

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства та
природокористування

Інститут агроекології та землеустрою

Кафедра геодезії та картографії

05-04-152М

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторних і самостійних робіт
з дисципліни **«ОСНОВИ ФОТОГРАМЕТРІЇ»**
Частина II: Цифрові технології в фотограмметрії
для здобувачів освіти першого (бакалаврського) рівня
за освітньо-професійною програмою «Геодезія та землеустрій»
спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій»
усіх форм навчання

Рекомендовано
науково-методичною
радою з якості ННІАЗ
Протокол № 13 від
18.02.2025 р.

Рівне – 2025

Методичні вказівки до виконання лабораторних і самостійних робіт з дисципліни «Основи фотограмметрії» Частина II: Цифрові технології в фотограмметрії для здобувачів освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою «Геодезія та землеустрій» спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій» усіх форм навчання [Електронне видання] / Трохимець С. М. – Рівн: НУВГП, 2025 – 49 с.

Укладач: Трохимець С. М., старший викладач кафедри геодезії та картографії.

Відповідальний за випуск: Янчук Р. М., к. т. н., доцент, завідувач кафедри геодезії та картографії.

Керівник групи забезпечення спеціальності: Янчук Р. М., к. т. н., доцент, завідувач кафедри геодезії та картографії.

Попереднє видання МВ: 05-04-81.

© С. М. Трохимець, 2025
© Національний університет
водного господарства та
природокористування, 2025

Зміст

Вступ	4
Лабораторна робота №5 Внутрішнє та взаємне орієнтування знімків на ЦФС «Дельта».....	5
Лабораторна робота №6 Зовнішнє орієнтування знімків на ЦФС «Дельта».....	14
Лабораторна робота №7 Побудова нерегулярної TIN моделі рельєфу.....	19
Лабораторна робота №8 Побудова та редагування регулярної сітки ЦМР.....	28
Лабораторна робота №9 Виконання ортофототрансформування знімків.....	37
Лабораторна робота №10 Оформлення ортофотоплану.....	41
Література	46
Додатки	47

Вступ

Методичні вказівки складено відповідно до силабусу навчальної дисципліни «Основи фотограмметрії» та призначені для здобувачів вищої освіти першого бакалаврського рівня зі спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій» усіх форм навчання.

Метою лабораторних робіт з дисципліни є закріплення теоретичних знань та їх практичне застосування для опрацювання матеріалів аерознімання з використанням сучасних програмно-технічних комплексів. В ході виконання лабораторних робіт студенти виконують повний комплекс робіт з побудови ортофотоплану місцевості на основі різних типів аерознімків.

Крім методичних вказівок студенти використовують інструктивні та нормативні матеріали, набуті знання з геодезії та технічних основ проектування, а також спеціальну літературу. Для виконання лабораторних робіт студенти використовують аерознімки на паперових носіях і в електронному вигляді та спеціалізовані програмно-технічні засоби.

Лабораторні роботи проводяться у спеціалізованій фотограмметричній лабораторії, обладнаній цифровими фотограмметричними станціями. Завдання виконуються на реальних аерофотоматеріалах.

В методичних вказівках подано загальні теоретичні положення за винесеними на розгляд темами лабораторних робіт, розглянуто порядок виконання робіт. Наведені завдання для самостійної роботи та контрольні запитання для захисту робіт.

Лабораторна робота 5

Тема: Внутрішнє та взаємне орієнтування знімків на ЦФС «Дельта».

Мета: Ознайомитись з будовою ЦФС «Дельта», навчитись виконувати опис параметрів знімальної камери, внутрішнє та взаємне орієнтування знімків.

5.1. Знайомство з будовою цифрової фотограмметричної станції «Дельта»

Цифрова фотограмметрична станція (ЦФС) – це система технічних і програмних засобів, за допомогою яких здійснюється опрацювання зображень (цифрових знімків), що дозволяє отримувати кінцеву фотограмметричну або картографічну продукцію в цифровому, графічному або у візуальному поданні.

Загальна будова ЦФС «Дельта» в реалізації з лінзово-дзеркальним стереоскопом наведена на рисунку 1.1.



- 1 – персональний комп'ютер;
- 2 – монітор;
- 3 – клавіатура;
- 4 – маніпулятор «миша»;
- 5 – лінзово-дзеркальний стереоскоп;
- 6 – ручні штурвали;
- 7 – подвійна педаль;
- 8 – одиночна педаль;
- 9 – ножний диск.

Рис. 5.1. Загальна будова ЦФС «Дельта»

Цифрова фотограмметрична станція "Дельта" створена в Науково-виробничому підприємстві «Геосистема» (Україна). Ґрунтується на стандартному комп'ютері з системою Windows. Для забезпечення стереовізуалізації використовується стереоскоп, Open GL сумісні закриваючі окуляри або інтерлейсні стереомонітори. Керування вимірювальними операціями виконується спеціальними сервоприводами (ручні штурвали,

ножні педалі і диск) або стандартними засобами ПЕОМ. Програмне забезпечення реалізує основні способи і задачі аналітичної фотограмметрії та операції з опрацювання зображень.

5.2. Формування файлу опису фотокамер

Цей розділ призначений для створення й редагування файлу, котрий містить описи фотокамер. Якщо растрові образи, які використовуються для фотограмметричного опрацювання, отримані шляхом сканування аналогових аеро- чи космічних знімків, то в цьому розділі необхідно ввести характеристики камер, з використанням яких вони були отримані. Введені параметри камери використовуються на наступних етапах орієнтування знімків.

Кожен пункт списку камер описує один тип камер зі своїми характеристиками. Ці характеристики включають в себе такі загальні параметри як *вид проєкції, фокусну відстань, базис фотографування, інформацію про координатні мітки, дисторсію об'єктива* та деяку додаткову інформацію для панорамної камери. Рекомендується відразу внести в список дані всіх камер, знімки з яких будуть використовуватись для створення цифрової моделі. Далі необхідно буде тільки вибирати опис потрібної камери і відразу переходити до наступного етапу.

Усі операції, пов'язані з орієнтуванням знімків виконуються в програмі **Models**, що входить до комплексу програмного забезпечення **Delta/Digitals**. Завантажити програму можна через файл **Models.exe**, що знаходиться в кореновому каталозі папки **Digitals** або з головного меню програми **Digitals**, виконавши команду «**Растр/Орієнтування**». Результати опрацювання знімків на всіх етапах орієнтування моделі зберігаються у текстовому файлі **Models.ini**, що знаходиться в кореновому каталозі папки **Digitals**. Тобто уся інформація про орієнтування поточної моделі буде міститись у цьому файлі і використовуватись на різних етапах. Оскільки на одному робочому місці можуть працювати декілька бригад студентів зі своїми вихідними даними, то кожна бригада повинна мати власний файл **Models.ini**. У зв'язку з цим в кінці кожного заняття потрібно переносити файл з кореневого каталогу до власної

папки, а на початку наступного заняття назад копіювати його до папки Digitala для продовження роботи.

В результаті завантаження програми орієнтування (Models) у верхній частині екрану з'являється головна панель інструментів. Щоб увійти до розділу формування файлу опису фотокамер необхідно натиснути кнопку «Камера», після чого з'являється вікно списку камер.



У лівій частині вікна розміщений список камер. Якщо в ньому є інформація про потрібну камеру, то достатньо її вибрати, помітивши її назву і виконавши команду «Камера/зробити активною». Ім'я вибраної камери буде зображуватись жирним шрифтом, а її дані будуть використані в процесі орієнтування. В протилежному випадку до списку необхідно додати потрібну камеру, виконавши команду «Камера/Додати». Після активізації команди додається опис камери з параметрами по замовчуванню і програма переходить в режим редагування цього опису, де вводиться в список назва нової камери та заповнюються її паспортні характеристики у відповідних полях у правій частині вікна (рис. 5.2).

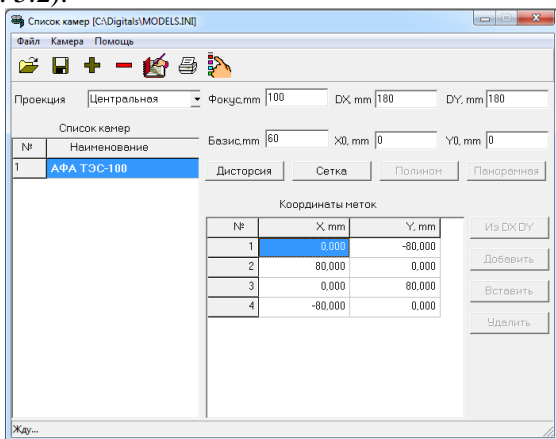


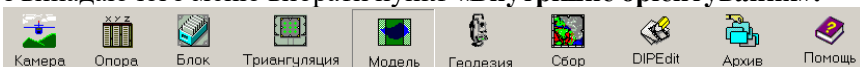
Рис. 5.2. Вікно списку камер
Параметри знімальної камери наведені в додатку 1.

Після введення усіх необхідних даних потрібно закрити вікно списку камер та зберегти зміни. Введені параметри камери зберігаються до файлу Models.ini.

5.3. Внутрішнє орієнтування знімків

Розділ внутрішнього орієнтування растрового образу призначений для визначення параметрів перетворення реальної системи координат растрового образу в еталонну систему координат знімка. Для визначення цих параметрів використовуються координати міток із опису фотокамери та координати цих же міток, виміряні на образі.

Щоб зайти в розділ внутрішнього орієнтування треба натиснути кнопку «**Модель**» на основній панелі інструментів та з випадаючого меню вибрати пункт «**Внутрішнє орієнтування**».



Після цього на екрані з'явиться вікно початкових налаштувань (рис.5.3), яке дозволяє вказати наступні параметри для орієнтування.

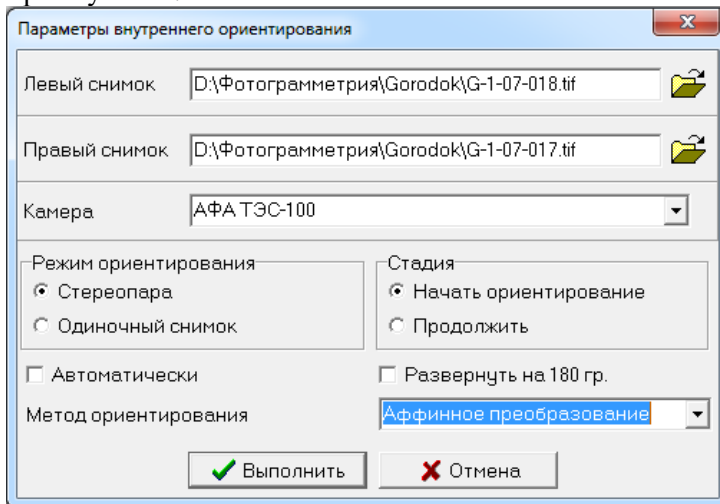


Рис. 5.3. Вікно початкових налаштувань для внутрішнього орієнтування

Спочатку слід вказати, що саме буде орієнтуватись – стереопара чи одиночний образ. Ця інформація задається в полі «**Метод орієнтування**».

Далі вказується шлях до одного або двох файлів растрових образів у відповідних полях. При орієнтуванні одиночного знімку його ім'я вказується в полі введення лівого знімка.

