDO»

3.1 Обробка результатів топографо-геодезичних вишукувань

Щоб отримати дані знімальної основи спочатку необхідно провести обробку вимірів та врівноваження геодезичної мережі.

КРЕДО ДАТ дозволяє виконати камеральну обробку традиційних геодезичних вимірювань та результатів постобробки супутникових вимірювань різних класів точності у вибраній системі координат (СК) з можливістю врахування моделі геоїду та комплексу редуційних поправок. Крім того, в системі виконуються різноманітні геодезичні побудови.

У програмі забезпечується імпорт даних з електронних тахеометрів, цифрових нівелірів (рис 3.1), виконується суворе зрівняння наземних та супутникових вимірів, можливе проектування по растровій підкладці, реалізований розвинений інструмент аналізу та пошуку грубих помилок планових та висотних вимірів.

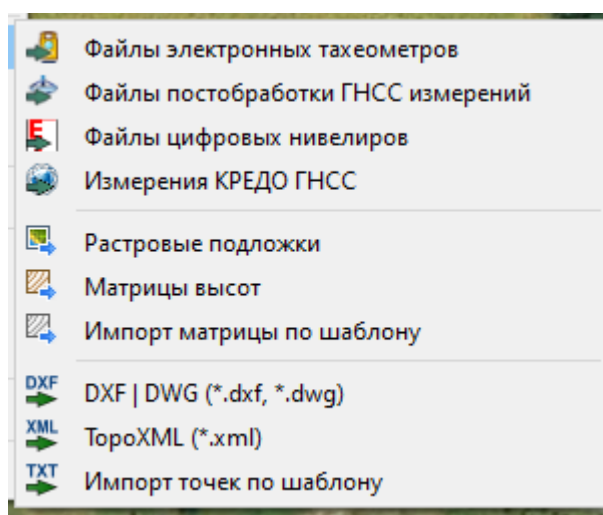


Рис. 3.1 Можливості імпорту даних

Система призначена для автоматизації камеральної обробки наземних та результатів постобробки супутникових геодезичних вимірів.

Слід зазначити такі переваги роботи у системі:

- Відсутність обмежень на обсяг інформації, що обробляється, на форми і методи оброблюваних геодезичних мереж.
- Імпорт даних з електронних тахеометрів та цифрових нівелірів, а також імпорт даних через послідовний порт безпосередньо з електронних тахеометрів.
- Спільна обробка вимірювань, виконаних різними методами та з різною точністю.
- Зрівняння результатів постобробки супутникових вимірювань з поділом векторів на планову та висотну складову.
- Спільне зрівнювання даних супутникових та традиційних геодезичних вимірів.
- Розвинений апарат пошуку та виділення грубих помилок вимірювань.
- Режим проектування планових та висотних мереж, підбір необхідної точності вимірювань.
- Доступне завантаження, прив'язка та трансформація растрових зображень.
- Можливості адаптації вихідних документів під стандарти підприємства, національні стандарти та мови.
- Розширена система налаштування та обробки даних польового кодування.

В системі виконується обробка матеріалів тахеометричної зйомки з формуванням точкових, лінійних та площадних топографічних об'єктів та їх атрибутів за даними польового кодування.

Після введення вихідних даних та імпорту вимірювань ПЗ автоматично розпізнає та розділяє дані за типами вимірювань, формує зв'язки мережі. У системі виконується попередня обробка вимірювань, розраховуються та враховуються необхідні поправки та редукції, розраховуються попередні координати пунктів. При виконанні багаторазових повторних вимірів (прийомів) у системі є можливість виконати оцінку точності кутових вимірів у прийомі та на станції. При необхідності система дозволяє виявити, локалізувати і

нейтралізувати грубі помилки в координатах і висотах вихідних пунктів, лінійних, кутових вимірах та нівелюванні з використанням кількох методик, що доповнюють один одного, в тому числі аналізом СКП одиниці ваги, автоматично (Lp–метрика), у діалоговому режимі та автоматичному (трасування), методом послідовного відключення.

Передбачено використання власної системи польового кодування (рис. 3.2) топографічних об'єктів. Під час зйомки, крім даних вимірювань, фіксуються коди точок та умови з'єднання ліній. Таким чином, ведеться «електронний абрис» зйомки, фіксуються топографічні об'єкти, запроваджуються їх семантичні властивості.



Рис. 3.2 Приклад польового кодування

Система КРЕДО ДАТ дозволяє виконати спільне або роздільне вирівнювання векторів супутникових вимірювань та традиційних вимірювань у лінійно-кутових та висотних геодезичних мережах різних форм, класів та методів (комбінації методів) створення. Вирівнювання виконується параметричним способом за методом найменших квадратів.

У системі забезпечено можливість проводити спільне зрівнювання вимірювань різних класів точності та різних методик з отриманням розгорнутої оцінки точності, що включає статистичні оцінки, еліпси помилок (рис.3.3), СКО ліній та дирекційних кутів сторін планового обґрунтування.



Рис 3.3 Еліпси похибок: а) планової основи, б) висотної основи

Підсумком роботи в системі КРЕДО ДАТ є:

- проекти КРЕДО ДАТ (GDS, GDS4, GDS5), що містять результати обробки, які без додаткових налаштувань можуть бути імпортовані до інших систем КРЕДО;

➤ відомості та каталоги відповідного виду (рис. 3.4, Додаток А, Б), при цьому можна задати параметри вихідних документів згідно з національними стандартами або стандартами підприємства з налаштуванням на будь-які мови та шрифти, використовуючи Редактор шаблонів;

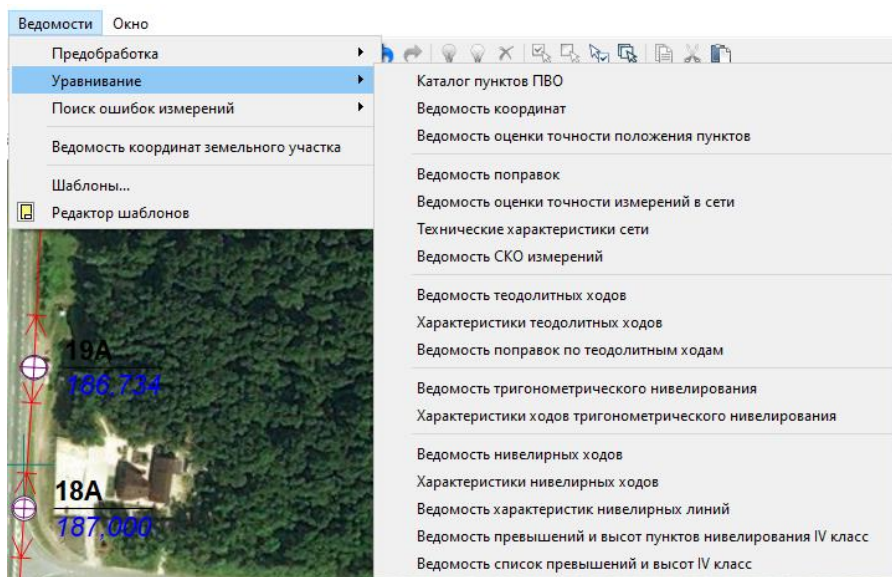


Рис. 3.4 Приклад різних варіантів відомостей

➤ файли для експорту в поширені формати: DXF/DWG (AutoCAD), MIF/MID (MapInfo), CDX (НИВЕЛІР, ТРАНСКАР), текстові формати, що настраюються користувачем. Крім того, можливий експорт даних через послідовний порт безпосередньо в електронні тахеометри.

Після етапу обробки польових вимірів переходять до створення цифрового топографічного плану, або цифрової моделі ситуації (ЦМС).

3.2 Створення ортофотоплану за даними зйомки БПЛА

Як додаткове джерело інформації та для наглядності ситуації в процесі створення ЦММ (підрозділ 3.3) використовуються ортофотоплани. Для створення ортофотоплану зручно використовувати функціонал професійного програмного забезпечення «Agisoft Metashape Professional».

У програмі Agisoft Metashape реалізовано сучасну технологію створення тривимірних моделей високої якості на основі цифрових фотографій.

Основні завдання, які вирішують користувачі за допомогою програми Metashape - відновлення 3D поверхні, побудова ортофотоплану і ЦММ. Робота з проектом здійснюється у чотири етапи:

1. Визначення параметрів зовнішнього та внутрішнього орієнтування камер. На першому етапі Metashape знаходить загальні точки фотографій і по них визначає всі параметри камер: положення, орієнтацію, внутрішню геометрію (фокусна відстань, параметри дисторсії тощо). Результатами є розріджена хмара загальних точок у 3D просторі моделі та дані про положення та орієнтацію камер. Metashape розріджена хмара точок не використовується на подальших стадіях обробки (крім режиму побудови моделі на основі розрідженої хмари точок) і служить тільки для візуальної оцінки якості вирівнювання фотографій. Розріджена хмара точок може бути експортована для подальшого використання у зовнішніх програмах. Дані про положення та орієнтацію камер використовують на подальших стадіях обробки.

2. Побудова щільної хмари точок. На другому етапі виконується побудова щільної хмари точок на підставі положень камер, розрахованих на першому етапі обробки, і фотографій, що використовуються. Перед переходом на наступний етап створення 3D моделі або перед експортом моделі щільна хмара точок може бути відредагована і класифікована.

3. На третьому етапі будується тривимірна поверхня: полігональна модель та/або карта висот. Тривимірна полігональна модель визначає форму об'єкта на підставі щільної хмари точок. Також можлива швидка побудова моделі на підставі лише розрідженої хмари точок. Оскільки полігональна модель часто буває зайвою, Metashape дозволяє відразу перейти до побудови карти висот, відмовившись від побудови полігональної моделі. Користувач може вибрати проекцію для побудови карти висот із наступних варіантів: географічна, циліндрична та проекція на площину. Крім того, Metashape дозволяє вказати класи точок, для яких будуватиметься карта висот (якщо щільна хмара була класифікована на попередньому етапі).

4. На фінальному етапі доступна побудова текстури для полігональної моделі (якщо вона була побудована), а також побудова ортофотоплану. Ортофотоплан проектується на поверхню, вказану користувачем, це може бути карта висот або полігональна модель.

Обробка зображень отриманих за допомогою БПЛА в ПЗ Metashape включає такі основні кроки:

1. завантаження фотографій;
2. огляд завантажених зображень та видалення непотрібних кадрів;
3. вирівнювання фотографій;
4. побудова щільної хмари точок;
5. будівництво цифрової моделі висот;
6. побудова ортофотоплану;
7. експорт результатів.

Для завантаження набору фотографій користуються викликом меню Обробка=> Додати фотографії (рис. 3.5). Metashape підтримує такі формати фотографій: JPEG, TIFF, DNG, PNG, OpenEXR, BMP, TARGA, PPM, PGM, SEQ, ARA (теплові зображення) та JPEG Multi-Picture Format (MPO).

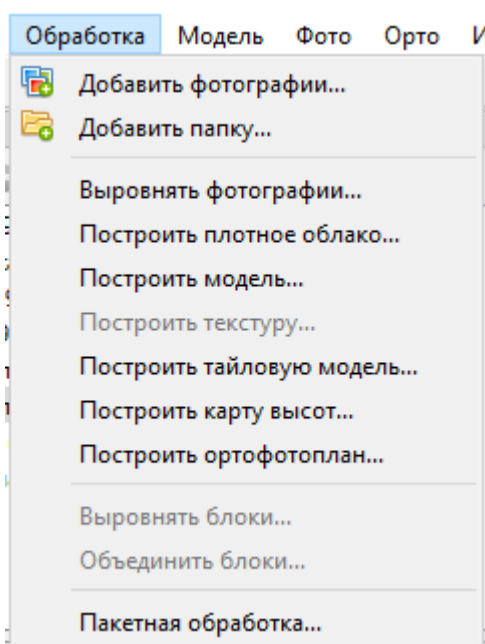


Рис. 3.5 Вигляд вікна функціонального меню «Обробка»

Після того, як фотографії були завантажені, необхідно визначити положення та орієнтацію камери для кожного кадру та побудувати розріджену хмару точок. Ці операції виконуються на етапі вирівнювання. Для вирівнювання набору фотографій використовують пункт Вирівняти фотографії в контекстному меню Обробки (рис. 3.5). Після закінчення процедури вирівнювання у вікні програми будуть доступні для перегляду положення камер та розріджена хмара точок (рис. 3.6).