Після цього слід переконатись, що для орієнтування вибраний правильний опис камери. Ім'я поточної камери вибирається із списку поля **«Камера»**.

Далі треба вказати чи потрібно починати процес орієнтування спочатку, чи слід продовжити останній проведений процес.

Також у вікні початкових налаштувань є можливість обрати ручний або автоматичний режими орієнтування. Автоматичний режим виконання внутрішнього орієнтування доступний у разі наявності в бібліотеці програми відповідного стандартного образу координатної мітки. Оскільки бібліотека програми не містить стандартного представлення координатної мітки аерофотокамери АФА ТЭС-100, то дана процедура виконується лише в ручному режимі.

Після виконання початкових налаштувань можна приступати до процесу орієнтування, натиснувши кнопку **«Виконати»**.

Відкриється вікно внутрішнього орієнтування, яке містить одну або дві панелі з растровими образами в залежності від обраного методу орієнтування. Програма вмикає режим керування і переміщує марку (марки) в зону першої координатної мітки. Тепер марку треба точно сумістити з координатною міткою і зареєструвати її положення шляхом натиснення лівої кнопки миші, або клавіші **«Enter»** клавіатури.

При орієнтуванні стереопари порядок реєстрації кожної координатної мітки наступний. Спочатку необхідно навести марку на мітку на лівому образі, а потім, зафіксувавши лівий образ шляхом натиснення та утримування кнопки **«Ctrl»** клавіатури, встановити марку на мітку правого образу. Далі реєструється це положення клавішею **«Enter»** або лівою кнопкою миші.

Після реєстрації положення першої координатної мітки програма перемістить марку в область наступної мітки. Порядок реєстрації аналогічний. При реєстрації чергової мітки її

результати заносяться в таблицю результатів орієнтування. Коли позиція останньої координатної мітки зареєстрована, програма вимикає режим керування і з'являється таблиця, яка містить кінцеві результати орієнтування. В цій таблиці відображаються порядкові номери міток, відхилення вимірних координат від вказаних в описі камери і масштабні коефіцієнти по осях координат. Орієнтування вважається виконаним правильно, якщо відхилення по координатах не перевищує 5 мкм, а масштабні коефіцієнти не відрізняються від одиниці більше ніж на кілька одиниць четвертого знака після коми.

Причинами великих відхилень вимірних координат міток від вказаних в описі камери або масштабних коефіцієнтів можуть бути наступні:

- опис вибраної камери не відповідає растровому образу;
- є помилки в координатах міток, вказаних в описі камери;
- низька роздільна здатність растрового образу;
- велика деформація растрового образу;
- низька точність наведення марки на координатні мітки образу.

Вплив останньої причини можна зменшити шляхом повторного наведення марки на координатну мітку, на якій було зафіксоване найбільше відхилення. Для цього необхідно помітити відповідний рядок в таблиці результатів і натиснути кнопку **«Повторно»**. Програма увімкне режим керування і дозволить змістити марку з раніше зареєстрованої позиції в інше місце.

Після виконання операції внутрішнього орієнтування необхідно натиснути кнопку **«Звіт»** і програма автоматично сформує звіт про результати виконання внутрішнього орієнтування. Далі закриваємо вікно внутрішнього орієнтування та підтверджуємо збереження результатів до файлу Models.ini.

5.4. Взаємне орієнтування знімків

Розділ взаємного орієнтування стереопари знімків призначений для вирахування елементів взаємного орієнтування знімків та отримання якісного стереоефекту. Щоб увійти до розділу взаємного орієнтування необхідно натиснути кнопку

«Модель» на основній панелі і вибрати пункт «Взаємне орієнтування». Після цього на екрані з'явиться вікно початкових налаштувань (рис 5.4), яке дозволяє вказати наступні параметри для орієнтування.

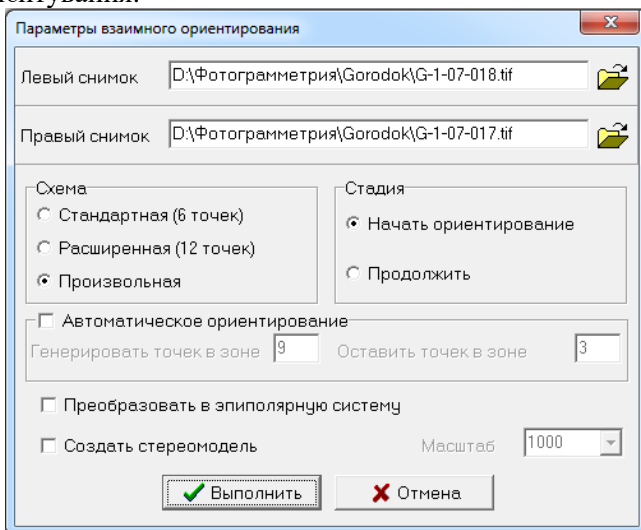


Рис. 5.4. Вікно початкових налаштувань для взаємного орієнтування

Вказуємо шлях до двох файлів растрових образів в полях введення лівого і правого знімків стереопари. Формуємо схему розташування точок. Схема визначає зони, в які програма послідовно буде переміщувати марки для реєстрації чергової точки. Можна вибрати одну із стандартних схем (із **6** чи **12** точок) або створити свою власну схему. Щоб створити власну схему розташування точок необхідно в полі «Схема» вікна початкових установок вибрати пункт «Довільна». З'явиться вікно «Схема розташування точок для взаємного орієнтування». Темно-сіра область у цьому вікні імітує зону перекриття лівого і правого знімків, величина якої залежить від бази фотографування, вказаного в поточному описі фотокамери.

Щоб створити нову точку, треба натиснути лівою кнопкою миші в потрібній позиції в зоні перекриття. Точка відобразиться на схемі невеликим зеленим квадратом з номером точки всередині. Переміщувати точки на схемі можна перетягуванням

за допомогою миші. Для видалення точки необхідно натиснути на ній правою кнопкою миші і вибрати в контекстному меню пункт «**Видалити**». Щоб помітити всі точки на схемі, треба використати команду контекстного меню «**Помітити все**», щоб зняти помітку з усіх точок – команду «**Зняти помітку**». Щоб почати створення схеми спочатку натискаємо кнопку «**Очистити все**» у верхній частині вікна. Коли створення схеми закінчене, натискаємо на кнопку «**Ок**», щоб записати схему у файл цифрової моделі.

Після виконання початкових налаштувань переходимо до процесу орієнтування, натиснувши кнопку «**Виконати**».

Відкриється вікно «**Взаємне орієнтування**», котре містить дві панелі з растровими образами. Програма вмикає режим керування і переводить марку лівого знімка в позицію першої точки, зазначеної на схемі.

Далі необхідно встановити марку лівого образу на чіткий контур (кут бордюру, поворот дороги тощо), зафіксувати положення лівого образу, утримуючи кнопку «**Ctrl**» і перемістити марку правого знімка в ту точку, яка найбільш відповідає позиції марки на лівому знімку. Після реєстрації положення першої точки програма перемістить марку в область наступної точки схеми.

Після того, як в усіх областях, передбачених схемою, будуть зареєстровані точки, програма вимкне режим керування і в таблиці результатів будуть представлені кінцеві результати орієнтування.

Орієнтування вважається виконаним правильно, якщо значення паралаксів на кожній точці не перевищує 7 мкм.

Якщо результати орієнтування незадовільні, можна повторити реєстрацію окремих точок. Для цього необхідно помітити потрібний рядок в таблиці і марка переміститься в позицію, що відповідає даному запису. Тепер можна повторити спостереження цієї точки, натиснувши кнопку «**Повторити**». Після реєстрації нового положення цієї точки розрахунок результатів буде проведений заново, а зміни будуть занесені в таблицю результатів.

Аналогічно до внутрішнього орієнтування формується звіт про результати виконання взаємного орієнтування. Далі закриваємо вікно взаємного орієнтування та підтверджуємо збереження результатів до файлу Models.ini.

Завдання для самостійної роботи

Користуючись лекційним матеріалом та рекомендованою літературою ознайомитись з основними способами стереовізуалізації, які застосовуються в сучасних цифрових фотограмметричних станціях. Розглянути основні схеми елементів взаємного орієнтування стереопари знімків.

Контрольні запитання

1. Що таке цифрова фотограмметрична станція?
2. Назвати основні параметри знімальної камери.
3. Назвати елементи внутрішнього орієнтування.
4. Для чого виконується внутрішнє орієнтування?
5. Назвати допуски щодо виконання внутрішнього орієнтування.
6. За якими точками (об'єктами) виконується внутрішнє орієнтування?
7. Яка мінімальна кількість точок для виконання внутрішнього орієнтування?
8. Назвати допуски щодо виконання взаємного орієнтування.
9. За якими точками (об'єктами) виконується взаємне орієнтування?
10. Яка мінімальна кількість точок для виконання взаємного орієнтування?

Лабораторна робота 6

Тема: Зовнішнє орієнтування знімків на ЦФС «Дельта».

Мета: Навчитись створювати файл опису опорних точок та виконувати зовнішнє орієнтування знімків.

Зовнішнє орієнтування знімків виконується послідовно після процедур внутрішнього та взаємного орієнтування.

Метою виконання даного етапу є визначення елементів зовнішнього орієнтування цифрової моделі та геодезична прив'язка моделі до певної системи координат. Для розрахунків програма використовує координати опорних точок, які необхідно попередньо задати у відповідному розділі програми орієнтування та виміряні координати цих же точок на растровому образі. При обробці аеро- чи космічних фотознімків використовуються також дані опису камери.

6.1. Формування файлу опорних точок

Цей розділ призначений для створення і керування списком опорних точок. Щоб увійти до розділу опорних точок необхідно натиснути кнопку «Опора» на головній панелі інструментів.



В результаті цього з'явиться вікно, в правій частині якого розміщені дві таблиці з ідентифікаторами опорних точок, між якими розміщені кнопки, призначені для керування таблицями (рис.6.1).

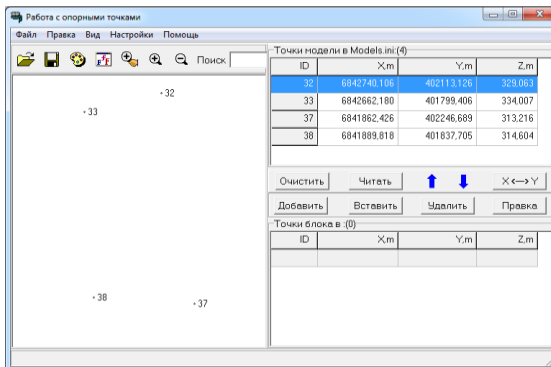


Рис. 6.1. Вікно для роботи з опорними точками

Вони дозволяють додавати точки в таблиці, видаляти, модифікувати їх тощо. У верхній таблиці відображаються опорні точки для поточної моделі. Вони завантажуються з файлу поточної моделі **Models.ini** і завжди зберігаються в цей файл при виході з програми формування опорних точок. В нижню таблицю можна завантажити опорні точки з текстового файлу, вибравши відповідний формат даних у списку форматів. Обидві таблиці мають однакові можливості стосовно введення і редагування даних, а також можуть обмінюватись точками. Кнопки керування («Видалити», «Додати», «Вставити», «Редагувати», «Поміняти X і Y») діють тільки на активну таблицю. Введені точки послідовно відображаються на графічній схемі, розміщеній у лівій частині вікна. Схема формується для активної таблиці опорних точок.

Список опорних точок складається в активній таблиці. Для введення нового опису опорної точки треба натиснути кнопку «Додати». В результаті відкриться вікно, в якому треба вказати ідентифікатор опорної точки та координати X, Y, Z. (рис.6.2).

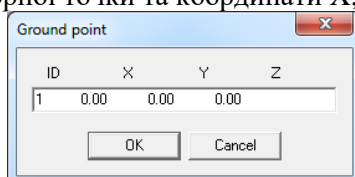


Рис. 6.2 Вікно для введення координат опорних точок

При введенні опорних точок необхідно враховувати наступне:

- ідентифікатор точки не повинен містити більше 29 символів;
- ідентифікатори не повинні повторюватись в межах одного файлу;
- координати опорних точок вказуються в метрах з необхідною кількістю знаків після коми. В таблиці координати відображаються заокругленими до двох знаків після коми.

Якщо необхідно додати опис опорної точки в середині таблиці треба помітити рядок, що знаходиться нижче потрібної

позиції і натиснути кнопку «Вставити». Для редагування опису опорної точки треба помітити відповідний рядок і натиснути кнопку «Редагувати».

Для виконання завдання потрібно використати координати опорних точок, наведені в додатку 2. Номера точок беруть із фотоабрисів, варіант задається викладачем. Варто зауважити, що потрібно вводити координати лише тих опорних точок, які знаходяться в зоні перекриття стереопари.

6.2. Зовнішнє орієнтування знімків

На даному етапі виконується геодезична прив'язка цифрової моделі до певної системи координат. Для розрахунків програма використовує координати опорних точок, занесені у файл цифрової моделі і виміряні на растровому образі координати цих точок. При обробці аеро- чи космічних фотознімків використовуються також дані опису камери.

Щоб увійти до розділу зовнішнього орієнтування необхідно натиснути кнопку «Модель» на головній панелі і вибрати меню «Зовнішнє орієнтування». Після цього на екрані з'явиться вікно початкових налаштувань (рис. 6.3).

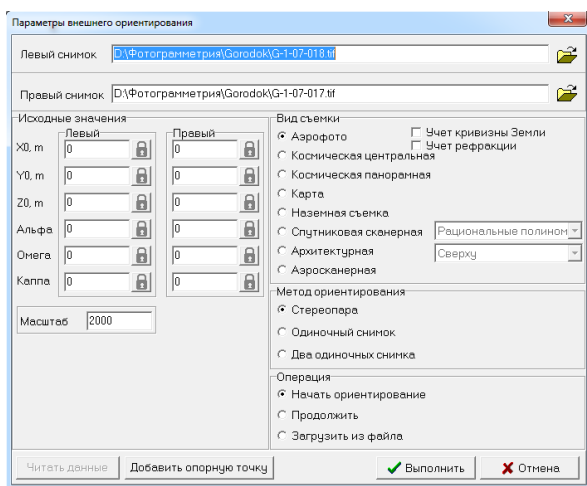


Рис. 6.3. Вікно початкових налаштувань для зовнішнього орієнтування

У даному вікні в полі «**Вид знімання**» потрібно вказати, які матеріали будуть орієнтуватись (у нашому випадку **аерофотознімання**).

У полі «**Метод орієнтування**» вказати, що буде орієнтуватись: стереопара знімків чи одиночний образ (у нашому випадку **стереопара**).

Вказати шлях до одного чи двох файлів растрових образів у відповідних полях для завантаження лівого і правого знімків стереопари.

Вказати чи потрібно починати процес орієнтування спочатку чи слід продовжити останній проведений процес в полі «**Операція**».

За допомогою кнопки «**Додати опорну точку**» можна додавати опорні точки для орієнтування моделі.

Коли всі описані налаштування виконані, приступаємо до процесу орієнтування, натиснувши на кнопку «**Виконати**».

При переході до процесу орієнтування з'являється вікно «**Зовнішнє орієнтування**», котре містить одну або дві панелі з растровими образами в залежності від обраного методу орієнтування. У цьому вікні потрібно зареєструвати положення опорних точок. При орієнтуванні перших двох опорних точок програма не має інформації про їхнє положення на знімках, тому марка буде переміщена в центр лівого образу. Після реєстрації положення другої опорної точки марка переміщатиметься в область розташування наступних опорних точок відповідно до списку та графічної схеми, сформованих у розділі «**Опора**».

При виконанні зовнішнього орієнтування стереопари необхідно використовувати стереоскоп для стереоскопічного спостереження моделі місцевості.

За допомогою миші встановлюємо марку на першій опорній точці на лівому образі, потім, обертанням коліщатка миші усуваємо поздовжній паралакс на опорній точці і встановлюємо марку на поверхню стереомоделі. Після цього реєструємо координати точки.

Для другої опорної точки програма знову перемістить марку в центр лівого образу. Для неї треба повторити процес, описаний для першої точки.

Для наступних точок програма автоматично переміщує марку в область чергової опорної точки. Порядок їх реєстрації такий самий як і для перших двох. Всі точки необхідно реєструвати в тому порядку, в якому вони описані в списку опорних точок. Після реєстрації останньої точки програма вимкне режим керування і в таблиці результатів з'являться кінцеві результати орієнтування. Орієнтування вважається виконаним правильно, якщо відхилення координат X та Y не перевищують $0,2$ мм масштабу ортофотоплану, а координати $Z - 0,25$ висоти перерізу рельєфу.

Як і під час взаємного орієнтування є можливість повторної реєстрації окремих точок, яка відбувається в тому ж порядку, що і при взаємному орієнтуванні. Слід зауважити, що на відміну від внутрішнього та взаємного орієнтування, результати зовнішнього орієнтування зберігаються не лише у файлі **Models.ini**, але й в структурі самих растрових файлів. При чому результати зовнішнього орієнтування, збережені в структурі растрового файлу змінити не можна. Тому зберігати результати зовнішнього орієнтування можна лише у випадку його якісного виконання.

За результатами виконання зовнішнього орієнтування формується відповідний звіт.

Завдання для самостійної роботи

Користуючись лекційним матеріалом та рекомендованою літературою ознайомитись з теоретичними основами принципу стереоскопічних вимірювань способом уявної марки, способами та видами геодезичної прив'язки аерофотознімків.

Контрольні запитання

1. Що називається опорними точками?
2. Яка мінімальна кількість опорних точок для виконання зовнішнього орієнтування стереопари знімків?
3. З якою точністю виконується зовнішнє орієнтування знімків?
4. За якими точками виконується зовнішнє орієнтування?
5. Назвати елементи зовнішнього орієнтування.

6. Описати порядок реєстрації положення опорної точки при виконанні зовнішнього орієнтування стереопари аерофотознімків.
7. Описати порядок створення файлу опису опорних точок.
8. Куди зберігаються результати зовнішнього орієнтування при опрацюванні знімків на ЦФС «Дельта»?
9. На етапі якого орієнтування знімків виконується геодезична прив'язка?
10. Які умови необхідно враховувати при введенні інформації про опорні точки?

Лабораторна робота 7

Тема: Побудова нерегулярної TIN моделі.

Мета: Ознайомитись з особливостями роботи зі сканерними аерознімками камери 3-DAS-1. Навчитись виконувати підготовчі налаштування системи для виконання стереозбору, встановлювати точки на поверхню стереомоделі, будувати структурні лінії та інші елементи цифрової моделі рельєфу.

В даній лабораторній роботі для опрацювання використовуються цифрові знімки, отримані за допомогою знімальної камери сканерного типу 3-DAS-1.

Камера даного типу виконує аерознімання безперервними маршрутами з використанням трьох одночасно знімаючих об'єктивів. Об'єктиви нахилені таким чином, щоб проводити знімання прямовисно під літальним апаратом (**nadir**), з нахилом у напрямку за ходом польоту (**forward**) і з нахилом в напрямку, зворотному до польоту (**backward**). Радіометричне розрізнення знімків становить 42 біти.

Для кожного маршруту створюється три растрових файли, у назвах яких вказується номер маршруту і буквений індекс **N**, **F**, **B** (**nadir**, **forward**, **backward** відповідно). Ці растри можна відкривати в будь-яких комбінаціях, але з урахуванням напрямку польоту на даному маршруті. Так, наприклад, для прямих маршрутів можна відкрити растри (відповідно, в якості лівого і правого знімків) **B-N**, **N-F**, **B-F**, для зворотних маршрутів це будуть **F-N**, **N-B**, **F-B**.

Щоб не замислюватися про те, яке поєднання слід використовувати в конкретному випадку, для відкриття зручніше використовувати межі знімків, вставлені в карту командою «**Вставка > Блок тріангуляції**». А для вибору підходящого кута огляду (конкретної пари знімків) використовувати перемикання з допомогою команд **Backward-Nadir (16°), Nadir-Forward (26°), Backward-Forward (42°) і Перехресний (90°)** з меню «**Растр > Переключити**».

Для початку роботи необхідно увійти в програму **Digitalis** і створити нову карту, вибравши при цьому необхідний шаблон (в даному випадку «2000», оскільки масштаб майбутнього ортофотоплану 1:2000). Далі необхідно завантажити в неї зображення знімків. Для Цього слід виконати команду «**Вставка > Блок тріангуляції**». Відкриється вікно «**Вставка блока тріангуляції**» (рис.7.1), в якому слід вибрати знімки, необхідні для завантаження.

За замовчуванням межі растрів вставляються на шар типу Полігон / Полілінія з ім'ям «**Triangulation Block**».

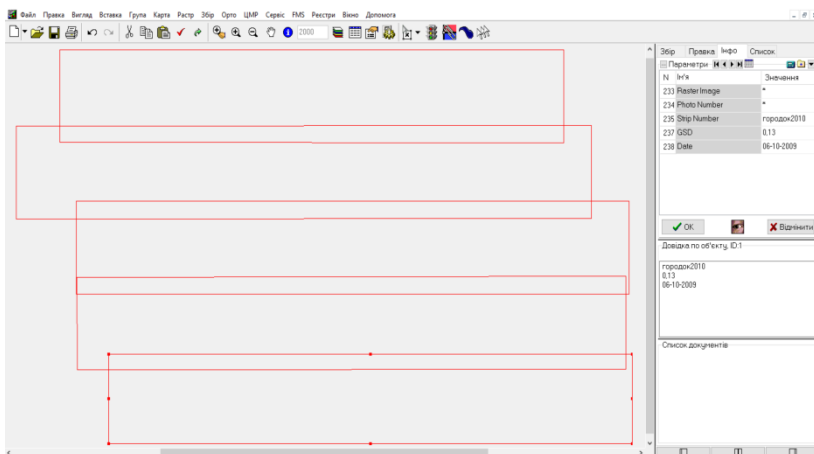


Рис.7.1. Завантаження блоків тріангуляції

Щоб відкрити растр необхідно:

1. Помітити межі потрібного блоку.
2. Перейти на панель «**Інфо**».