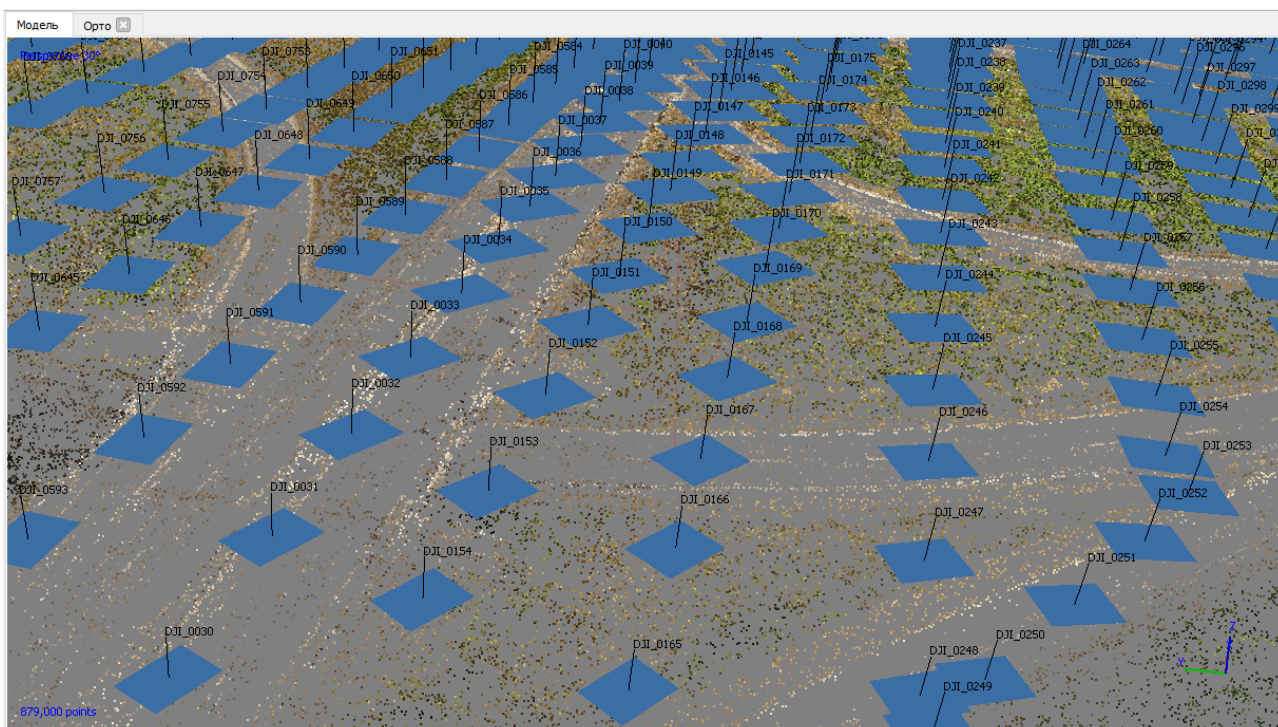


Рис .3.6 Вигляд розрідженої хмари з відображенням положення камер після виконання вирівнювання

Metashape дозволяє створювати та відображати щільну хмару точок. На основі розрахованих положень камер програма обчислює карти глибини для кожної камери і на їх основі будує щільну хмару точок. ПЗ зазвичай генерує дуже щільні хмари точок: такі ж щільні (якщо не щільніше) як хмари точок LIDAR. Щільна хмара точок може бути відредагована та класифікована, а також використана для побудови полігональної моделі, карти висот або тайлової моделі. Нарешті, щільна хмара може бути експортована для подальшого аналізу до інших додатків Для побудови щільної хмари точок користуються викликом

меню Обробка=> Побудувати щільну хмару (рис. 3.5). Результат процесу побудови зображено на малюнку 3.7.

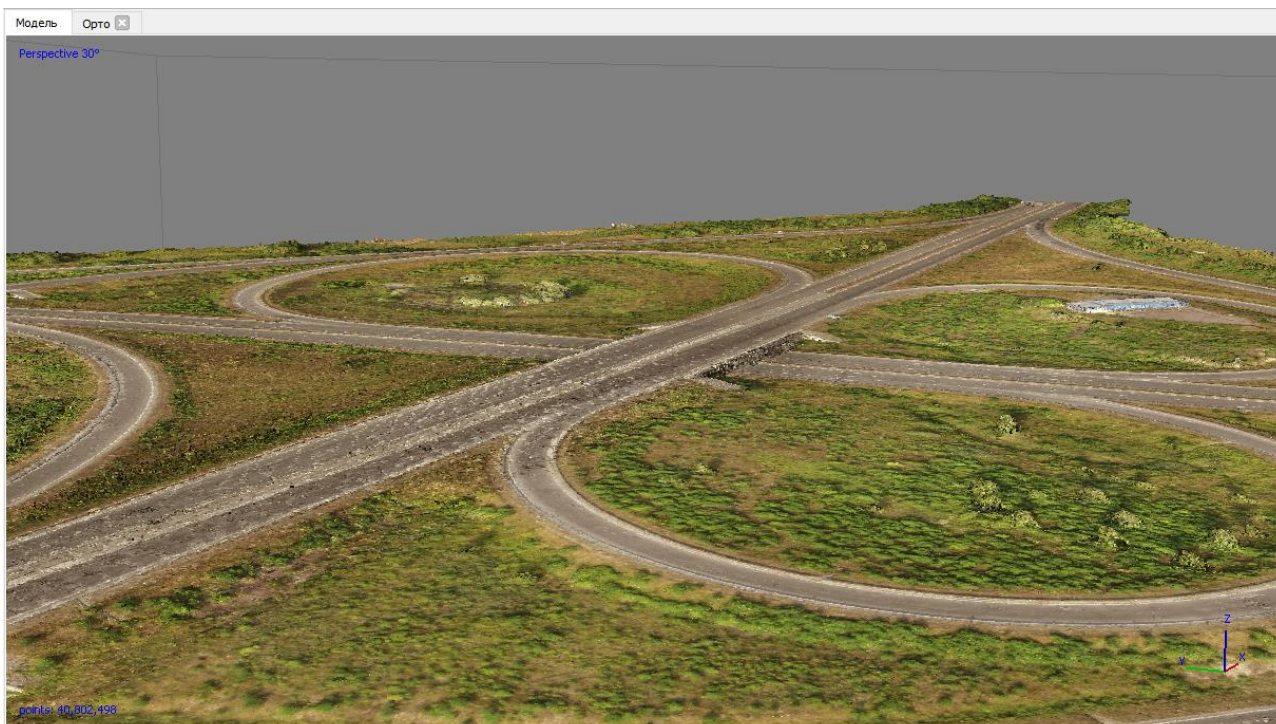


Рис. 3.7 Результат створення щільної хмари точок

Побудова карти висот Metashape дозволяє відобразити модель поверхні у вигляді регулярної сітки значень висоти, тобто створювати карту висот (ЦМВ). Карта висот може бути розрахована на підставі щільної хмари точок, що дозволяє отримати найточніші результати, а також на підставі розрідженої хмари точок або полігональної моделі. На карті висот Metashape дозволяє виконувати вимірювання координат точок, відстаней, площ та об'ємів, а також відобразити профілі розрізів по заданій трасі. Нарешті, можливе створення контурних ліній та відображення їх на карті висот або ортофотоплані у вкладці Орто.

Для побудови карти висот потрібно вибрати команду Побудувати карту висот, меню Обробка (рис. 3.5). У діалоговому вікні потрібно задати систему координат для карти висот. Для побудови Цифрової моделі рельєфу (ЦМР) необхідно попередньо класифікувати щільну хмару точок і виділити щонайменше два класи: точки землі та решту. Для цього потрібно задати

значення Земля для параметра Класи точок у діалоговому вікні Побудувати карту висот. Результат побудови карти висот зображено на малюнку 3.8.

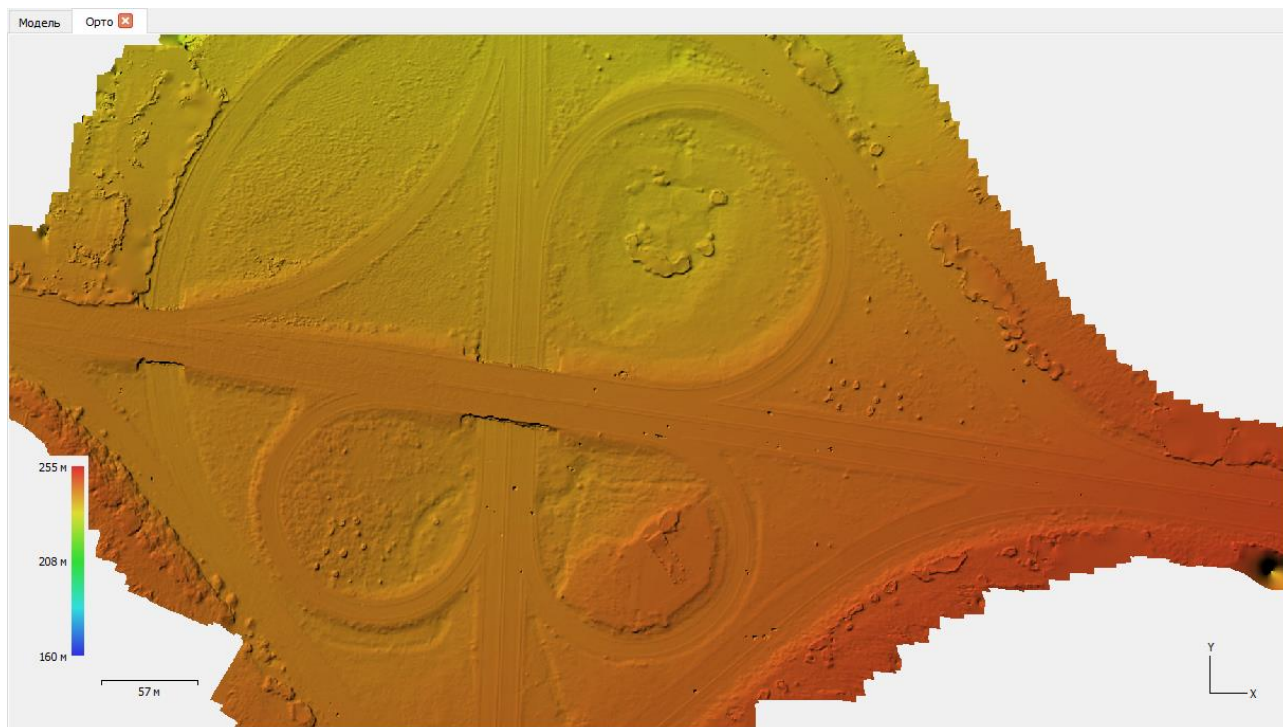


Рис. 3.8. Результат створення карти висот

Ортофотоплан будується на основі вихідних знімків, що дозволяє створювати результуюче зображення високої роздільної здатності об'єкта вишукувань. Процедура побудови Ортофотоплану доступна тільки в проекті де побудована полігональна модель або карта висот. Для побудови ортофотоплану користуються командою Побудувати ортофотоплан меню Обробка (рис. 3.5).

Metashape підтримує можливість експорту результатів, а саме, розріджених або щільних хмар точок, калібрування даних камер, полігональних моделей. Додатково можуть бути згенеровані ортофотоплани та карти висот (ЦММ та ЦМР).

Хмара точок та розраховані значення калібрування камер можуть бути експортовані відразу ж після завершення вирівнювання фотографій. Інші можливості експорту стають доступними після завершення відповідних етапів обробки. Приклад результату процесу створення ортофотоплану відображено в Додатку В.

3.3. Креслення топографічного плану місцевості

Програма КРЕДО ТОПОПЛАН призначена для створення цифрової моделі місцевості інженерного призначення, підготовки та випуску на друк креслень планшетів та топографічних планів.