3. Вибрати параметр «**Raster Image**», в якому вказаний шлях до растру, і двічі клацнути лівою кнопкою миші в полі введення його значення. Програма завантажить вказаний растр в помічений блок триангуляції.

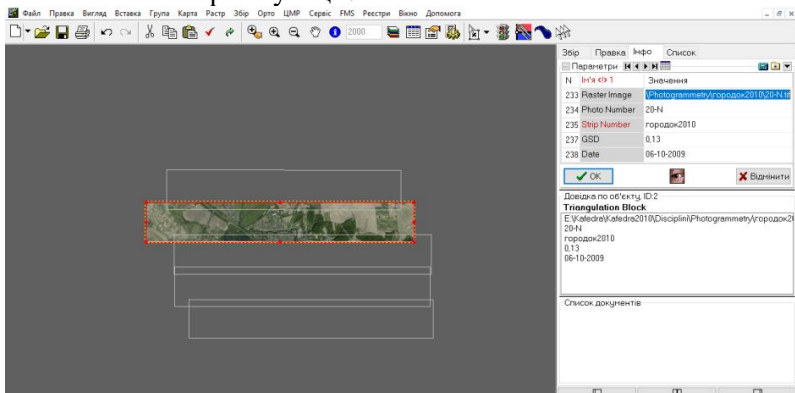


Рис. 7.2. Завантаження растру в блок триангуляції

Одночасно завантажити растрові зображення можна лише в один блок знімків. Для зручності роботи з кількома блоками одночасно можна користуватися режимом автозміни, який вмикається командою «**Збір > Автозміна растру**». Тепер, в режимі захоплення в процесі збору, при наближенні курсора (марки) до краю зони перекриття маршрутів, програма буде автоматично перемикається на сусідній маршрут. Це дозволить проводити збір практично по "безшовному" полю, не відволікаючись на команди перемикавання знімків.

Після завантаження растрів знімків у карту, слід знайти на них свій об'єкт трансформувannya (обмежується зоною перекриття стереопари кадрових знімків з попередньої лабораторної роботи) та зібрати за його межами прямокутний полігон. Для цього на бічній/нижній панелі в закладці «**Збір**» вибрати відповідний шар та шаблон збору і виконати збір потрібного полігону. Подальша робота зі знімками буде виконуватись лише у межах даного полігону.

Для побудови TIN моделі рекомендується наступний алгоритм дій:


1. Зібрати полігон, який підлягає трансформуванню.

2. Зібрати структурні лінії, тобто лінії, які характеризують рельєф: водорозділи, сідловини, тальвеги, обриви.

3. Доповнити характерні ділянки рельєфу пікетами або полілініями.

4. Помітити всі зібрані об'єкти та побудувати TIN модель.

Порядок створення нерегулярної TIN моделі в програмі Digitals

Цифрова модель рельєфу буде створюватись в межах полігону, виділеного в попередньому пункті. На першому етапі будуються структурні лінії рельєфу. Для цього спочатку треба створити відповідний шар у менеджері шарів, в який можна зайти, натиснувши кнопку  на панелі інструментів. Відкриється відповідне вікно. Для створення нового шару слід виконати команду «Додати» в контекстному меню, викликаному натисненням правою кнопкою миші на полі з назвами шарів.

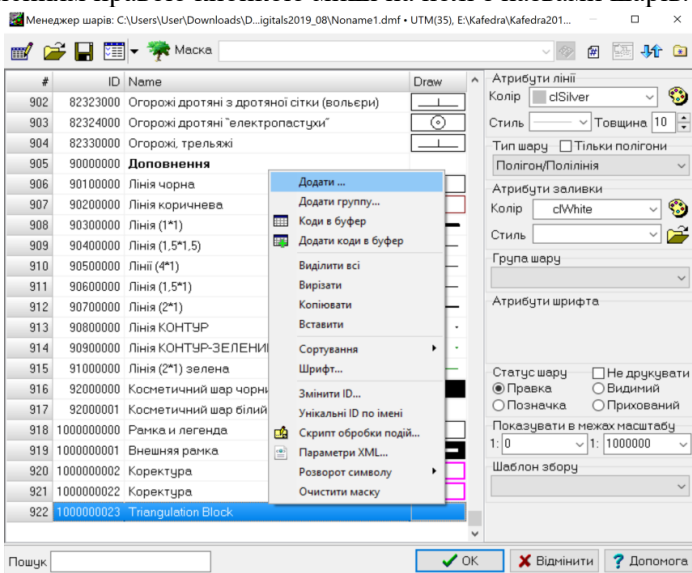


Рис. 7.3. Менеджер шарів

В результаті відкриється вікно введення назви нового шару, в якому слід ввести назву «Структурні лінії» та натиснути кнопку «ОК».

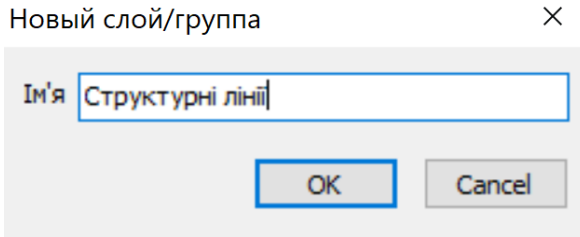



Рис. 7.4. Створення нового шару

Новостворений шар додається у менеджері шарів. Далі в правій частині вікна слід задати його властивості:

- тип шару (полігон/полілінія);
- атрибути лінії (тип – суцільна лінія, колір та товщина обираються довільно).

Оскільки збір структурних ліній необхідно виконувати в стерео режимі, то, перебуваючи на закладці **«Збір»**, необхідно увійти в режим захоплення шляхом натиснення кнопки **«Capture»**, або клавіші **«F9»**. У разі використання стереоскопа в налаштуваннях програми в закладці **«Пристрої»** повинен бути вибраний тип стерео інтерфейсу **«Стереоскоп»**, а в меню **«Растр»** вибраний спосіб візуалізації **«Стерео»**. При використанні стереомонітора обирається тип стерео інтерфейсу **«3D-monitor H-interlace»**. Увійти в налаштування програми можна шляхом натиснення кнопки  на головній панелі інструментів. Вікно налаштувань програми зображене на рисунку 7.5.

Структурні лінії збираються в характерних місцях рельєфу, до яких відносяться лінії водорозділів та тальвегів, верх та низ обривів, чіткі підніжжя горбів, обривисті береги рік, вершини і днища ярів та інші чітко виражені зміни характеру рельєфу, які можна описати лінійними об'єктами.

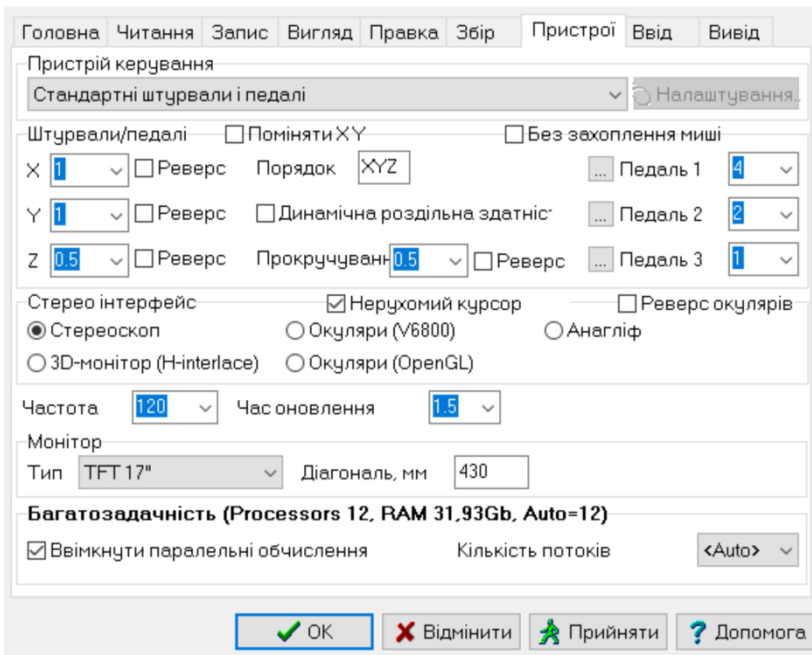


Рис. 7.5. Вікно налаштувань програми

Як уже зазначалося, структурні лінії збираються в стерео режимі, а отже кожен вузол полілінії необхідно "садити на землю", переміщуючи марку за висотою прокручуванням коліщатка миші або рухаючи мишкою при затиснутій клавіші «**Ctrl**». Реєстрація вузлів ліній виконується лівою кнопкою миші або клавішею «**Enter**». Місця розташування вузлів структурних ліній слід обирати таким чином, щоб прямолінійні ділянки полілінії не зрізали підвишень та не провисали над пониженнями, а повністю повторювали характер рельєфу.



Рис. 7.6. Варіанти збору структурних ліній у вертикальному розрізі рельєфу

Після закінчення збору кожної лінії треба виконувати команду «Закінчити об'єкт», натиснувши клавішу «F5». Якщо необхідно замкнути об'єкт, треба виконати відповідну команду натисненням клавіші «F3». Приклад побудови структурних ліній рельєфу наведено на рисунку 7.7.



Рис. 7.7. Приклад побудови структурних ліній

Крім структурних ліній рельєфу для коректної побудови ЦМР та наступного ортотрансформування потрібно зібрати елементи рельєфу неприродного походження (насипи, виїмки, вали, канали, рови), елементи гідрографії (ріки, озера, ставки), елементи інфраструктури (мости, віадуки, труби для перепускання води тощо). Дані елементи слід збирати на інших шарах, оскільки на відміну від структурних ліній вони не повинні приймати участь в інтерполяції горизонталей.

Елементи гідрографії збираються на відповідних шарах (озера, ставки, річки (площинний об'єкт) тощо). Слід пам'ятати, що замкнуті водні об'єкти збираються в стереорежимі на однаковій висоті, що дорівнює позначці урізу водного дзеркала. Річки також збираються в стерео режимі по рівню води, але мають деякий похил у напрямку течії. Важливо, щоб висоти вузлів контуру річки співпадали вздовж протилежних берегів.

Після збору структурних ліній цифрову модель слід доповнити точками, що знаходяться в характерних місцях рельєфу (вершини, сідловини, западини тощо), які не так чітко виражені як структурні лінії, але не менше впливають на формування загальної картини рельєфу та напрямок проходження горизонталей. Іноді такі форми рельєфу збирають не точками, а полілініями, попередньо створивши відповідний шар.

Якщо описувати рельєф точками, то збір доцільно виконувати на шарі «Позначки висот» або «Пікети». Як і структурні лінії, рельєфні точки збираються у стерео режимі.

Зібравши структурні лінії та характерні точки рельєфу, треба їх помітити, натиснувши в режимі правки на одному з об'єктів із кожного шару і виконати команду контекстного меню **«Помітити увесь шар»**. Одночасно помічати об'єкти на різних шарах можна утримуючи клавішу **«Ctrl»**. Слід зауважити, що треба помічати лише ті об'єкти, які мають коректні висоти, тобто зібрані в стерео режимі і лежать на поверхні стереомоделі. Для побудови TIN моделі треба виконати команду **«ЦМР>Створити TIN»**. Програма побудує нерегулярну модель у вигляді мережі трикутників з вершинами у характерних точках рельєфу та вузлах структурних ліній. Якщо сама TIN модель не потрібна, а зібрані рельєфні точки та структурні лінії використовуються для інтерполяції горизонталей, то етап створення TIN моделі можна пропустити, відразу виконавши процедуру інтерполяції горизонталей на основі помічених висотних об'єктів.