Робота в ПЗ ТОПОПЛАН розпочинається з імпорту вихідних даних. Ними можуть бути:

- Проекти, виконані у системах на платформі КРЕДО III;
- Текстові файли з інформацією щодо точок типу XYZ (TXT, CSV);
- Точки лазерного сканування формату LAS, TXT, CPC;
- Файли формату DXF та DWG версій AutoCAD 14, 2000, 2004;
- Файли форматів MIF/MID (дані системи MapInfo);
- Файли форматів TXF/SXF (дані системи Панорама);
- Файли форматів SHP/DBF (дані системи ArcGIS);
- Файли формату Industry Foundation Classes (IFC).
- Файли формату XML (кадастрові виписки, кадастрові плани територій та ін.).
- Файли форматів TorexXML и CredoXML.
- Файли форматів Land
- Веб-карти ресурсів Google Maps, Bing з можливістю імпорту ресурсів із SAS.Планета.
- Чорно-білі та кольорові растрові файли карт, планів, аерофотознімків форматів CRF, BMP, TIFF, JPEG и PNG, а також файли формату TMD, підготовлені в форматі КРЕДО ТРАНСФОРМ 3.14.2.
- Файли, сформовані в програмах КРЕДО ДАТ, КРЕДО ТРАНСФОРМ, КРЕДО ГНСС, КРЕДО 3D СКАН, КРЕДО ВЕКТОРИЗАТОР, КРЕДО ТРАНСКОР, КРЕДО НИВЕЛИР, КРЕДО РАСЧЕТ ДЕФОРМАЦІЙ (GDS, TMD, GNSS, LSC, CVD, СТР, NIV, DFS).

- Дані в форматах CREDO_TER (КРЕДО ТЕР) 2002, CREDO_PRO, CREDO_MIX (КРЕДО МИКС) 2002, CREDO_GEO (КРЕДО ГЕО) 2002.

- Растрові файли форматів BMP, PNG для створення текстур.
- Файли форматів GPX, KML, KMZ, OSM.
- Трьохвимірні об'єкти форматів OBJ, 3DS для створення 3D-моделей.
- Данні SRTM (англ. Shuttle Radar Topography Mission).

Після імпорту даних переходять до процесу створення цифрової моделі ситуації (ЦМС). Цифрова модель ситуації (ЦМС) у системі ТОПОПЛАН – це цифрове уявлення топографічних об'єктів місцевості. Воно включає геометричний опис об'єктів, їх відображення умовними знаками та набір семантичних характеристик, склад яких заданий у класифікаторі.

Формування елементів цифрової моделі ситуації виконується з тематичних об'єктів (ТО), що входять до складу класифікатора (рис. 3.9).

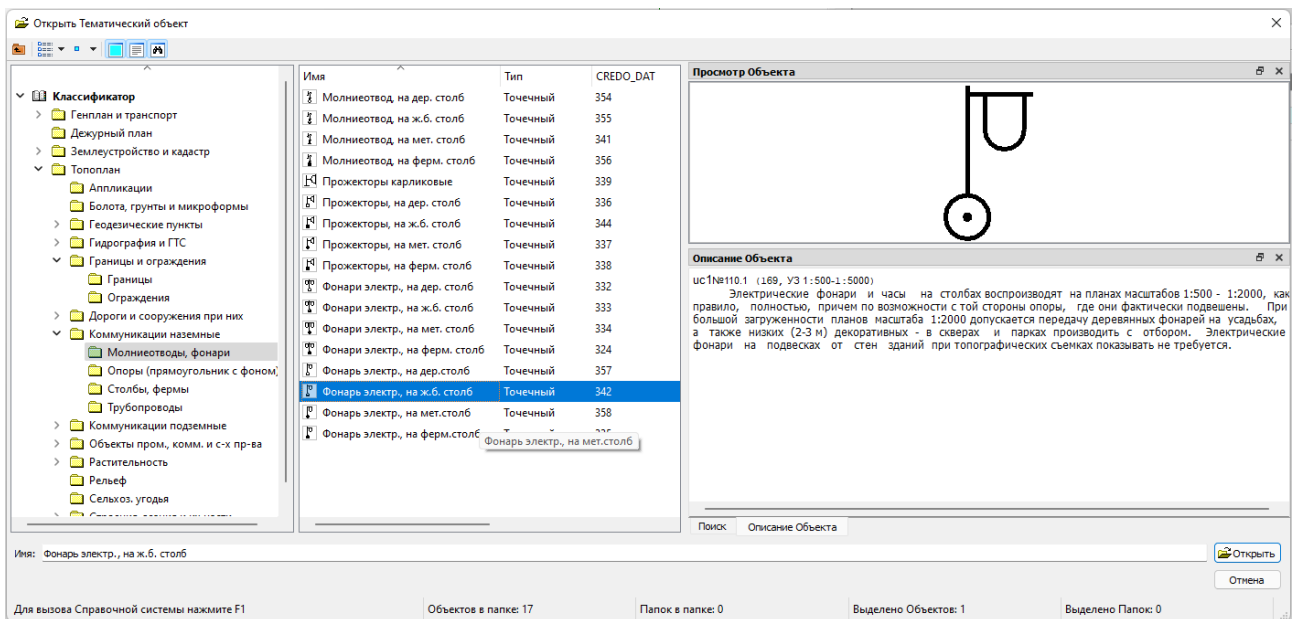


Рис. 3.9 Вікно класифікатору

У системах CREDO III тематичні об'єкти поділяються на точкові (ТТО), площадні (ПТО) та лінійні (ЛТО). Семантична інформація щодо ТТО, ПТО та ЛТО може відображатися у моделі у вигляді підпису тематичного об'єкта.

Створення ЦМС за матеріалами польової топографічної зйомки у випадку включає:

- Визначення положення точок об'єктів (пікетів) у потрібній системі координат. Виконується зовнішніми програмами, наприклад, КРЕДО ДАТ під час обробки зйомки.

- Нанесення пікетів на план; виконується при імпорті даних, введенні даних з клавіатури або в процесі оцифрування растру.

- Побудова геометрії тематичного об'єкта по лінії або контуру, прив'язка точкових ТО. Виконується командами меню Побудови. Одночасно з побудовою геометрії призначається відповідний об'єкт класифікатора та визначається семантика. Якщо для вибраного об'єкта в класифікаторі передбачено підпис, то він буде створений разом з об'єктом. За потреби визначається висотне положення об'єкта: для ТТО задається позначка, для ЛТО – поздовжній профіль.

- Крім того, для кожного тематичного об'єкта можна створити кілька «підтипів» об'єктів, так званих «моделей об'єкта». Умовне позначення у вікні плану та набір семантичних властивостей у основного об'єкта та його моделей будуть однаковими, однак відображення об'єкта у вікні 3D-модель (вигляд параметричного об'єкта, його розміри, текстура і т.д.) і самі значення семантичних властивостей можуть бути різними.

Можна виділити дві основні команди одночасної побудови різного типу об'єктів (у тому числі і тематичних) у графічній області плану: об'єкти по лінії та об'єкти по контуру (меню побудови)(рис. 3.10).

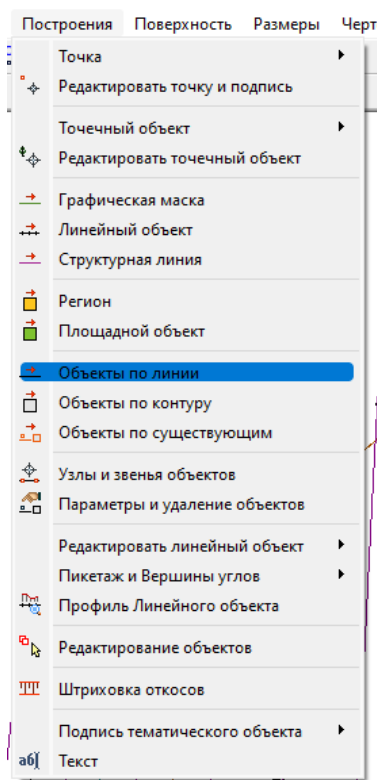


Рис. 3.10 Видяг меню побудови

Створюючи об'єкти за контуром, можна одночасно створити всі типи масок по лінії заданої геометрії, точки та ТТО у вузлах лінії, площадні об'єкти (регіони та ПТО) у замкнутих контурах (рис. 3.11). А створюючи об'єкти по лінії (маски всіх типів), можна також отримати точки та ТТО у всіх вузлах лінії, на перетинах, знесенням на лінію точок та ТТО з коридору зазначеної ширини і, додатково, з кроком або апроксимацією лінії.

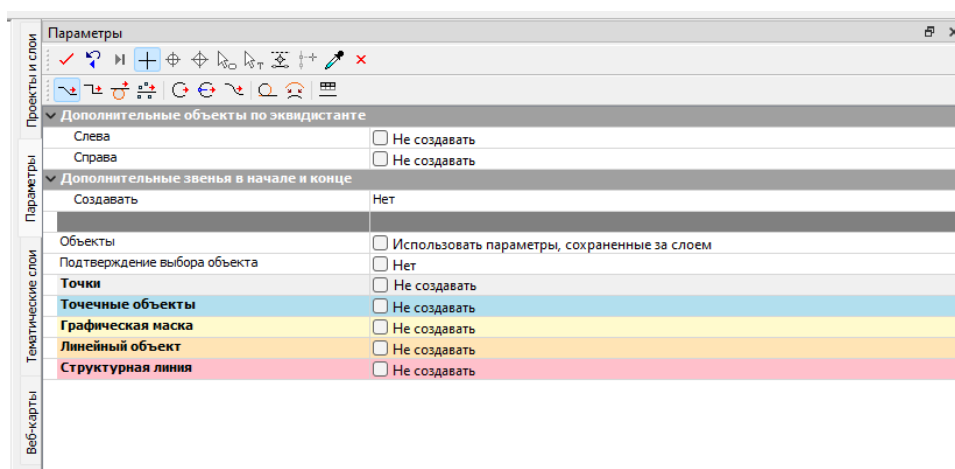


Рис. 3.11 Параметры побудови об'єктів по лінії

Точкові тематичні об'єкти створюються командами меню Побудови/Точковий об'єкт (рис. 3.12).

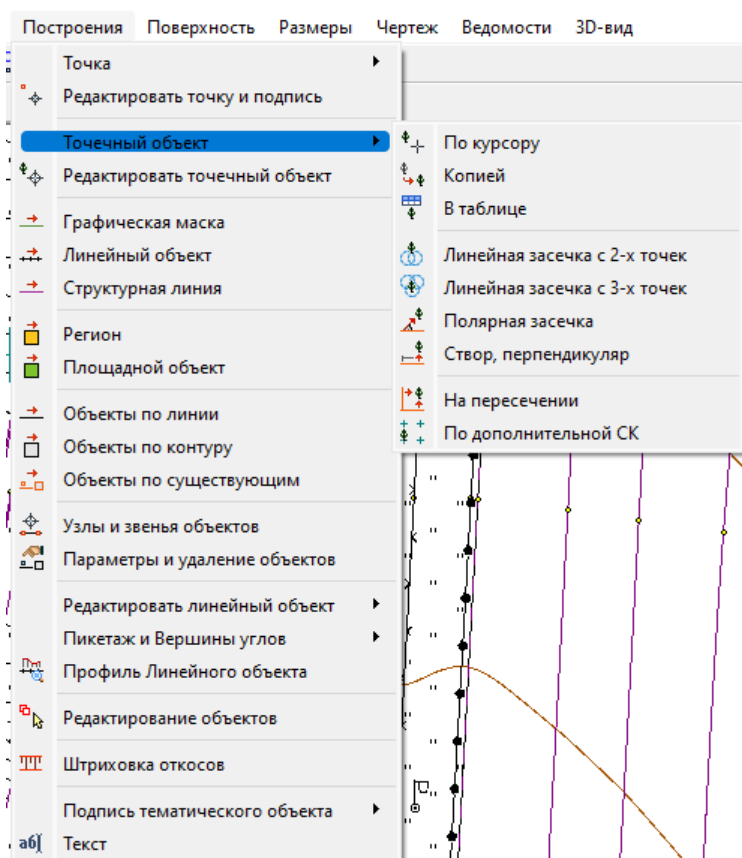








Рис. 3.12 Команди побудови ТТО

Також для виправлення помилок та редагування об'єктів представлені такі функції (рис. 3.13) як:

- Параметри об'єкта  ;
- Розділити маски  ;
- Стерти сегмент  ;
- Об'єднати маски  ;
- Перемістити початок та кінець маски  ;
- Видалити об'єкт  .

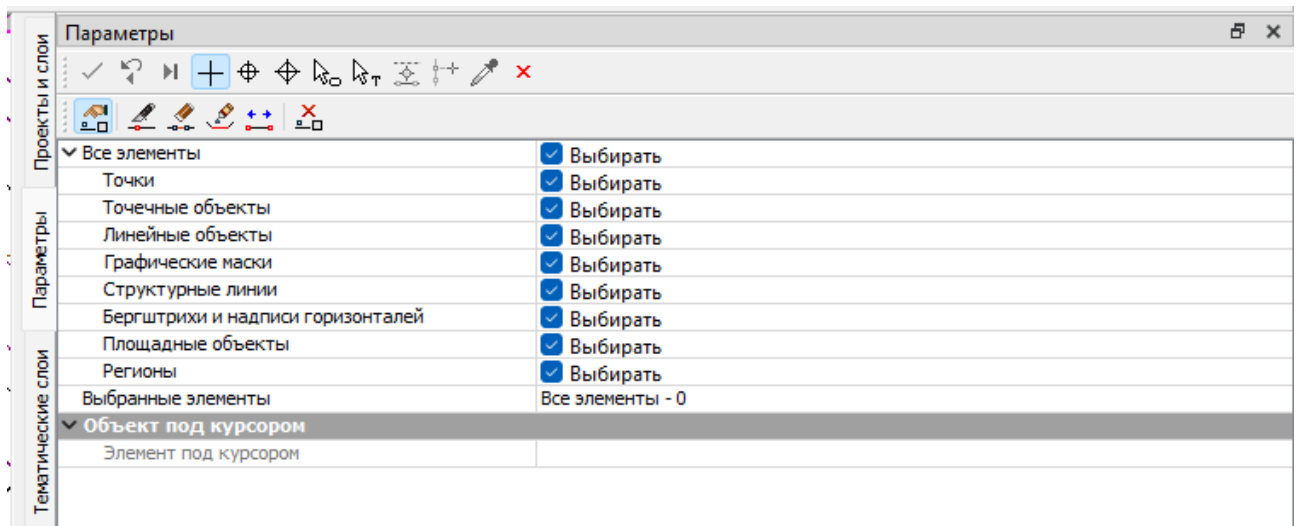


Рис. 3.13 Вигляд меню «Параметри та видалення об'єктів»

В Додатку Г зображено ЦМС в результаті обробки наземних вишукувань. Після створення ЦМС переходять до побудови цифрової моделі рельєфу.

3.4 Створення цифрової моделі рельєфу

У системах CREDO III цифрова модель рельєфу є впорядкованою безліччю трикутних граней, побудоване за алгоритмом Делоне. Вершинами трикутних граней є рельєфні точки координат XYZ. Вони з'єднані ребрами триангуляції (рис. 3.14).

Для моделювання характерних ділянок існуючого рельєфу та проектних поверхонь (тальвегів, вододілів, річок, доріг, каналів, ділянок планування території тощо) призначені структурні лінії.

Структурні лінії забезпечують достовірність та точність моделей поверхонь. Структурна лінія є тривимірною лінією, яка має профіль для визначення її висотного положення.

Досить часто єдиного профілю недостатньо для відображення геометричних властивостей об'єкта або земної поверхні. Такі ситуації виникають при необхідності відображати вертикальні або майже вертикальні поверхні: обриви, підпірні стінки, кромки проїжджої частини, обмежені бордюрами, і т.п.

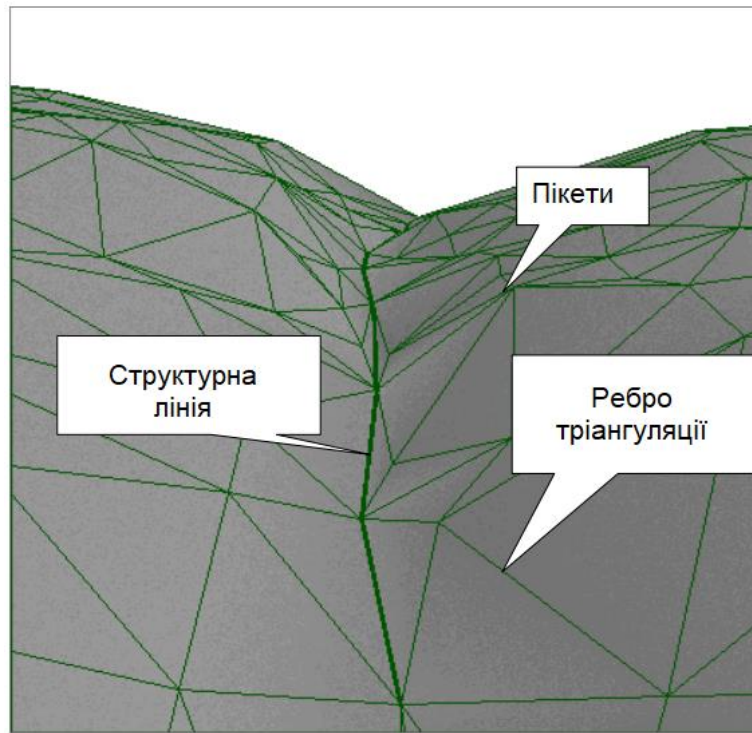


Рис. 3.14 Вигляд поверхні ЦМР

При побудові цифрової моделі поверхні в таких виникає невизначеність, яка вирішується шляхом використання структурних ліній з подвійним профілем. Один із цих профілів – верхній (наприклад, по верхній кромці підірної стінки або бордюру) та інший – нижній (наприклад, по лінії перетину вертикальної поверхні тієї ж стінки або бордюру з покриттям дороги) визначають поверхню вертикальної ділянки.

Процес побудови СЛ можна умовно поділити на два етапи. У першому етапі визначається планова геометрія структурної лінії (вказуються існуючі полілінії чи примітиви чи створюються нові елементи), у другому етапі визначається висотне положення СЛ.

Після завершення інтерактивної побудови відкривається вікно параметрів СЛ (рис. 3.15), в якому слід визначити спосіб створення першого профілю, призначити, при необхідності, другий профіль, а також встановити налаштування на перебудову поверхні вздовж структурної лінії.

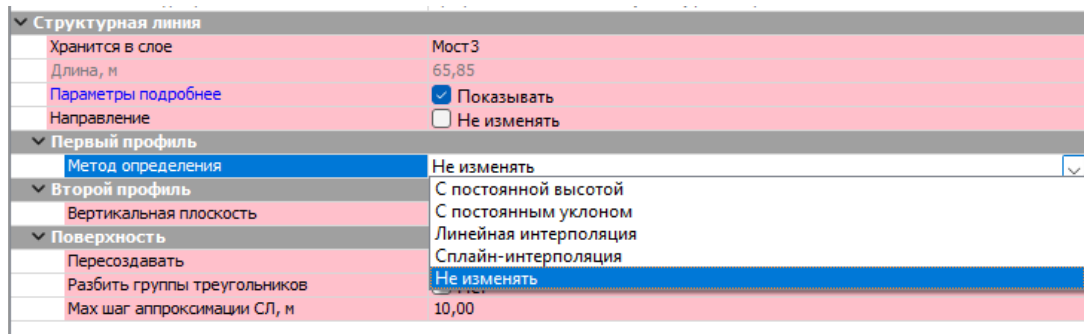


Рис. 3.15 Вікно параметрів структурної лінії

Загалом можна рекомендувати таку послідовність дій під час створення поверхні:

1. побудова тріангуляції (цифрової моделі рельєфу) у шарі на основі вихідних даних з одночасним налаштуванням відображення горизонталей;
2. візуальний контроль створеної моделі та редагування елементів поверхні (рельєфних точок, структурних ліній); зміна положення ребер тріангуляції зміни положення горизонталей;
3. оформлення результатів моделювання: застосування для окремих ділянок поверхні різних стилів відображення (ізоліній, обривів, укосів та ін.) та створення бергштрихів та написів горизонталей.

Побудова тріангуляції виконується викликом меню «Поверхня» => «Створити в шарі або в контурі» (рис 3.16).

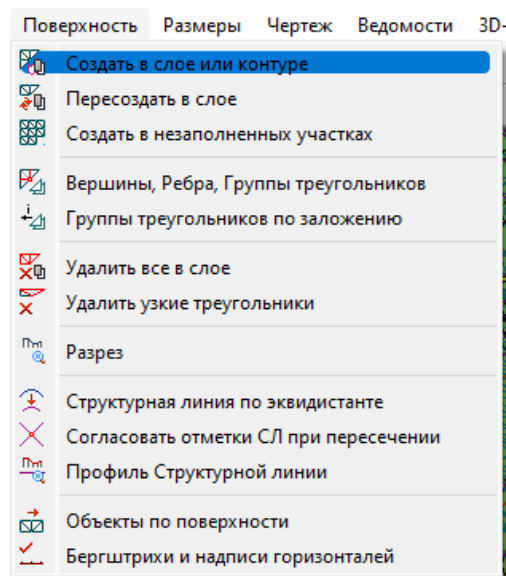


Рис 3.16 Виклик меню побудови тріангуляції

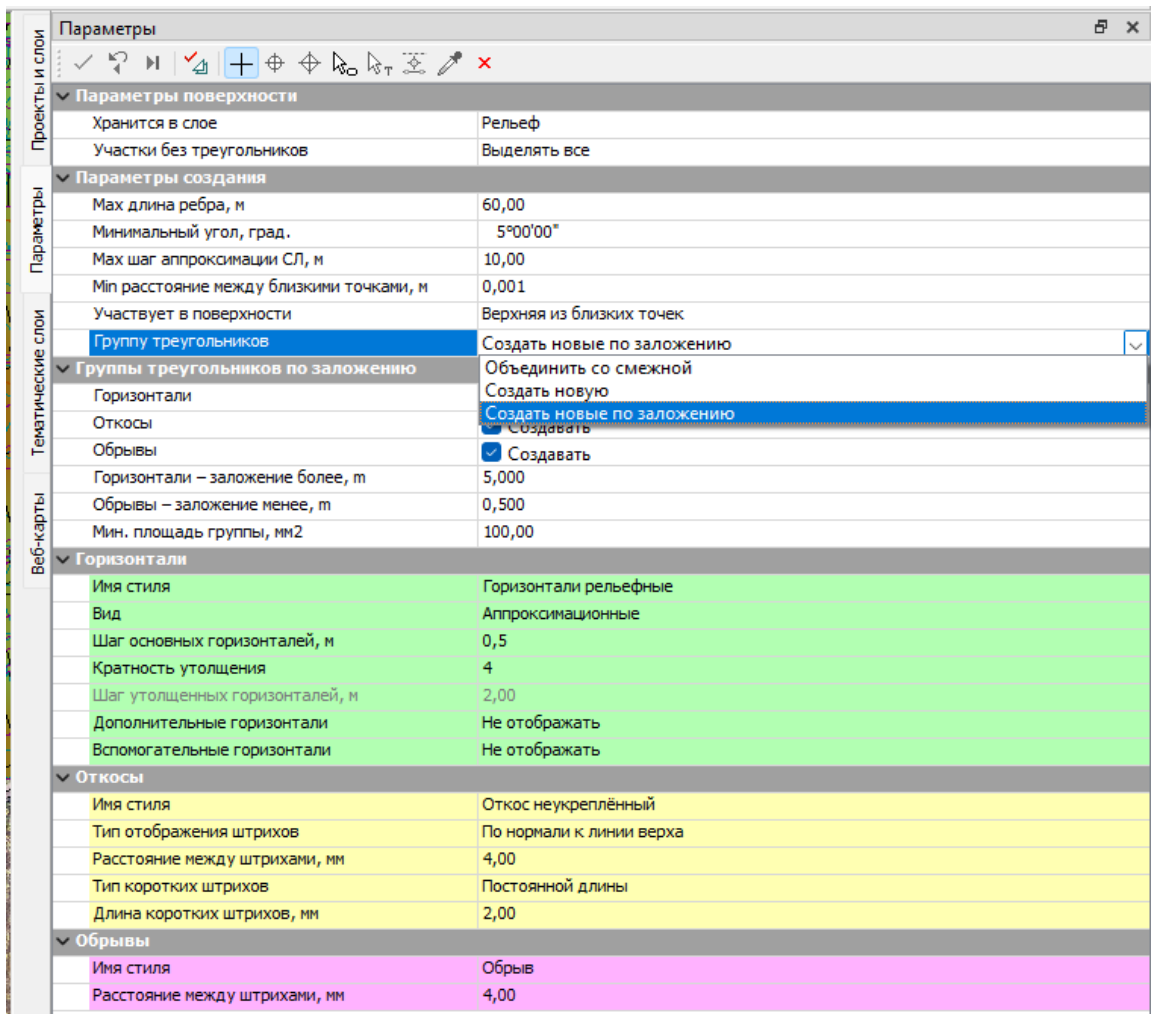


Рис. 3.17. Меню побудови триангуляції

Під час створення поверхні одночасно формуються групи трикутників зі стилями горизонталі, укоси, обриви (критерій – величина закладення у заданому діапазоні). Параметри створення поверхні визначені групою налаштувань (рис. 3.17). Ці настройки можна змінювати, вони зберігаються за проектом.