Для перевірки якості побудованої TIN моделі необхідно її помітити та проінтерполювати горизонталі за допомогою команди **«ЦМР>Горизонталі із ЦМР/TIN»** або **«ЦМР>Інтерполювати горизонталі»**. Для виконання першої команди обов'язкова наявність регулярної сітки ЦМР або TIN моделі, а друга команда може використовувати для інтерполяції будь-які об'єкти, які мають висотну характеристику.

Проінтерполювані горизонталі слід візуально оцінити в стерео режимі, наскільки точно вони описують рельєф місцевості. У випадку виявлення недоліків потрібно знищити горизонталі, відредагувати положення структурних ліній і

висотних пікетів у проблемних зонах та заново побудувати горизонталі. При знищенні горизонталей потрібно слідкувати, щоб був помічений лише їхній шар. Операція виконується за допомогою клавіші «Delete» на клавіатурі.

Причинами виникнення помилок при побудові TIN моделі може бути неправильне встановлення на поверхню моделі хоча б однієї точки чи вузла структурної лінії по висоті, недостатня кількість таких точок або їх неправильне ситуаційне положення, включення для створення моделі точок без визначеного висотного положення (наприклад межа об'єкту, зібрана у моно режимі). Побудована TIN модель в програмі Digitals зображена на рисунку 7.8.

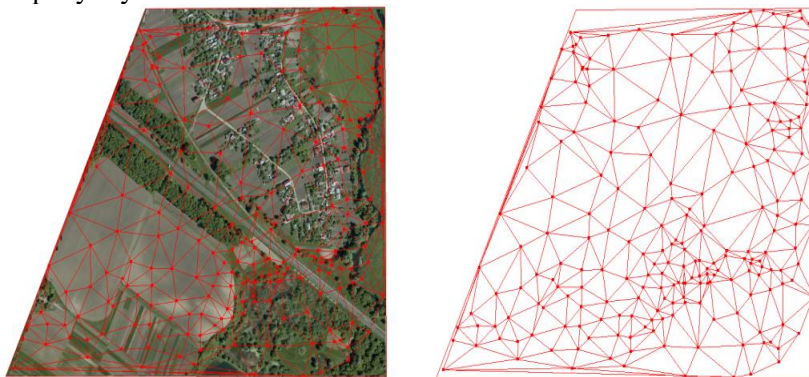


Рис. 7.8. Результати створення TIN моделі в програмі Digitals

Завдання для самостійної роботи

Користуючись лекційним матеріалом та рекомендованою літературою ознайомитись з основними типами цифрових моделей рельєфу. Розглянути основні способи отримання даних для побудови ЦМР та сфери їх застосування.

Контрольні запитання

1. Скільки растрових файлів створюється камерою 3-DAS-1 для одного маршруту?
2. Що означають літери N, F, B у назвах растрових файлів знімків камери 3-DAS-1?

3. Під якими кутами скеровані об'єктиви аерокамери 3-DAS-1?
4. Яке радіометричне розрізнення знімків аерокамери 3-DAS-1?
5. Що називається цифровою моделлю рельєфу?
6. Що називається цифровою моделлю місцевості?
7. Які бувають види ЦМР залежно від характеру розташування точок?
8. Яка цифрова модель рельєфу називається нерегулярною?
9. Який алгоритм дій рекомендований при побудові TIN моделі?
10. Описати порядок збору висотних об'єктів на ЦФС «Дельта».

Лабораторна робота 8

Тема: Побудова та редагування регулярної сітки ЦМР.

Мета: Ознайомитись з основними способами побудови регулярної цифрової моделі рельєфу в програмі DigitalS. Навчитись основним прийомам редагування сітки ЦМР.

Для виконання ортотрансформування знімків доцільно використовувати регулярну ЦМР, оскільки вона забезпечує висотною інформацією ділянку растру, що підлягає трансформуванню рівномірно по всій площі і з потрібною густиною (залежить від обраного кроку сітки).

Створити сітку ЦМР можна наступними способами:

- автоматично на основі стереопари растрових знімків;

- на основі існуючих об'єктів карти, що мають коректні висоти;

- комбінованим способом;

- ручним вимірюванням.

Автоматичне створення

Цю операцію ще називають відновленням рельєфу. Побудова сітки виконується шляхом порівняння фотозображення на обох знімках (кореляції зображень).

Для автоматичного створення ЦМР необхідно:

1. Перейти в режим «**Растр > Stereo**» і відкрити пару зорієнтованих знімків.

2. Встановити збільшення растра на рівні 1:4 – 1:16. Справа в тому, що програма виконує побудову в два етапи: спочатку на поточному збільшенні, потім на збільшенні в 16 разів більшому, ніж вихідне.

3. Зібрати полігон, що обмежує зону побудови і помітити його.

4. Виконати команду «**Растр > Відновлення рельєфу**». Перед початком роботи, програма запитає в діалозі крок сітки, який задається в метрах на місцевості.

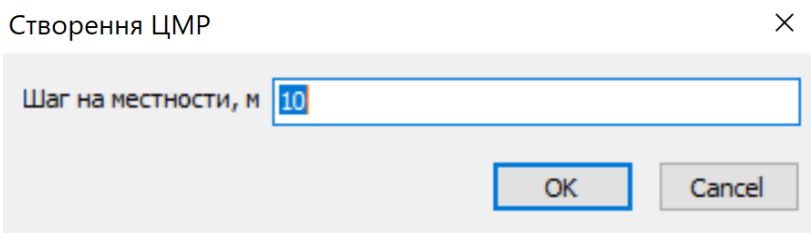


Рис.8.1. Вікно вибору кроку ЦМР

Створення з існуючих об'єктів

Сітку можна створити з існуючих об'єктів карти. Для цього слід помітити елементи, які мають коректні висоти і виконати команду «**ЦМР > Створити ЦМР**». Перед виконанням побудови програма запитає в діалоговому вікні крок сітки в метрах на місцевості (рис.8.1).

Сітку можна створити з існуючого об'єкта TIN. В цьому випадку будуть створені тільки ті вузли сітки, які потрапляють в межі вихідної триангуляційної нерегулярної мережі.

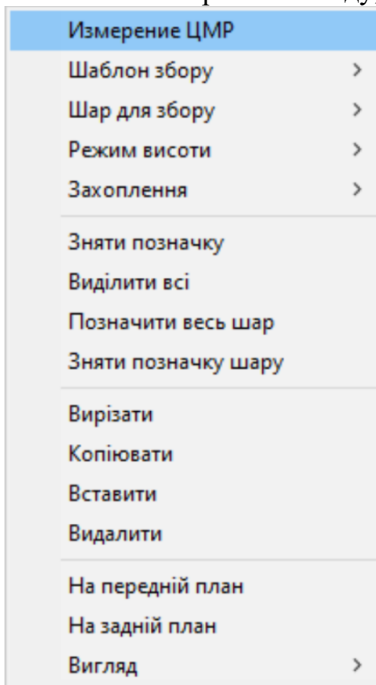
Комбінований спосіб

Відновлення рельєфу досить часто дає помилкові результати у вузлах сітки, що обумовлено наявністю на фотозображенні будівель, дерев та інших об'єктів, що ускладнюють процес пошуку ідентичних точок методом кореляції. У цьому випадку можна спробувати поєднати обидва описаних вище методи:

1. Спочатку в режимі стерео слід виконати збір характерних точок місцевості (в місцях перепадів) і структурних ліній (хребтів, сідловин, тальвегів).

2. Потім, помітивши зібрані об'єкти, створити сітку ЦМР.

3. Тепер можна уточнити сітку, скориставшись командою **«ЦМР» ЦМР кореляція»**. Дана команда працює з поточним масштабом растрової підкладки. Можна спробувати збільшити масштаб і повторити команду, щоб поліпшити результат.



Ручне вимірювання сітки

Для виконання ручного вимірювання потрібно створити сітку одним із доступних способів. Потім потрібно помітити сітку та перейти в режим збору, викликати контекстне меню правою кнопкою миші і виконати команду **«Вимірювання ЦМР»**. При цьому, в залежності від послідовності дій, можливі наступні варіанти:

- Якщо помітити сітку і, перейшовши на закладку **«Збір»**, викликати з контекстного меню команду **«Вимірювання ЦМР»**, то вимір почнеться в режимі висоти. В цьому режимі переміщення миші буде змінювати висоту, так, якби

клавіша **«Ctrl»** була завжди натиснута. І навпаки, при натисканні клавіші **«Ctrl»** миша "звільняється" від висотного режиму, що дозволяє змінити планове положення вузла. Режим дозволяє не використовувати коліщатко миші або не тримати клавішу **«Ctrl»** для зміни висоти вузлів.

- Якщо, помітивши сітку, спочатку увійти в режим захоплення миші, натиснувши клавішу **«F9»**, а потім, викликавши

контекстне меню, увійти у вимірювання сітки, то управління буде стандартним.

В процесі вимірювання сітки ЦМР використовуються наступні "гарячі" клавіші:

- «**Enter**» або ліва кнопка миші – реєстрація точки.
- «**Пробіл**» – пропуск точки (тобто, видалення вузла сітки).
- «**Backspace**» – повернення на повторне вимірювання попередньої точки.

- Стрілки «**вліво**» і «**вправо**» також дозволяють переходити від точки до точки.

Після реєстрації висоти чергового вузла, програма автоматично переходить до вимірювання наступного.

Перервати вимірювання можна клавішею «**ESC**». Якщо потім знову увійти в режим вимірювання сітки, то вимірювання продовжиться з того вузла, на якому зупинилися раніше.

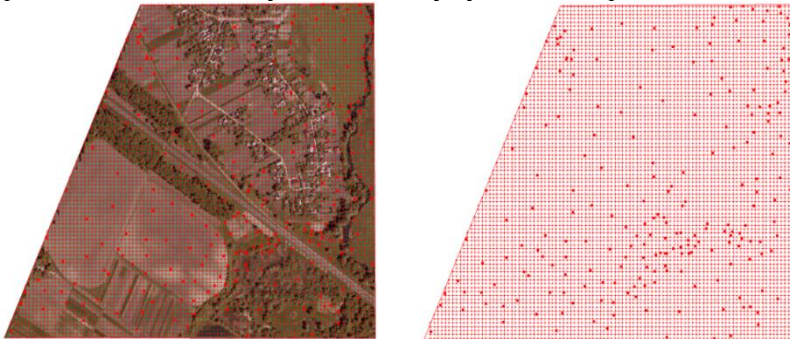


Рис. 8.2. Результати створення регулярної сітки ЦМР в програмі DigitalS

Редагування сітки ЦМР

Інструментарій для роботи з мережами ЦМР набагато ширший, ніж у випадку TIN. Крім кількох способів створення програма надає широкі можливості редагування сіток, передбачених як для сітки в цілому, так і для зміни окремих її вузлів, включаючи наявність цілого ряду фільтрів висот вузлів.

Зміна конфігурації мережі

DigitalS надає можливість видалити частину вузлів сітки.

- Сітку можна обрізати, як і будь-який інший об'єкт карти, скориставшись відповідною командою з меню «Сервіс».

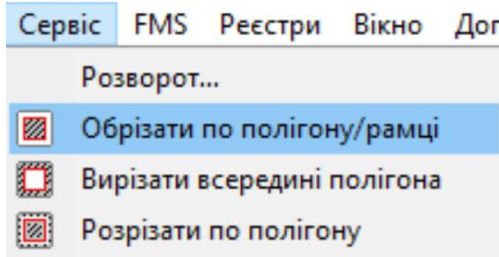


Рис. 8.3. Обрізка сітки ЦМР

- Сітку можна прорідити, тобто збільшити її крок, прибравши зайві вузли. Для цього потрібно помітити сітку і виконати команду «ЦМР > Фільтрувати ЦМР > Прорідити ...»

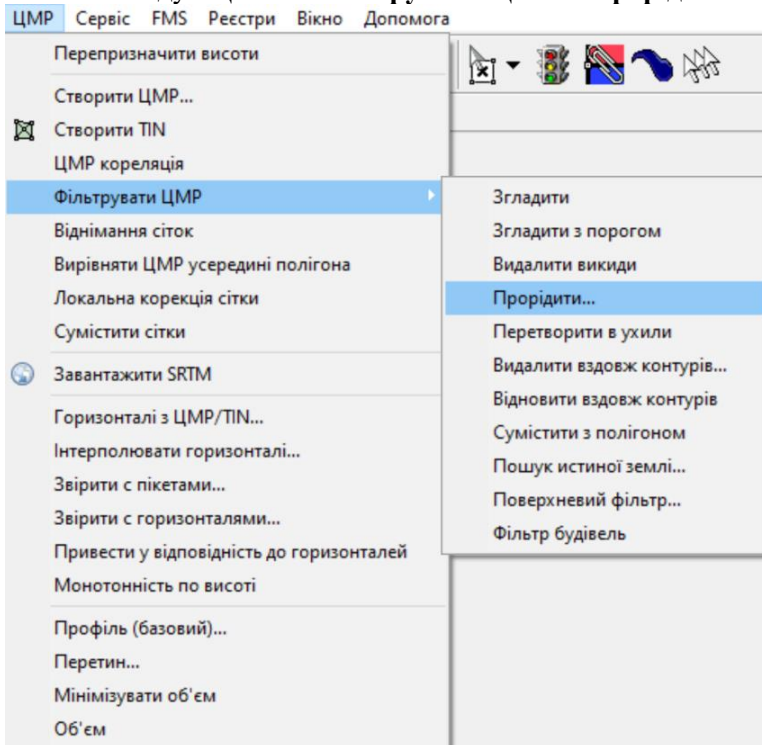


Рис. 8.4. Прорідження сітки ЦМР

Програма запросить коефіцієнт збільшення кроку сітки.

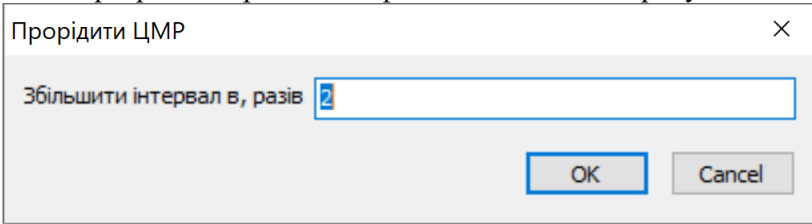


Рис. 8.5. Вікно вибору кроку прорідження сітки ЦМР

- Можна видалити окремі вузли сітки командою **«Вирізати точки»** контекстного меню вузла або гарячою клавішею **«R»**.

- Можна видалити вузли сітки, розташовані на деякій відстані від поміченого контуру. Для цього потрібно позначити сітку і контур та виконати команду **«ЦМР > Фільтрувати ЦМР > Видалити вздовж контурів»**. Програма запитас відстань від контуру, в межах якої будуть видалені вузли. Цю операцію корисно виконувати для видалення вузлів сітки, що знаходяться поблизу структурних ліній при підготовці моделі рельєфу для наступного ортотрансформування знімків.

Зміна висоти вузлів

Зміну висоти вузлів зазвичай проводять в режимі стерео. Для цього слід перейти на нижню панель **«Збір»** і натиснути кнопку **«Capture»** (або клавішу **«F9»**). Помітити сітку, перебуваючи в режимі збору, можна клавішею **«Enter»**. Далі, для уточнення висоти конкретного вузла потрібно "посадити" марку на поверхню поблизу нього і натиснути клавішу **«Z»**.

Корекція висот сітки в цілому

Digitals надає цілий ряд фільтрів висот та інших інструментів для корекції сітки. Ці інструменти перш за все призначені для впорядкування автоматично створених сіток за допомогою команд **«Відновлення рельєфу»** або **«ЦМР кореляція»**.

Розглянутий нижче інструментарій знаходиться в меню **«ЦМР»** і **«ЦМР> Фільтрувати ЦМР»**.

Вирівняти ЦМР всередині полігону

Дозволяє встановити однакову висоту всіх вузлів сітки, що потрапляють всередину полігону. Дана операція застосовується при побудові ЦМР у межах замкнених контурів водних об'єктів – озер, ставів тощо. Перед виконанням команди потрібно помітити сітку і полігон. Вузлам сітки буде присвоєна середня висота, обчислена з вузлів полігону.

Локальна корекція сітки

Дозволяє відкоригувати небажані "виступи" автоматично побудованої сітки в місцях з деревами, будинками та іншими перешкодами. Перед виконанням команди слід зібрати пікет у центрі виступу, який має правильну висоту. Далі потрібно помітити зібраний пікет і сітку та виконати команду. Вузли навколо пікету будуть проінтерпольовані з урахуванням висоти даного пікету.

Команда також може використовуватися для "підтягування" ЦМР до структурних ліній рельєфу. Для цього слід помітити полілінії, що представляють собою тальвеги, водотоки, яри, та саму сітку ЦМР, а потім виконати команду.

На роботу даної команди впливає значення константи Local DEM Distance, яка задає зону корекції в кроках сітки (за замовчуванням 2). Наприклад, якщо крок сітки дорівнює 5 метрів, а Local DEM Distance = 2, тоді коригуватися будуть всі вузли сітки, які лежать на відстані менше 10 метрів від зібраного пікету (або полілінії).

Згладити

Після створення сітки ЦМР кожному її вузлу присвоюється значення кореляції, яке характеризує якість вузла. За допомогою цієї команди висоту вузлів з низьким значенням кореляції можна перерахувати, як середнє значення з висот сусідніх вузлів.

Згладити з порогом

Варіант попередньої команди. Перед виконанням згладжування обчислюється поріг, рівний середньому значенню перепаду висот між сусідніми вузлами сітки. Після цього для кожної точки, в якій перепад висот перевищує поріг, застосовується згладжування, аналогічне попередній команді.

Видалити викиди

Видаляє недостовірні точки (на деревах тощо) і залишає ті, які, ймовірно, лежать на землі.

Сумістити з полігоном

Команда коригує всі точки ЦМР, що лежать всередині полігону. Наприклад, якщо кореляція побудувала ЦМР по кронах дерев в лісовому масиві, то можна обвести масив полігоном і відкоригувати вузли сітки даною командою. Корекція виконується диференційно, так, що форма ЦМР (відносні висоти вузлів) всередині полігону зберігається. Цим команда відрізняється від команди ***Вирівняти всередині полігону***, яка "садить" всі точки ЦМР на середню висоту полігону, роблячи ділянку плоскою.

Пошук істинної землі

Команда призначена для відкидання точок, що належать до штучно споруджених конструкцій. Команда запитує в діалозі параметри *Захоплення* і *Delta Z*, які вводяться через пробіл (в метрах).

Параметр *Захоплення* визначає розмір "вікна", яким сканується ЦМР і повинен бути не менше, ніж розмір максимально великого штучного об'єкта (будівлі), що міститься в моделі рельєфу. Крок переміщення вікна дорівнює кроку сітки ЦМР. При скануванні вікном, в його межах відшукується точка з мінімальною висотою. На наступному етапі знайдені точки перевіряються і відсіюються ті з них, які мають перепад висот з сусідніми мінімальними точками більше ніж *Delta Z*. Таким чином, параметр *Delta Z* задає максимально допустимий перепад висот рельєфу на відрізку, що дорівнює кроку сітки ЦМР. Якщо перепад висот виявляється більше, то вважається, що точка належить штучному об'єкту і її потрібно викинути.

Поверхневий фільтр.


Фільтрує різкі перепади висот: помилкові викиди кореляції, а також дерева і невеликі за площею дахи. Працює методом виділення поверхонь (не обов'язково горизонтальних). Команда запитує в діалозі параметри розміру вікна *Захоплення*, розкиду висот *DZ* і кореляції *K%*, які вводяться через пробіл. Для заданого розміру вікна будується площина, в яку найкращим чином вписуються за висотою всі точки. При цьому точки, що

мають коефіцієнт кореляції нижче заданого (зазвичай 20%), відсіюються ще до побудови. Потім аналізується кут нахилу отриманої площини до горизонту. Якщо він перевищує 45 градусів, то всі точки вікна відкидаються. Якщо ухил менше 45 градусів, то відсіюються лише ті точки, які по висоті віддалені від площини більш ніж на DZ . Всі відкинуті точки сітки замінюються розривами. Далі вікно зміщується на один крок сітки і все повторюється (сканування сітки виконується зліва направо і зверху вниз).

Фільтр будівель

Команда запитує в діалозі параметри розміру вікна *Захоплення* і *розкиду висот* DZ . В межах заданого вікна точки розбиваються на групи з близькою висотою (висотні шари), віддалені один від одного не менш ніж на DZ (зазвичай 2 м). Всі шари, крім самого нижнього, видаляються.

Перетворення в пікети

Для вставки пікетів у вузлах сітки ЦМР можна використовувати інструмент  «Додати вузли», розміщений на бічній панелі «Правка». Потрібно помітити сітку і активувати інструмент. Потім треба вибрати опцію «Всі точки» в діалозі «Додавання пікетів» і натиснути «ОК».

Програма розпізнає в поміченому об'єкті сітку ЦМР і запропонує ввести відсоток фільтрації у відповідному діалозі. Введення числа 100 означає, що пікети будуть створені у всіх вузлах сітки. Якщо ввести менше значення, наприклад, 5 або 10%, то пікети будуть створені на відповідній кількості вузлів, що мають кращу кореляцію – таким чином можна відфільтрувати помилки в автоматично створеній ЦМР. Далі з отриманих (найкращих) вузлів можна створити нерегулярну TIN, з якої в свою чергу побудувати горизонталі.

Завдання для самостійної роботи

Користуючись лекційним матеріалом та рекомендованою літературою ознайомитись з основними типами цифрових моделей рельєфу. Розглянути основні способи побудови регулярної сітки ЦМР. Проаналізувати характеристики та

можливі сфери застосування загальнодоступних глобальних цифрових моделей рельєфу.