Змінюючи крок апроксимації СЛ, можна отримати різну кількість додаткових точок, а отже, і трикутників триангуляції. Це вплине на точність та коректність відображення поверхні.

Параметр «Min відстань між близькими точками» дозволяє врахувати в поверхні лише одну з двох точок, які знаходяться на відстані меншій за допустиму. Точка вибирається за позначкою: верхня або нижня (налаштування параметра «Участь у поверхні»).

У налаштуваннях параметра «Групу трикутників» пропонуються різні варіанти призначення стилю поверхні:













➤ Якщо вибрано налаштування «Об'єднати із суміжною», то ніякі додаткові налаштування не потрібні – буде застосований той самий стиль, що й у існуючої поверхні, яка межує з контуром створення нової поверхні

➤ Якщо поверхонь у шарі не було, автоматично застосовується налаштування Створити нову, і з'явиться група параметрів для уточнення стилю поверхні.

➤ При виборі налаштування Створити нові закладення відкривається кілька нових груп параметрів.

Приклад побудованої поверхні триангуляції з градієнтом висот наведено у Додатку Д.

Редагування триангуляції виконується шляхом виклику меню «Поверхня» => «Вершини, ребра, групи трикутників» (рис. 3.16). Це меню (рис. 3.18) складається з таких функціональних клавiш як:

- Перекинути ребро ;
- Виключити вершини ;
- Виключити групу трикутників ;
- Видалити трикутники ;
- Видалити групу трикутників ;
- Функціональна група створення поверхні в контурі та перебудови поверхні вздовж СЛ  ;
- Функціональна група створення та редагування точки  ;
- Функціональна група параметрів групи трикутників, створення групи трикутників в контурі та об'єднання групи трикутників   ;

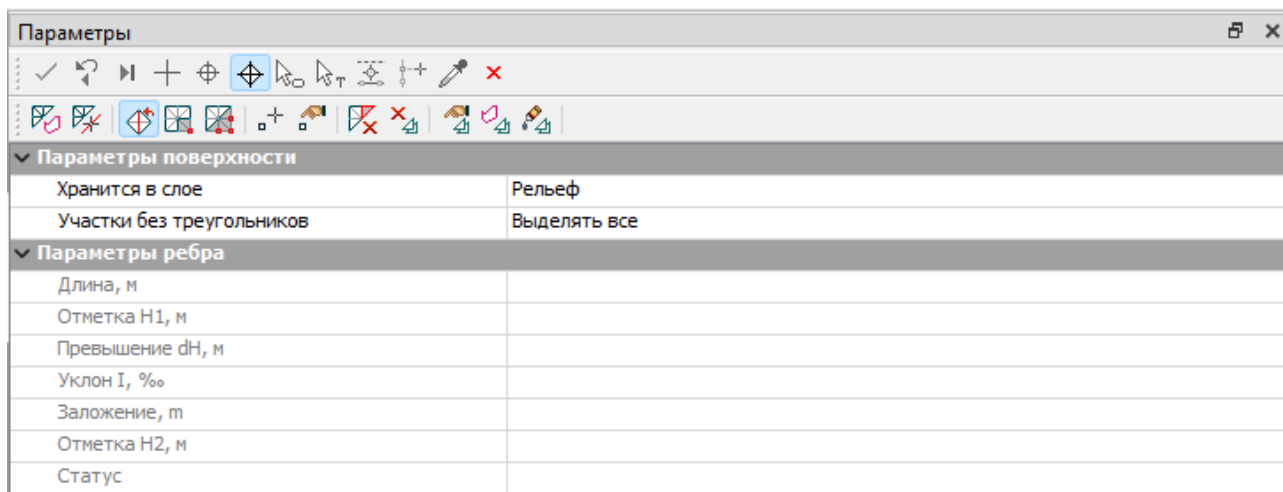


Рис. 3.18 Меню редагування тріангуляції

Після побудови поверхні можливий експорт робочого проекту у такому вигляді:

1. Експорт даних у проекти системи.
 2. Експорт даних у файли, які використовуються в інших програмах:
точок – у текстовий файл TXT, креслень – у файли DXF, моделі плану – у растрові формати (BMP, JPEG, TIFF, PNG, PDF) та у файли формату ТороXML, IFC.
 3. Експорт моделі плану у файл формату DXF/DWG
 4. Експорт моделі плану в MIF/MID.
 5. Експорт моделі плану в TXF.
 6. Експорт моделі по шаблонам.
- Приклад готового проекту зображено у Додатку Е.

Висновки до розділу 3

Таким чином доведено, що використання сучасного програмного комплексу компанії Credo-Dialogue, пришвидшує час камеральної обробки вимірів, за допомогою використання якісної автоматизації проведення обрахунків та реалізації системи пошуку грубих похибок вимірювань.

Також, за допомогою зручного інтерфейсу, великого обсягу вбудованого класифікатора тематичних об'єктів та простоти використання, створення цифрової моделі місцевості навіть для великих об'єктів вишукувань займає небагато часу.

В свою чергу завдяки детальним налаштуванням побудови та меню редагування цифрової моделі рельєфу, можна досягти точної відповідності вишикуваної області місцевості та ЦМР, що задовольняє потребам проектних організацій.

Слід також виділити ПЗ «Agisoft Metashape», яке, при заданні всіх параметрів обробки, автоматично опрацьовує знімки та створює ЦМР та ортофотоплани, які по якості та точності будуть напряду залежати від параметрів камери обраного БПЛА та точності розташування опознаків. В свою чергу ортофотоплани допомагають в процесі створення цифрової моделі місцевості, при імпорті цих зображень в ПЗ підчас складання плану чи карти.

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Оскільки створення ЦМР за даними топографічної зйомки тісно пов'язане з подальшим проектуванням та будівництвом необхідно дослідити особливості форм ландшафтів, людський вплив на ландшафти та зв'язок з ГІС.

4.1. Особливості ландшафтних видів

Ландшафт являє собою специфічний природно-територіальний комплекс, який є унікальним і має своє точне розташування на карті і географічну назву. Існує кілька видів ландшафту, які відрізняються один від одного не тільки дизайном, але і видом діяльності, що відбувається на них.

1. Географічний ландшафт - конкретна частина земної поверхні з єдиною динамікою та структурою. Впливає і діє на всі живі організми примусово, і ті, хто не здатний адаптуватися, повинні переселятися в інший ландшафт. У такий спосіб з'явилися етнічні групи. Більшість народностей і племен вписувалися в ландшафт, не бажаючи його змінити. Виникли окремі групи рибалок, мисливців, скотарів тощо.

2. Природний ландшафт - пов'язаний з географічним ландшафтом, який не піддавався безпосередньо, або дуже слабкою мірою, впливу людської діяльності. Компонентами цього ландшафту належить рельєф, рослинний і тваринний світ, вода. Так само, існують такі різновиди, як штучний ландшафт і натуральний ландшафт.

3. Агрокультурний ландшафт - це ландшафт, де природна рослинність значною мірою замінена посівами та посадками сільськогосподарських та садових культур (рис. 4.1).

4. Антропогенний ландшафт - створений під час цілеспрямованої людської діяльності. Виник у результаті ненавмисної зміни природного ландшафту. Сюди можна віднести міські та сільські поселення. Увесь розвиток антропогенних ландшафтів контролюється людиною (рис. 4.2).



Рис. 4.1 Приклад агрокультурного ландшафту



Рис. 4.2 Приклад антропогенного ландшафту

5. Соціальний ландшафт - це громадська структура, специфічна за походженням і по організації, локалізована на певній території. Наприклад, організація рельєфу так, щоб можна було звести міст через річку, море, пагорбу, яри. Або інша споруда потрібна для нормальної життєдіяльності людини (рис. 4.3).



Рис. 4.3 Приклад соціального ландшафту

6. Культурний ландшафт - це спільний витвір людини та природи, змінений у результаті господарської діяльності людського суспільства та насичений підсумками його праці (рис. 4.4). Прикладами культурного ландшафту можуть бути оази на зрошуваних землях у пустелі, розорані степові рівнини з лісовими смугами. Між культурним та природним ландшафтом немає різкої грані, скрізь зберігається геологічна будова, риси рельєфу. Культурний ландшафт підпорядковується впливу географічних закономірностей - азональності та зональності. Тут відбувається цілеспрямоване перетворення існуючого рельєфу з метою максимального відтворення ресурсів. Для цього досягнення усуваються несприятливі природні процеси. Створюється здорове середовище життя людини. Раціонально організовується територія.



Рис. 4.4 Приклади культурного ландшафту

4.2. Вплив антропогенної діяльності на ландшафти

Люди переміщують величезну кількість землі щороку. Вони, можливо, є головним геоморфічним чинником, який змінює поверхню Землі сьогодні. На початку 1990-х років люди в Сполучених Штатах Америки щорічно перевозили близько 0,8 Гт (Гт = гігатонн, або 1 мільярд метричних тонн) землі для будівництва будинків, 3,2 Гт для виробництва корисних копалин і 3 Гт для будівництва доріг щороку [26].

Масштабуючи цю землю, що переміщується до світу в цілому, я підрахував, що люди переміщують від 30 до 35 Гт землі щороку [26]. Ця оцінка,

ймовірно, була консервативною, оскільки не включала землю, переміщену при будівництві комерційних будівель, дамб, дамб вздовж річок та в багатьох інших проектах. Він також не включав землю, переміщену в сільському господарстві. Для порівняння, звивисті річки в усьому світі протягом року можуть вимивати від 25 до 40 Гт землі із берега одного вигину до кінцевої точки, а інші геоморфічні процеси переміщують значно менше матеріалу (табл. 4.1).

Таблиця 4.1

Оцінки світових показників геоморфічної активності різних чинників

Чинник	Переміщена маса землі, Гт
Річки:	
винесено в океан	24
вимивання берегу	25-40
Льодовики:	
наразі	4,3
в епоху плейстоцену	10
Вітер	1
Діяльність океану	1
Зсуви	0,6

Близько 1500 Гт ґрунту щорічно переміщується в усьому світі під час оранки [26]. Більша частина просто переноситься з борозен на хребти, а потім змивається назад, щоб заповнити борозни; не створюється постійна форма рельєфу. З іншого боку, близько 75 Гт фактично змивається з орних полів вітром і водою [27]. Значна частина цього відкладається лише на невеликій відстані від поля на схилах і в заплавах. Ґрунт вилучається з сільськогосподарських полів приблизно в 10 разів швидше, ніж утворюється в результаті процесів ерозії [28], оцінка, яка не віщує довготривалої життєздатності світового продовольства, особливо з огляду на тривожні темпи зростання населення.

Незалежно від причин збільшення обсягу опадів до океанів за останні кілька мільйонів років, зрозуміло, що люди стали надзвичайно вправними в переміщенні землі, і що наслідки цього, зокрема втрата сільськогосподарського ґрунту, є причиною для занепокоєння. У поєднанні з нестачею сирих інгредієнтів для добрив і активним споживанням підземних вод швидкими темпами, ніж вони поповнюються в багатьох сільськогосподарських районах, здається малоімовірним, що нинішнє людське населення Землі можна буде підтримувати ще багато десятиліть, не кажучи вже про прогнозоване збільшення населення.

4.3. Дослідження ландшафтів за допомогою ГІС

Географічна інформаційна система (ГІС) — це комп'ютерна система для збору, зберігання, перевірки та відображення даних, пов'язаних з положеннями на поверхні Землі [29]. Зв'язуючи, здавалося б, не пов'язані дані, ГІС може допомогти людям і організаціям краще зрозуміти просторові моделі та взаємозв'язки.

За допомогою ГІС можна порівнювати багато різних типів інформації (рис. 4.5). Система може включати дані про людей, такі як населення, дохід або рівень освіти. Він може включати інформацію про ландшафт, таку як розташування струмків, різні види рослинності та різні види ґрунту. Він може включати інформацію про місця розташування фабрик, ферм і шкіл або зливові стоки, дороги та лінії електропередач.

За допомогою технології ГІС люди можуть порівнювати розташування різних речей, щоб дізнатися, як вони пов'язані один з одним. Наприклад, використовуючи ГІС, одна карта може включати об'єкти, які виробляють забруднення, такі як фабрики, і об'єкти, чутливі до забруднення, такі як водно-болотні угіддя та річки. Така карта допомогла б людям визначити, де водні запаси найбільше піддаються ризику.

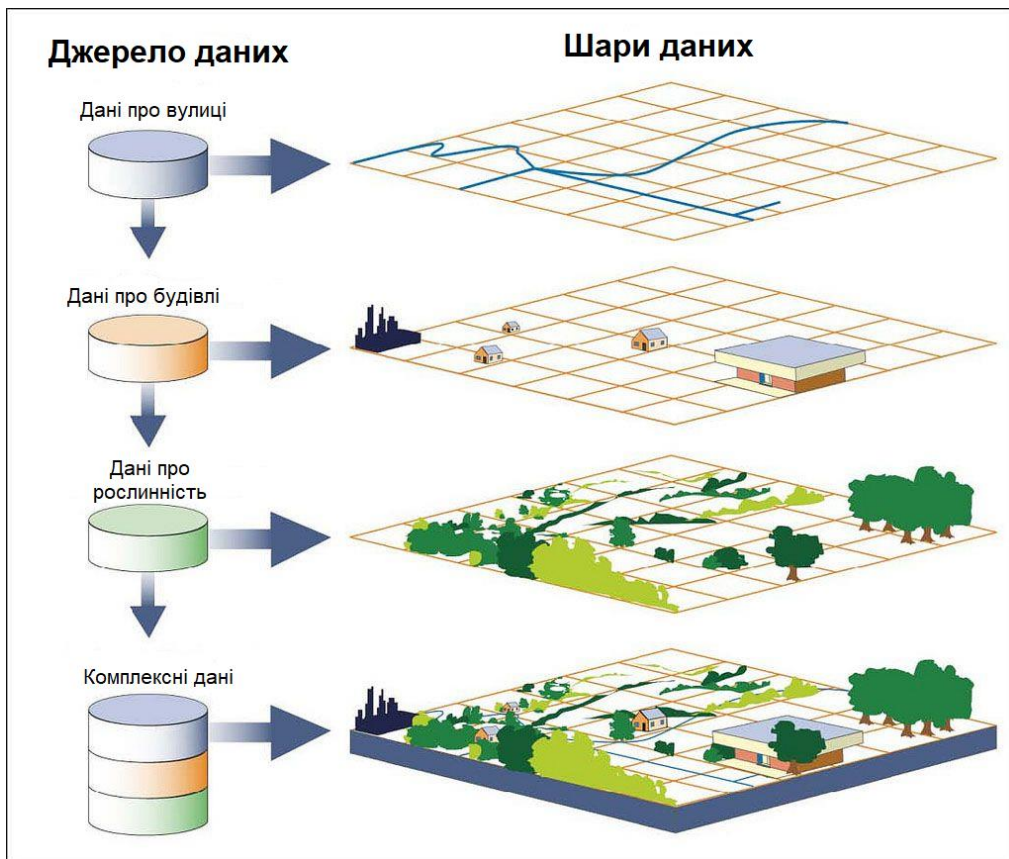


Рис. 4.6 Принцип відображення даних в ГІС

Технологія ГІС дозволяє, накладати всі ці типи інформації один на одного на одній карті, незалежно від їх джерела чи оригінального формату. ГІС використовує розташування як ключову змінну індексу, щоб зв'язати ці, здавалося б, не пов'язані дані.

Технологія ГІС може використовуватися для відображення просторових зв'язків і лінійних мереж. Просторові відносини можуть відображати топографію, наприклад сільськогосподарські поля та потоки. Вони також можуть відображати моделі землекористування, такі як розташування парків і житлових комплексів.

Після того, як усі потрібні дані були введені в ГІС-систему, їх можна об'єднати для створення різноманітних індивідуальних карт, залежно від того, які шари даних включені. Одним з найпоширеніших застосувань ГІС-технологій є порівняння природних особливостей з діяльністю людини.

Після того, як усі потрібні дані були введені в ГІС-систему, їх можна об'єднати для створення різноманітних індивідуальних карт, залежно від того,

які шари даних включені. Одним з найпоширеніших застосувань ГІС-технологій є порівняння природних особливостей з діяльністю людини. Наприклад, карти ГІС можуть відображати, які створені людиною об'єкти знаходяться поблизу певних природних об'єктів, наприклад, які будинки та підприємства знаходяться в зонах, схильних до повеней [28].

За допомогою ГІС-технологій дослідники також можуть спостерігати за змінами з часом. Вони можуть використовувати супутникові дані для вивчення таких тем, як просування та відступ льодового покриву в полярних регіонах, а також те, як це покриття змінювалося з часом.

ГІС-системи часто використовуються для створення тривимірних зображень. Це корисно, наприклад, для геологів, які вивчають розломи землетрусу.

Вчені використовують ГІС для порівняння статистики населення з такими ресурсами, як питна вода. Біологи використовують ГІС для відстеження моделей міграції тварин.

Інженери використовують ГІС-технології для підтримки проектування, впровадження та керування мережами зв'язку для телефонів, які ми використовуємо, а також інфраструктурою, необхідною для підключення до Інтернету. Інші інженери можуть використовувати ГІС для розвитку мереж доріг та транспортної інфраструктури. Немає обмежень для інформації, яку можна аналізувати за допомогою ГІС-технологій.

Висновки до розділу 4

Таким чином в цьому розділі було розглянуто та досліджено особливості ландшафтів, проаналізовано вплив людської діяльності на ландшафти та використання ГІС.

З розвитком людства невпинно зростає кількість земляних мас, яка переміщується при веденні антропогенної діяльності, такої як зведення споруд, видобуток корисних копалин, будівництво доріг тощо. Геоінформаційні системи поєднують в собі функціонал для проектування цих споруд, порівняння впливу на ландшафт на основі різних типів даних та моніторингу людської діяльності. Це дозволяє зрозуміти вплив на природні ресурси, передбачити подальший розвиток антропогенних процесів, попередити та запобігти шкідливий вплив для навколишнього середовища.

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ

Поняття «Охорона праці» означає систему законодавчих актів, соціально-економічних, організаційних, технічних і лікувально-профілактичних заходів і засобів, що забезпечують безпеку, збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці.

Одним із законодавчих актів з охорони праці, є Конституція України, де вказано, що: «Кожен має право на належні, безпечні і здорові умови праці...».

Створення й редагування ЦМР виконується за допомогою ПК, приміщення, де проводилася розробка проекту являє собою окрему кімнату загальною площею 24м² і дозволяє розмістити в ній 3 інженера (по 8 м² на одного чоловіка), обсяг 19 м³ на одного інженера-геодезиста.

5.1. Умови праці та небезпечні чинники, які становлять загрозу на робочому місці

Зазначений процес роботи здійснюється в приміщеннях типу обчислювальних центрів, з використанням техніки, дані про яку наведені у табл.

5.1. До використовуваних приміщень висуваються певні вимоги по техніці безпеки та охороні праці на робочих місцях.

Безпечна робота за комп'ютером передбачає виконання ряду правил, недотримання яких може призвести до небажаних наслідків, тому важливим є визначити порядок роботи за комп'ютером інженера.

Виходячи з того, що обчислювальний центр має відносно невелику площу робочих приміщень, систему кондиціонування повітря для відведення тепла від ПК, розгалужену електромережу для живлення комп'ютерів і периферійної техніки, користувачі системи можуть під час роботи потрапляти під дію несприятливих виробничих факторів, наведених у таблиці 5.2.

Таблиця 5.1

Характеристика офісної техніки застосованої в приміщеннях типу
обчислювальних центрів

Техніка	Потужність	Напруга	Частота
Монітор з діагоналлю не менше 24"	130 Вт	220 В	не менше 85 Гц
Системний блок	300 Вт	220 В	50 Гц
Сканер (формат паперу А4)	20 Вт	220 В	50 Гц
Принтер (формат паперу А4)	60 Вт	220 В	50 Гц

Таблиця 5.2

Шкідливі виробничі фактори.

Шкідливі фактори	Джерело шкідливого фактору	Характеристика
Шум (для операторів ПК)	Принтер, системний блок	Рівень звуку $L_{\delta} 60$ дБа
Несприятливий мікроклімат приміщення (категорія легка1)	Теплодіючі прилади: монітор, ПК	Оптимальні умови: В холодний і перехідний період: $t = 22-24^{\circ}\text{C}$, відносна вологість $W = 40-60\%$, швидкість руху повітря $V = 0,1$ м/с, в теплий період: $23-25^{\circ}\text{C}$, $t = 22-24^{\circ}\text{C}$, відносна вологість $W = 40-60\%$, швидкість руху повітря $V = 0,1$ м/с
Електромагнітне випромінювання	Монітор	$E < 10$ В/м $H_{\delta} 0.3$ А/м Припустимі рівні напруги 220 кВ протягом 1 години. Частота рівня магнітного поля 50 Гц
Недостатнє освітлення (клас дуже високої точності)	Освітлювальні прилади	Рівень освітленості $N=500$ Лк. Природне освітлення-4 пояс $>1,68\%$ Комб. освітлення-1,5%

Підвищений рівень шуму. Основні характеристики і граничні рівні шуму на робочих місцях, визначені у ДСН 3.3.6.037-99 «ССБТ. Шум. Загальні вимоги безпеки». Прийнятний рівень звукового тиску (SPL) для аналітичних та вимірювальних робіт становить 60 дБА.

Підвищена або понижена вологість повітря; підвищена або понижена циркуляція повітря. Відповідно до ГОСТ 12.1.005-88(1998) про «Загальні Санітарно-гігієнічні Вимоги до Повітря робочої зони», а також ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» у виробничих приміщеннях при виконанні робіт з більш високим емоційним навантаженням,

оптимальні значення температури повітря в 22-24 С і відносної вологості в 60 - 40% мають бути збережені, разом з циркуляцією повітря швидкістю не більше 0,1 м/с.

Електромагнітне випромінювання. Значення напруженості електромагнітних полів на робочих місцях з моніторами мають відповідати нормативним значенням (ГДР № 3206-85, ГДР № 4131-86, СН № 5802-91, ГОСТ 12.1.006-84), що складає 10 В/м (за електричною складовою), 0,3 А/м (за магнітною складовою).

Недостатнє освітлення. Відповідно до ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення» для цього типу роботи рівень штучного освітлення унормований такими характеристиками: дуже високої – 400-500 лк (у тому числі в загальній складності 300 люкс); в загальній системі освітленості 300-400 лк.

5.2. Організаційні та конструктивно-технологічні заходи для зниження впливу шкідливих виробничих факторів

Небезпечні та шкідливі фактори, що перераховані вище, так чи інакше впливають на самопочуття людини, що призводить до зниження продуктивності її праці. Заходами щодо зниження впливу шкідливих факторів можуть бути:

- для підвищеного рівню статичної електрики: час роботи при підвищеному рівні напруженості електростатичного поля повинен бути скорочений; повинен використовуватися захисний екран з тонкої сітки або скла, який приймає на себе електростатичний заряд; людина не повинна бути розташована на відстані 5 -10 см від екрану монітора, тому що рівень інтенсивності може досягати 140 В / м для електричних компонентів, що значно перевищує допустимі значення ДСанПіН 3.3.2-007-98;

- до несприятливого мікроклімату: потрібно дотримуватись правил і норм, зазначених в ГОСТ 12.1.005-88(1998) про «Загальні Санітарно-гігієнічні Вимоги до Повітря робочої зони» а також ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень»;

- до підвищеного рівню запиленості робочої зони: обов'язкове та часте вологе прибирання робочої зони;
- до підвищеного рівню шуму: зниження рівня шуму на шляху його поширення (за допомогою місцевої і загальної звукоізоляції, шумових екранів і поглинаючих фільтрів);
- до низької освітленості робочої зони: збільшення кількості ламп їх тип та місце розташування; в цілому: раціоналізація робочого часу і часу відпочинку (додаткові перерви);

5.3. Аналіз виробничого освітлення

Розрахунок рівня освітленості робочого місця означає вибір системи освітлення, розрахунок необхідної кількості ламп, їх тип і місце розташування. У приміщенні ми будемо використовувати загальні системи штучного освітлення з використанням джерел світла, що в цілому є лампами освітлення. Зазвичай використовуються люмінесцентні лампи типу ЛПО71-4x18-571/Мілано з рівнем освітлювання менше 70 ($R > = 70$), в якості світильника - тип УСП-35-4x18 з режимом плавного регулювання яскравості.

ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення». Збереження людської здатності бачення і стан його нервової системи значною мірою залежить від освітлення.

У кімнаті, де розташоване робоче місце інженера, використовується комплекс освітлення, тобто поєднання природного і штучного освітлення. Природним освітленням є світло, що приходить через бічні вікна. Штучне освітлення використовується, коли не вистачає природного світла. Тип світильника: підвісний світильник растровий для громадських приміщень ЛПО71-4x18-571/Мілано з умовним номером групи 1.

Ми будемо використовувати метод потоку світла для розробки системи штучного освітлення, тому що ми будемо розраховувати рівномірне загальне освітлення освітлюваної кімнати в горизонтальній площині.

Висота приміщення: $H = 3$ м, висота поверхні стола: $h_s = 0.8$ м, висота плафона: $h_h = 0.1$ м. Знайдемо висоту плафона над робочою поверхнею:

$$b = H - h_s - h_h \quad (5.1)$$

$$b = 3 - 0.8 - 0.1 = 2.1 \text{ м}$$

Ширина кімнати: $A = 4$ м, довжина кімнати: $B = 8$ м, розрахунок площі освітлення:

$$S = A \times B \quad (5.2)$$

$$S = 4 \times 8 = 32 \text{ м}^2$$

Отже індекс приміщення:

$$i = S \times b \times (A+B) \quad (5.3)$$

$$i = 32 \times 2.1 \times (4+8) = 1.26$$

Коефіцієнт відбиття від стелі становить 70%, від стіни на 50% і 10% - від підлоги. Вибір характеристик ламп: лампи типу ЛЕЦ (754), напруга 110 ± 11 В, життєвий цикл - 5200 годин, освічування після 100 годин експлуатації 400 лм. Особливості даної лампи: довжина: $LL = 625$ мм, товщина: $Wl = 625$ мм, висота: 100 мм. Чотири лампи ЛЕЦ (754) від 18 Вт потужності кожна. Таким чином, світловий потік буде $F = 4000$ лм;

Враховуючи індекс приміщення, всі коефіцієнти відображення і тип світильника знаходимо коефіцієнт світлового потоку, $\eta = 40$. Коефіцієнт затінення буде $K_{sh} = 1.4$. Коефіцієнт затемнення заданої кімнати з зазначеним робочим місцем інженера: $K_y = 0.9$. Коефіцієнт зміни освітлення: $Z = 1.3$. Кількість люмінесцентних ламп у світильнику: $n = 4$. Освітлення: $E = 300$ лк.

Знайдемо необхідну кількість світильників:

$$N_c = 100 \times E \times S \times K_z \times Z_{ni} \times \Phi \times \eta \times K_y \quad (5.4)$$
$$N_c = 100 \times 300 \times 32 \times 1.4 \times 1.34 \times 4000 \times 40 \times 0.9 = 4$$

Як ми можемо судити з розрахунків, необхідно $N = 4$ світильників типу ЛГ1071-4x18-57 для кімнати з персональним комп'ютером.

При розміщенні світильників з люмінесцентними лампами, лампи поміщаються в ряд - паралельними рядами або до віконної рами.

Перш ніж розробляти системи штучного освітлення в кімнаті, ми повинні перевірити реальне освітлення в ній від 4 світильників:

$$E_r = N_c \times n_i \times \Phi \times \eta \times K_y \times 100 \times S \times K_z \times Z \quad (5.5)$$
$$E_r = 4 \times 2 \times 3000 \times 40 \times 0.91 \times 100 \times 32 \times 1.4 \times 1.3 = 340 \text{ лк}$$

Отже ми отримали реальну освітленість кімнати, яка показує рекомендований рівень освітлення. Щомісяця проводиться очистка скла вікон та світильників, а також замінюються перегорілі лампи у міру виходу їх з ладу.

5.4. Пожежна безпека

Пожежі в обчислювальних центрах (ОЦ) становлять особливу небезпеку, тому що пов'язані з великими матеріальними втратами. Характерна риса ОЦ - невеликі площі приміщень. Як відомо пожежа може виникнути при взаємодії горючих речовин, окиснення й джерел запалювання. У приміщеннях ОЦ присутні всі три основні фактори, необхідні для виникнення пожежі.

Горючими компонентами на ОЦ є : ПК, принтер, дисплей, меблі, документи, ізоляція кабелів і ін.

Джерелами запалювання в ОЦ можуть бути електронні схеми від ПК, прилади, що застосовуються для технічного обслуговування, обладнання електроживлення, кондиціонування повітря, де в результаті різних порушень утворюються перегріті елементи, електричні іскри й дуги, здатні спричинити загоряння горючих матеріалів.

Згідно НАПБ Б.03.002-2007 приміщення які містять ЕОМ належать до категорії «В». Враховуючи високу вартість електронного обладнання ОЦ, а також категорію його пожежної небезпеки, будівля для ОЦ і частини будівлі іншого призначення, у яких передбачено розміщення ЕОМ, повинні бути 1 і 2 ступеня вогнестійкості.

Для виявлення початкової стадії загоряння й оповіщення служби пожежної охорони використовують системи автоматичної пожежної сигналізації (АПС). Крім того, вони можуть самостійно пускати в хід установки пожежогасіння, коли пожежа ще не досягла великих розмірів. Системи АПС складаються з пожежних оповіщувачів, ліній зв'язку й приймальних пультав (станцій).

Ефективність застосування систем АПС визначається правильним вибором типу оповіщувачів і місць їх установки. При виборі пожежних оповіщувачів необхідно враховувати конкретні умови їх експлуатації: особливості приміщення й повітряного середовища, наявність пожежних матеріалів, характер можливого горіння, специфіку технологічного процесу й т.п.

До засобів гасіння пожежі, призначених для локалізації невеликих загорянь, належать пожежні стовбури, внутрішні пожежні водопроводи, вогнегасники, сухий пісок, азбестові ковдри й т.п..

Газові вогнегасники застосовуються для гасіння рідких і твердих речовин, а також електроустановок, що перебувають під напругою.

У виробничих приміщеннях ОЦ застосовуються головним чином вуглекислотні вогнегасники (рис. 5.1), достоїнством яких є висока ефективність гасіння пожежі, схоронність електронного встаткування, діелектричні властивості вуглекислого газу, що дозволяє використовувати ці вогнегасники навіть у тому випадку, коли не вдається знеструмити електроустановку відразу



Рис. 5.1 Вуглекислотний вогнегасник

Якщо у інформаційному центрі не вдалося уникнути пожежі, необхідно слідувати твердо установленому порядку дій при пожежі.

Керівник установи, співробітники і обслуговуючий персонал у разі виникнення пожежі або її ознак (дим, запаху горіння або тління різних матеріалів і т. п.), а також кожен громадянин зобов'язані:

- негайно повідомити про пожежу за телефоном в пожежну охорону (при цьому необхідно назвати адресу об'єкта, місце виникнення пожежі, а також повідомити своє прізвище);
- прийняти по можливості заходів з евакуації людей, гасіння пожежі та збереження матеріальних цінностей.

Прибулі до місця пожежі зобов'язані:

- продублювати повідомлення про виникнення пожежі в пожежну охорону, чітко назвавши адресу установи, по можливості місце виникнення пожежі, що горить і чому пожежа загрожує (в першу чергу - яка загроза для людей), а також повідомити свою посаду і прізвище, номер телефону, дати сигнал тривоги місцевій добровільній пожежній дружині, повідомити черговому по установі або керівнику (у робочий час);
- вжити негайних заходів по організації евакуації людей, починаючи евакуацію з приміщення, де виникла пожежа, а також з приміщень, яким

загрожує небезпека поширення вогню і продуктів горіння, використовуючи для цього наявні сили і засоби;

- перевірити включення в роботу (або привести в дію) автоматичні системи протипожежного захисту (оповіщення людей про пожежу, пожежогасіння, протидимного захисту);

- при необхідності відключити електро- і газопостачання (за винятком систем протипожежного захисту), зупинити роботу транспортувальних пристроїв, агрегатів, апаратів, перекрити сировинні, газові, парові і водяні комунікації, зупинити роботу систем вентиляції в аварійному та суміжному з ним приміщеннях, виконати інші заходи, що сприяють запобіганню поширення пожежі і задимлення приміщень будівлі;

- припинити всі роботи в будівлі (якщо це допустимо по технологічному процесу виробництва), крім робіт, пов'язаних із заходами щодо ліквідації пожежі;

- видалити за межі небезпечної зони всіх працівників, які беруть участі у гасінні пожежі;

- здійснити загальне керівництво з гасіння пожежі (з урахуванням специфічних особливостей об'єкта) до прибуття підрозділу пожежної охорони;

- забезпечити дотримання вимог безпеки працівниками, які беруть участь у гасінні пожежі;

- одночасно з гасінням пожежі організувати евакуацію і захист матеріальних цінностей;

- організувати зустріч підрозділів пожежної охорони і надати допомогу у виборі найкоротшого шляху для під'їзду до осередку пожежі.

План евакуації – документ, в якому зазначені евакуаційні шляхи і виходи, встановлені правила поведінки людей, а також порядок і послідовність дій обслуговуючого персоналу на об'єкті при виникненні надзвичайної ситуації. План евакуації, знаки безпеки та покажчики напрямку дозволяють вжити необхідних заходів з евакуації людей з місць масового скупчення при виникненні надзвичайних ситуацій.

Призначення плану евакуації:

1. чітко позначити шляхи евакуації, евакуаційні виходи, що забезпечують безпеку процесу організованого самостійного руху людей назовні з приміщень, в яких є можливість впливу на них небезпечних факторів пожежі, без урахування вживаних в них засобів пожежогасіння та захисту від диму;
2. вказати розташування пожежного обладнання та засобів оповіщення про пожежу;
3. нагадати про першочергові дії, які необхідно вжити кожній людині, яка виявила пожежу, що почалася.

5.5. Інструкція з охорони праці

Потрібно оглянути приміщення, робоче місце, переконатися у відсутності захаращеності приміщення та евакуаційних проходів.

Перевірити стан електроприладів, особливу увагу звернути на відсутність пошкоджень проводки, штепсельних вилок і розеток, вимикачів. При виявленні порушень протипожежного режиму вжити заходів по їх усуненню.

Меблі та обладнання мають розміщуватись таким чином, щоб забезпечувався вільний евакуаційний прохід до дверей виходу з приміщення (завширшки не менш 1 м). Евакуаційні шляхи та виходи необхідно постійно утримувати вільними, нічим не захаращувати.

Електромережі, електроприлади і апаратура повинні експлуатуватись тільки у справному стані, з урахуванням вказівок та рекомендацій підприємств виготовлювачів. У разі виявлення пошкоджень електромереж, вимикачів, розеток та інших електроприладів, слід негайно відключити їх та прийняти необхідні заходи до приведення у пожежобезпечний стан.

Документи, папір та інші горючі матеріали слід зберігати на відстані не менш 1 м від електрощитів, електрозборок і електрокабелів, 0,5 від світильників та 0,25 м від приладів опалення.

На робочому місці забороняється:

- влаштовувати тимчасові електромережі, застосовувати саморобні некалібровані плавкі вставки в запобіжниках, прокладати електричні проводи безпосередньо по горючій основі, експлуатувати світильники зі знятими ковпаками (розсіювачами), використовувати саморобні подовжувачі, які не відповідають вимогам Правил улаштування електроустановок.

- пристосовувати вимикачі, штепсельні розетки для підвішування одягу та інших предметів, обгортати електролампи і світильники, заклеювати ділянки електропроводки горючою тканиною, папером.

- використовувати побутові електрокип'ятильники, чайники і таке інше (окрім приміщень, спеціально відведених для цього), залишати без нагляду увімкненими в електромережу кондиціонери, комп'ютери, лічильні та друкарські машинки тощо.

- захищати підступи до засобів пожежогасіння, використовувати пожежні крани, рукави і пожежний інвентар не за призначенням.

- зберігати документи, різні матеріали, предмети та інвентар у шафах (нішах) інженерних комунікацій.