Контрольні запитання

1. Які цифрові моделі рельєфу називаються регулярними?
2. Назвати способи створення регулярних ЦМР в програмі Digitals.
3. Описати порядок автоматичного створення ЦМР на основі стереопари растрових знімків.
4. Описати порядок створення ЦМР на основі існуючих об'єктів карти, що мають коректні висоти.
5. Описати порядок створення ЦМР комбінованим способом.
6. Описати порядок створення ЦМР шляхом ручного вимірювання.
7. Назвати основні операції редагування ЦМР в програмі Digitals.
8. Як змінити висоту окремого вузла сітки ЦМР в програмі Digitals?
9. Як вирівняти ЦМР всередині полігону в програмі Digitals?
10. Як вставити пікети у вузлах сітки ЦМР в програмі Digitals?

Лабораторна робота 9

Тема: Виконання ортофототрансформування.

Мета: Навчитись виконувати ортотрансформування знімків.

Ортофототрансформування – це процес перетворення знімка (центральної проекції) в ортогональну проекцію – зображення в заданому масштабі, вільне від спотворення за кути нахилу знімка та з мінімальними (допустимими) спотвореннями за рельєф місцевості. Для такого перерахунку необхідно мати цифрову модель рельєфу, яка може бути представлена у вигляді регулярної сітки, горизонталей, набору нерегулярних пікетів, структурних ліній тощо. Якщо цей процес відбувається з цифровим знімком, то його називають цифровим ортофототрансформуванням.

Продуктом в цьому випадку є цифрова ортофотокарта – растрове зображення, побудоване в масштабі топографічної карти, часто доповнене умовними знаками та зображенням рельєфу у вигляді горизонталей.

Ортофотоплан створюється в геодезичній розграфці із заданим масштабом і роздільною здатністю.

Процес ортофототрансформування в програмі Digitals відбувається за наступним алгоритмом.

1) На першому етапі створюється чистий растровий файл, що має геодезичну прив'язку.

2) Потім формуються межі растрових фрагментів, використовуючи стандартні засоби збору.

3) Далі виконується трансформування (перенесення) растрових фрагментів з вихідних знімків у створений ортофотоплан.

Порядок виконання ортофототрансформування програмі Digitals

Спочатку у вихідному файлі необхідно задати масштаб і рамку майбутнього ортофотоплану, використовуючи команду «Карта/Властивості». З'явиться вікно «Властивості карти» (рис. 9.1).

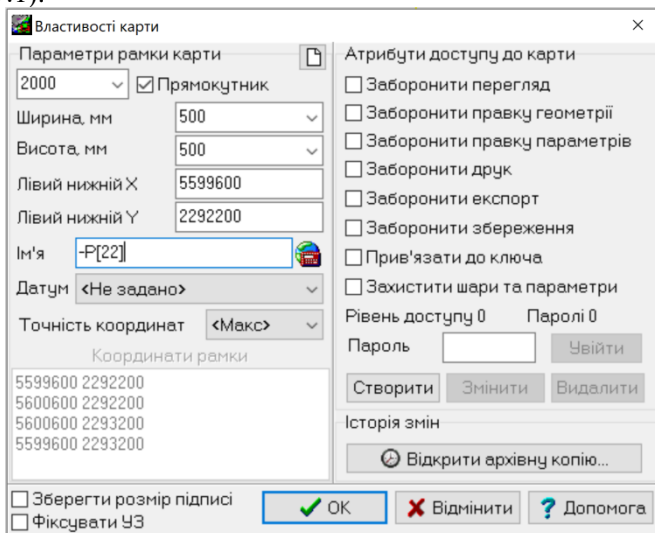


Рис. 9.1 Вікно введення параметрів карти

В даному вікні необхідно вказати масштаб ортофотоплану (1:2000), розміри рамки та координати її лівого нижнього кута. Розміри рамки приймаються стандартними для розграфки планшета масштабу 1:2000 (500 x 500 мм) або відповідно до розміру ділянки, що трансформується. Координати лівого нижнього кута рамки визначаємо наступним чином. Наводимо курсор на лівий нижній кут ділянки, його координати відобразяться в командній стрічці внизу робочого вікна (наприклад, X=5599662,45м; Y=2292274,22м). Тоді, враховуючи, що сторона квадрата координатної сітки для масштабу 1:2000 становить 200 метрів, координати кута рамки заокруглюються в менший бік з кратністю 200 м і в нашому випадку становитимуть: X=5599600 м; Y=2292200 м.

Далі треба створити чисту растрову підкладку для майбутнього ортофотоплану на всю область мозаїки «Орто/Створити». З'явиться вікно (рис 9.2), в якому вказується назва та шлях збереження файлу, тип зображення та роздільна здатність ортофотоплану.

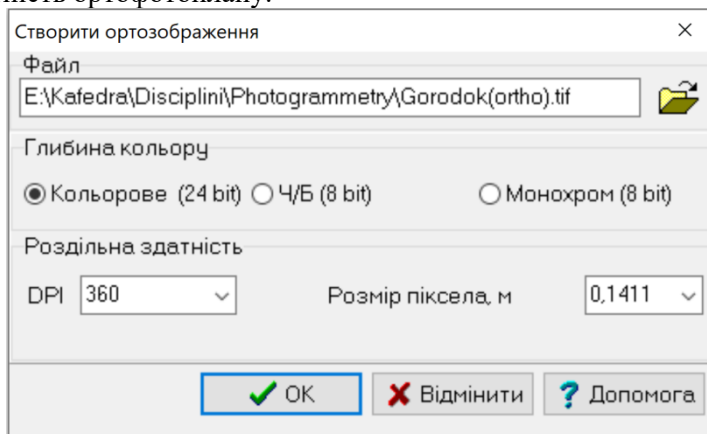


Рис. 9.2 Вікно створення листа ортофото

Після введення цих характеристик натискаємо кнопку «**Ok**». В результаті в іншому вікні відкриється чиста растрова підкладка, куди буде відбуватись попіксельне перенесення трансформованих растрових фрагментів з вихідного знімка в ортофотоплан. Перехід від вихідного вікна із знімком до вікна

ортофотоплану здійснюється за допомогою закладок з іменами файлів. Надалі створений файл буде заповнюватись трансформованими фрагментами ортофотозображень. Для цього у вихідному вікні в стерео- або монорежимі необхідно зібрати та помітити полігони та виконати їх трансформування, використовуючи команду «**Орто/Трансформувати**». Зазвичай полігони збираються по дорогах, каналах, річках тощо з метою маскування стиків. Збір та трансформування полігонів виконується до повного заповнення створеного ортофотоплану.

Якщо створений ортофотоплан повністю знаходиться в межах одного знімка, то достатньо помітити рамку і активізувати команду трансформування. В результаті весь ортофотоплан буде заповнений трансформованим зображенням.

***Примітка:** Якість отриманих трансформованих растрових зображень безпосередньо залежить від якості цифрової моделі рельєфу на ділянку, що трансформується. При трансформуванні використовуються усі наявні висотні дані (регулярна сітка висот, горизонталі, пікети тощо).*

Завдання для самостійної роботи

Користуючись лекційним матеріалом та рекомендованою літературою ознайомитись з теорією цифрового ортофототрансформування. Проаналізувати геометричне пояснення процесу ортофототрансформування. Розглянути основні способи допасування оптичних щільностей згенерованим пікселям ортофотозображення.

Контрольні запитання

1. Який процес називають ортофототрансформуванням?
2. Що називається цифровою ортофотокартою?
3. За яким алгоритмом відбувається процес ортофототрансформування в програмі DigitalS?
4. Від чого залежить якість отриманих трансформованих растрових зображень?
5. В якій проекції створюється ортофотоплан?
6. Яким чином задаються початкові координати лівого нижнього кута рамки?

Лабораторна робота №10


Тема: Оформлення ортофотоплану.



Мета: Навчитись виконувати оформлення елементів рельєфу і гідрографії та позарамкове оформлення ортофотоплану.

Порядок виконання роботи

Для доповнення створеного ортофотоплану інформацією про висотне положення точок необхідно виконати інтерполяцію горизонталей та підписати позначки висот відповідно до умовних знаків масштабу 1:2000.

Для інтерполяції горизонталей рекомендується використовувати точки нерегулярної мережі та структурні лінії рельєфу, оскільки їхнє положення краще описує характер рельєфу, а також елементи гідрографії. Помітивши елементи, на основі яких буде виконуватись інтерполяція виконуємо операцію **«ЦМР/Інтерполювати горизонталі»**. Висота перерізу рельєфу вказується у відповідному вікні і може становити 0,5 м або 1 м в залежності від характеру рельєфу.

Основними елементами рельєфу, що відображаються на ортофотоплані є позначки висот, горизонталі, обриви, яри та ін. Позначки висот були зібрані під час побудови TIN-моделі, тепер необхідно підписати їх висоти відповідно до умовних знаків. Для цього треба помітити всі відмітки (**помітити одну позначку> Права клавіша миші> Помітити увесь шар**) і натиснути кнопку  на панелі інструментів закладки **«Інфо»**. Відкриється вікно **«Менеджер підписів»** (рис 10.1).

В даному вікні обирається шаблон підпису  та вказується розташування підпису по відношенню до об'єкта. Атрибути шрифтів вибираються в менеджері параметрів (кнопка  головної панелі інструментів).

Під час автоматичного інтерполювання програма буде горизонталі без підписів і поміщає їх на один шар (Default layer). Отже потрібно виділити серед горизонталей основні та потовщені і перенести їх на відповідні шари.

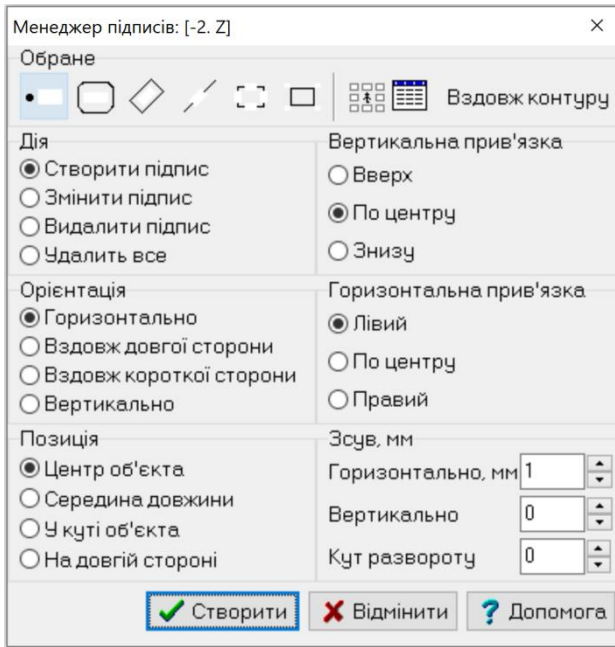




Рис. 10.1. Менеджер підписів

Горизонталі потовщуються в залежності від висоти перерізу рельєфу:

- кожна четверта при висоті перерізу 0,5 м;
- кожна п'ята при висоті перерізу 1 м.