- палити (крім спеціально відведених для цього адміністрацією місць, позначених написом "Місця для паління" та забезпечених урною чи попільницею з негорючого матеріалу).

- проводити зварювальні та інші вогневі роботи без оформлення відповідного дозволу, застосувати легкозаймисті рідини.

Висновки до розділу 5

В цьому розділі було дано характеристику робочого місця, де проводиться створення цифрової моделі рельєфу. Проаналізовано та розглянуто вплив шкідливих та небезпечних виробничих чинників, до яких відносяться показники освітлення, мікроклімату, шум та випромінювання. Приміщення, в якому проводилась обробка результатів вимірів, відповідає встановленим нормам, що регламентовані законодавством, щодо вищезазначених факторів. Також було розглянуто правила пожежної безпеки та електробезпеки приміщенні, в результаті чого було виявлено, що приміщення також відповідає необхідними вимогам безпеки. Зіставлення усіх наявних у даному розділі факторів з реальними показниками в розглянутому виробничому приміщенні, дають підстави вважати, що воно повністю задовольняє вимоги всіх перелічених нормативних документів.

ВИСНОВКИ

1. В дипломній роботі було висвітлено всі аспекти побудови цифрової моделі рельєфу починаючи від збору інформації та визначення джерел даних до випуску готової ЦМР. Розкрито практичне значення та сфери застосування ЦМР, а також проаналізовано основні принципи та методи моделювання, що використовують сучасні програмні засоби.

2. Проведено топографо-геодезичні вишукування для проектування капітального ремонту автомобільної дороги загального користування державного значення М-05 Київ – Одеса на ділянці км 274+435 – км 284+000 з використанням сучасних приладів: електронних тахеометрів, GPS-приймачів та БПЛА.

3. За результатами зрівнювання топографо-геодезичних вишукувань побудовано ортофотоплан, цифрову модель місцевості та цифрову модель рельєфу.

4. Не дивлячись на широкий спектр галузей, які використовують цифрові моделі рельєфу, хотілось би виокремити значення створених шляхом виконання топографічних вишукувань ЦМР саме для проектування та будівництва лінійних об'єктів та інфраструктури.

Інженер–проектувальник завдяки наявності ЦМР та ортофотоплану, як додатковому джерелу інформації, може виконати необхідні розрахунки в САПР, такі як аналіз місцевості та розрахунок об'єму та ін. Використання ЦМР у цій сфері значно спрощує робочий процес та дозволяє застосувати необхідні конструктивні та технологічні рішення, зважаючи на всі фізико-географічні умови місцевості.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Інструкція з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:5000 (ГКНТА-2.04-02-98)
2. Конспект лекцій з дисципліни «Супутникова геодезія» (для студентів 4 курсу денної форми навчання, спеціальності 7.070900 «Геоінформаційні системи та технології»)/Авт. Шумаков Ф.Т. – Х.:, ХНАМГ, 2009. – 88 с. (Укр. мов.)
3. Colomina, I., Blázquez, M., Molina, P., Parés, M.E. and Wis, M., 2008. Towards a new paradigm for high-resolution low-cost photogrammetry and remote sensing. IAPRS&SIS, Vol. 37(B1), Beijing, China, pp. 1201-1206.
4. Eisenbeiss, H., 2009. UAV photogrammetry. Diss. ETH No. 18515, Institute of Geodesy and Photogrammetry, ETH Zurich, Switzerland, Mitteilungen Nr.105, p. 235.
5. Nagai, M., Shibasaki, R., Manandhar, D., Zhao, H., 2004. Development of digital surface and feature extraction by integrating laser scanner and CCD sensor with IMU. IAPRSSIS, Vol. 35(B5), Istanbul, Turkey.
6. Foerstner, W., Steffen, R., 2007: Online geocoding and evaluation of large scale imagery without GPS. Proc. Photogrammetric Week '07, pp. 243-253
7. Barazzetti, L., Scaioni, M., Remondino, F., 2010a. Orientation and 3D modeling from markerless terrestrial images: combining accuracy with automation. The Photogrammetric Record, 25(132): 356–381.
8. Irschara, A., Kaufmann, V., Klopschitz, M., Bischof, H., Leberl, F., 2010. Towards fully automatic photogrammetric reconstruction using digital images taken from UAVs. Proc. ISPRS Symposium, 100 Years ISPRS - Advancing Remote Sensing Science.
9. Pierrot-Deseilligny, M. and Clery, I., 2011. APERO, An Open Source Bundle Adjustment Software for Automatic Calibration and Orientation of Set of Images. IAPRS&SIS, Vol. 38(5/W16), Trento, Italy (on CD-ROM).
10. Eisenbeiss, H., 2008. The autonomous mini helicopter: a powerful platform for mobile mapping. IAPRS&SIS, Vol. 37(B1), Beijing, China, pp. 977-983.

11. Grenzdörffer, G.J., Engel, A. and Teichert, B., 2008. The photogrammetric potential of low-cost UAVs in forestry and agriculture. IAPRS&SIS, Vol. 37(B1), Beijing, China, pp. 1207-1213.
12. Seitz, S., Curless, B., Diebel, J., Scharstein, D., Szeliski, R., 2006. A comparison and evaluation of multi-view stereo reconstruction algorithms. Proc. IEEE Conf. CVPR'06, Vol. 1, pp. 519-528.
13. Vu., H. H., Keriven, R., Labatut, P., Pons, J.-P., 2009. Towards high-resolution large-scale multi-view stereo. Proc. IEEE Conf. CVPR'09, pp. 1430-1437.
14. Zhu, Q., Zhang, Y., Wu, B., Zhang, Y., 2010. Multiple closerange image matching based on self-adaptive triangle constraint. The Photogrammetric Record, Vol. 25(132), pp. 437-453.
15. Hirschmüller, H., 2008. Stereo processing by Semi-Global Matching and Mutual Information. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence (PAMI), Vol. 30(2), pp. 328–341.
16. Gerke, S, Morin, K., Downey, M., Boehrer, N., Fuchs, T., 2010. Semi-global matching: an alternative to LiDAR for DSM generation? IAPRSSIS, Vol. 38(1), Calgary, Canada (on CDROM).
17. Furukawa, Y., Ponce, J., 2010. Accurate, dense and robust multiview stereopsis. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence (PAMI), 32(8), pp. 1362-1376.
18. Pierrot-Deseilligny, M., Paparoditis N., 2006. A multiresolution and optimization-based image matching approach: an application to surface reconstruction from SPOT5-HRS stereo imagery. IAPRS&SIS, Vol.36(1/W41), Antalya, Turkey (on CDROM).
19. Miller, C. and Laflamme, R. 1958. The digital terrain model — theory and applications, Photogrammetric Engineering, 24:433–442.
20. Li, Z.L. 1990. Sampling Strategy and Accuracy Assessment for Digital Terrain Modelling. Ph.D. thesis, The University of Glasgow.
21. Petrie, G. and Kenzie, T. (Eds.) 1990. Terrain Modelling in Surveying and Civil Engineering. Whittles Publishing, Caithness, England.

22. Li, Zhilin, 1960– Digital terrain modeling: principles and methodology / Zhilin Li, Qing Zhu, and Chris Gold. P. Cm. Includes bibliographical references and index. ISBN 0-415-32462-9 1. Digital mapping–Methodology. I. Zhu, Qing, 1966– II. Gold, Chris, 1944– III. Title.

23. Petrie, G. 1990a. Modelling, interpolation and contouring procedures. In: Petrie, G. and Kennie, T. (Eds.), Terrain Modelling in Surveying and Civil Engineering, Whittles Publishing, Caithness, England, pp. 112–137

24. Bowyer, A. 1981. Computing Dirichlet tessellations. The Computer Journal, 24(2):162–166.

25. Watson, D.F. 1981. Computing the N-dimensional Delaunay tessellation with applications to Voronoi diagram. The Computer Journal, 24(2):167–172.

26. Hooke, R. LeB., 1994, On the efficacy of humans as geomorphic agents: GSA Today, v. 4, No. 9, p. 217, 224-225.

27. Wilkinson, B.H. and McElroy, B.J., 2007, The impact of humans on continental erosion and sedimentation. Geological Society of America Bulletin, v. 119(1), p. 140-156.

28. Montgomery, D., 2007, Is agriculture eroding civilization's foundation? GSA Today, v. 17(10), p. 1-9.

29. A geographic information system (GIS) is a computer system for capturing, storing, checking, and displaying data related to positions on Earth's surface. <https://www.nationalgeographic.org/encyclopedia/geographic-information-system-gis/>

30. КРЕДО ДАТ 5.3. Руководство пользователя

31. Руководство пользователя Agisoft Metashape: Professional Edition, версия 1.7

32. КРЕДО ТОПОПЛАН 2.7. Руководство пользователя для начинающих

Приклад оформлення відомостей про технічні характеристики мережі

Технические характеристики сети

Проект:

Населенный пункт:

Площадка:

Гриф секретности: Для служебного пользования

Система координат:

Проекция:	Transverse Mercator
Эллипсоид:	WGS 1984
Датум:	СК-63
Модель геоида:	egm2008_B20x85_L18x192

Система высот:

Балтийская

Технические характеристики теодолитных ходов

Класс	Общая протяженность	Ходов	Узлов	Длины ходов					Длины линий			Угловая невязка			Линейная невязка		
				Min	Ход	Max	Ход	Средняя	Min	Max	Средняя	Fb max	Fb доп.	Ход	Fs max	[S]/Fs	Ход
Теодо́ды и МКД.ТДН.	9622,450	21	0	218,867	8	604,468	12	458,212	67,797	200,420	130,033			1		15553	4

Технические характеристики тригонометрического нивелирования

Класс	Общая протяженность (км)	Всего ходов	Сторона			Расхождения прямого и обратного превышения			
			Min	Max	Средняя	Min	Max	Сторона с максимальным расхождением прямо-обратно	Среднее
Триг. нив. (РК)	9,622	22	30,143	200,472	127,845	0,000	0,030	18В - 19В	0,012

Приклад оформлення відомостей про зрівнювання результатів вимірів

Ведомость оценки точности плановой сети

СКО единицы веса: 0,499			СКО единицы веса (нижняя граница): 0,932			СКО единицы веса (верхняя граница): 1,064				
Класс	Линейно- угловая сеть								СКО углов по невязкам в ходах	
	СКО направлений		СКО линий							
	Априорная	Фактическая	Априорная			Фактическая			Априорная	Фактическая
1	2	3	a	b	σ	a	b	m	10	11
Теододы и мкр.трн. (1.0')	21	11	0,0150	0,0030	0,0154	0,0051	-0,0040	0,0046	60	13

Ведомость оценки точности высотной сети

Класс	Геометрическое нивелирование		Тригонометрическое нивелирование	
	Априорная	Фактическая	Априорная	Фактическая
Триг. нив. (ПК)	0,050	0,020	0,011	0,019

Приклад оформлення відомостей про зрівнювання результатів вимірів

Поправки по результатам уравнивания

Класс	В измеренные направления					В измеренные расстояния				
	min	Сторона	max	Сторона	Средняя	min	Сторона	max	Сторона	Средняя
Теододы и мкр. трн. (1.0')	0°00'00"	1В - 2В	0°00'16"	8А - 7А	0°00'04"	0,000	3В - 4В	0,020	18В - 17В	0,004

Примечание:

Обработка планово-высотного обоснования выполнена в системе CREDO DAT 5.0.

Предварительная обработка измерений включает:

- Расчет направлений, горизонтальных проложений и превышений на основе средних значений отсчетов измерений, контроль соблюдения инструктивных допусков, установленных для соответствующих классов построений.
- Вычисление вертикальных углов и превышений.
- Учет поправок в введенные измерения:

Поправки не учитываются.

- Формирование редуцированных значений длин линий, направлений и превышений, подлежащих уравниванию, расчет предварительных координат пунктов, распознавание избыточных измерений и формирование топологии сети обоснования, выделение теодолитных и нивелирных ходов. Уравнивание проведено параметрическим способом по критерию минимизации суммы квадратов поправок в измерения. Для оценки точности положения уравненных пунктов, формирования параметров эллипсов ошибок использована ковариационная матрица, коэффициенты которой вычислены в процессе уравнивания. СКО углов в ходах не рассчитываются при числе ходов менее пяти.

- a , b , σ , m - постоянная, переменная, зависящая от расстояния и общая ошибка измеренной и уравненной линий