Потовщені горизонталі підписуються. Порядок виконання підписів аналогічний до підписів позначок висот. Відмінністю є вибір іншого шаблону  і те, що підписи виконуються окремо для кожної потовщеної горизонталі. Ще одним нюансом при підписі горизонталей є те, що підпис потрібно виконувати не за параметром «Z», як за замовчуванням пропонує програма (в такому випадку підписи будуть мати ті ж атрибути, що і позначки висот), а за параметром «**Підпис горизонталі**». Якщо даний параметр відсутній, його слід додати із списку параметрів шарів. Для цього потрібно увійти в менеджер шарів, вибрати потрібний шар, натиснути кнопку , обрати параметр «**Підпис**

горизонталі» і скопіювати його у список параметрів даного шару, натиснувши кнопку **«Сору»**.

Далі необхідно виконати редагування горизонталей:

- обрізати замкнуті горизонталі по краях ортофотоплану;
- зробити невидимими ділянки горизонталей в місцях підписів;
- знищити неправдоподібні горизонталі зумовлені недостатньою кількістю висотних точок на важкодоступних ділянках та на краях знімків.

Щоб обрізати горизонталі треба помітити вузол, в якому починається обрізка, натиснути праву кнопку миші і вибрати команду **«Розділити об'єкт»**. Потім помітити зайву ділянку горизонталі і знищити її.

Щоб зробити невидимими ділянки горизонталей в місцях підписів потрібно навестись на найближчий вузол горизонталі з одного боку від підпису і, викликавши контекстне меню правою кнопкою миші, вибрати команду **«Маркувати точку»**. Потім наводимось на вузол з іншого боку підпису і з контекстного меню вибираємо команду **«Маркувати фрагмент»**. Далі знову наводимось на цей же вузол і вибираємо з контекстного меню команду **«Невидима лінія»**. В результаті фрагмент горизонталі під підписом стане невидимим.

Для виготовлення на основі отриманого ортофотозображення цифрового ортофотоплану необхідно створити рамку листа карти, координатну сітку, виконати зарамкове оформлення.

Вибираємо закладку **«Вставка/Номенклатурна рамка»**. З'являється вікно **«Створити рамку»** (рис.10.2), в якому необхідно вибрати тип рамки (прямокутна), масштаб, координати нижнього лівого кута та розміри рамки. Ці параметри задаються такими самими як і при створенні рамки ортофотоплану. Натискаємо кнопку **«Створити»** і програма побудує рамку планшета з позарамковим оформленням відповідно до заданих параметрів.

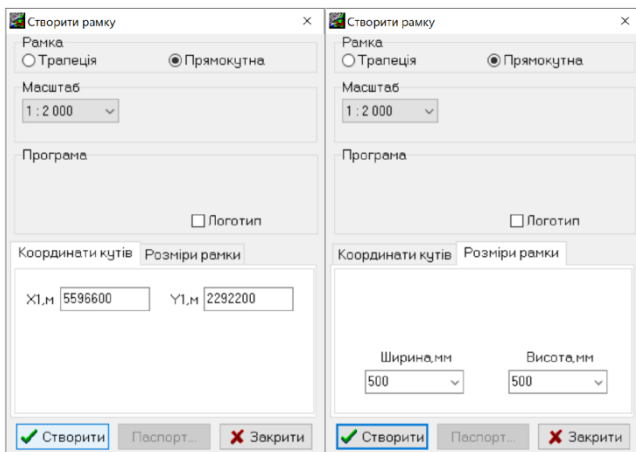


Рис. 10.2. Вікно параметрів рамки

Далі редагуємо існуючі підписи. Для цього необхідно їх помітити та перейти на закладку бічної панелі «**Інфо**». Завантажиться відповідне вікно, в якому можна редагувати існуючі підписи та створювати нові. У цьому вікні слід ввести підписи відповідно до зразка, наведеного на рис. 10.3.

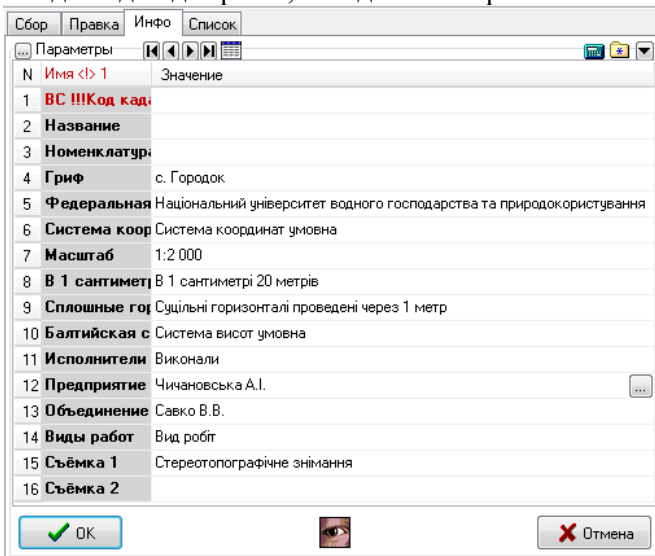


Рис. 10.3 Вікно редагування підписів зарамкового оформлення ортофотоплану

Щоб побудувати координатну сітку треба спочатку в менеджері шарів додати відповідний шар, назвати його та задати необхідні атрибути (колір, стиль лінії, товщину). Далі потрібно вибрати закладку «Вставка/Сітка». В результаті відкриється вікно (рис. 10.5), в якому вказується назва шару, на який буде поміщена сітка, крок сітки та координати нижнього лівого кута. Крок сітки задається в метрах відповідно до масштабу. Оскільки квадрати координатної сітки будуються на плані з кроком 10 см, то для масштабу 1:2000 крок становитиме 200 м. Координати нижнього лівого кута задаються такими ж самими, як і при створенні рамки. Крім того є можливість обрати спосіб представлення сітки (суцільну або перехрестями), у нашому випадку – перехрестями.

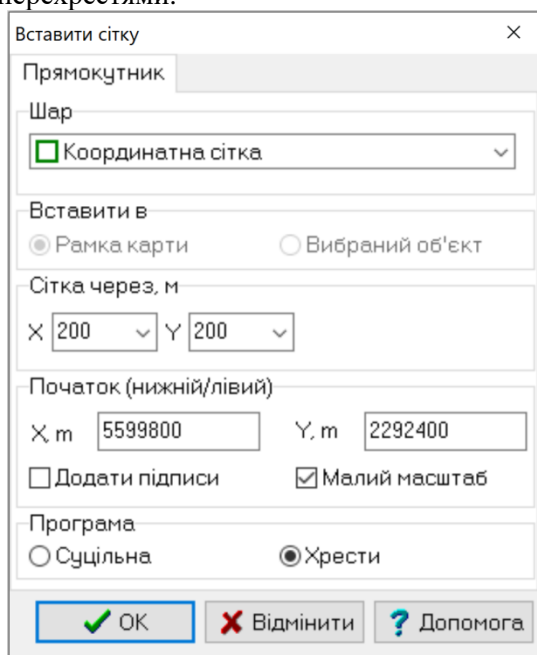


Рис. 10.4. Вікно вставки координатної сітки

Оформлений ортофотоплан друкується на листі формату А1. Приклад наведено в додатку 2.

Завдання для самостійної роботи

Користуючись рекомендованою літературою ознайомитись з варіантами оформлення стандартних аркушів ортофотопланів залежно від масштабу їх побудови.

Контрольні запитання

1. Як автоматично підписати позначки висот в програмі Digitals?
2. Як підписати горизонталі в програмі Digitals?
3. Як виконується зарамкове оформлення ортофотоплану в програмі Digitals?
4. З яким кроком будується координатна сітка при оформленні ортофотоплану в масштабі 1:2000?
5. За яким параметром підписуються горизонталі?

Література

1. Дорожинський О. Л., Тукай Р. Фотограмметрія : підручник. Львів : Видавництво НУ «Львівська Політехніка», 2008. 330 с.
2. Дорожинський О. Л. Аналітична та цифрова фотограмметрія : підручник. Львів : Видавництво НУ «Львівська Політехніка», 2002 р. 163 с.
3. Інструкція з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500 (ГКНТА-2.04-02-98): затв. наказом Головного управління геодезії, картографії та кадастру при КМУ від 09.04.98. № 56.
4. Федоров Д. Digitals. Використання в геодезії, картографії та землеустрої. Вінниця : ТОВ «Аналітика», 2015. 354 с.
5. Цифровий фотограмметричний комплекс «Дельта». Програмне забезпечення для орієнтування цифрових моделей Керівництво оператора. Частина 1. Вінниця, 2002. 32 с.

ДОДАТОК 1

1. Параметри знімальної камери АФА ТЭС-100:

Проекція – центральна

Фокусна віддаль – 100,00 мм

Базис фотографування – 60 мм

Розміри знімка – 180× 180 мм

Координати центра знімка $-X_0=0$; $Y_0=0$

Координати міток:

Номер мітки	X, мм	Y, мм
1	0.000	-80.000
2	80.000	0.000
3	0.000	80.000
4	-80.000	0.000

2. Каталог координат опорних точок:

Назва точки	X, м	Y, м	Z, м
1	5608836,214	274682,062	190,231
2	5608614,920	275078,855	197,651
3	5608094,094	274585,291	212,071
4	5607982,249	275410,907	187,600
5	5607892,768	275038,689	181,955
6	5607420,852	274977,154	203,845
7	5607425,282	275467,388	183,700
8	5607494,069	279077,667	181,927
9	5607497,064	279238,957	195,416
10	5607351,332	279533,705	198,722
11	5607960,167	279534,363	226,990
12	5607857,196	279133,538	182,959
13	5608720,867	275526,894	180,920
14	5608736,769	275833,319	180,151
15	5608735,278	276016,954	179,964
16	5608624,203	276359,666	180,104
17	5608702,079	276573,375	180,052
18	5608706,802	276722,570	179,790
19	5608810,094	276943,431	183,433
20	5608810,971	277076,074	183,981
21	5608868,860	277329,614	207,649

22	5608791,026	277461,625	191,380
23	5608776,965	277764,595	218,152
24	5608898,375	277906,594	226,880
25	5608798,531	278011,777	226,787
26	5608955,046	278217,340	235,173
27	5609030,025	278538,746	236,320
28	5609045,372	278625,706	236,496
29	5609009,173	279183,341	223,131
30	5608229,288	279258,402	236,110
31	5608123,696	279205,826	235,756
32	5608172,216	278656,337	205,607
33	5608094,290	278342,617	210,551
34	5608057,939	278144,389	197,621
35	5608085,256	277966,599	184,456
36	5608261,369	277846,040	183,619
37	5607294,536	278789,900	189,760
38	5607321,928	278380,916	191,148
39	5607392,096	278008,313	190,053
40	5607464,820	277694,535	186,049
41	5607316,179	277197,409	186,405
42	5607331,703	276895,451	191,184
43	5607544,087	276731,529	191,041
44	5607605,528	276479,985	188,819
45	5607312,931	276229,057	188,664
46	5607469,308	275959,140	187,564
47	5607362,354	275825,442	183,627
48	5607934,172	275747,544	188,039
49	5608044,739	276107,793	190,227
50	5608013,769	276257,224	190,314
51	5607978,055	276591,468	191,551
52	5607970,57	276780,080	190,399
53	5608014,436	277063,889	189,689
54	5608143,241	277568,93	185,535
55	5608087,917	277420,821	186,207
56	5608096,086	277349,294	184,257

Ортофотоплан місцевості

