
ГЕОДЕЗІЯ ТА ЗЕМЛЕУСТРІЙ. ТОПОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧНЕ І КАРТОГРАФІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗЕМЛЕВПОРЯДКУВАННЯ

УДК 528.74:528.8

<https://doi.org/10.31548/zemleustriy2020.02.16>

ФОРМУВАННЯ ЦИФРОВОЇ МОДЕЛІ РЕЛЬЄФУ ЗА МАТЕРІАЛАМИ АЕРОФОТОЗЙОМКИ В ПРОГРАМНОМУ ЗАСОБІ CIVIL 3D

БУТЕНКО Є.В., кандидат економічних наук, доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України

E-mail: evg_cat@ukr.net

БОРОВИК К. В., студентка

Національний університет біоресурсів і природокористування України

E-mail: borovyk.karolina@gmail.com

ГЕРИН А. Р., студентка

Національний університет біоресурсів і природокористування України

E-mail: anastasiyagerin5@gmail.com

ГУБКІН Б. А., студент

Національний університет біоресурсів і природокористування України

E-mail: bogdan.work11@gmail.com

Анотація. У статті досліджено окремі аспекти використання цифрової моделі рельєфу (ЦМР), їх класифікація та способи отримання в програмному засобі Civil 3D. Проаналізовані матеріали аерофотозйомки території об'єкта дослідження (земельна ділянка із рослинним покривом та будівлею навчального корпусу НУБіП України) із подальшою обробкою результатів вимірювання, за допомогою програмного засобу Pix4D, формування хмари точок, яка і була взята за основу для побудови цифрової моделі рельєфу.

У статті запропонована класифікація поверхонь у програмному засобі Civil 3D, формування їх компонентів та наповнення даними. Проведено порівняння отриманих поверхонь залежно від вихідних даних. Проілюстровані помилки, які виникають при роботі з хмарою точок та формуванні поверхні з використанням програм Autodesk ReCap та Civil 3D. Виявлені основні переваги та недоліки побудови рельєфу на основі сформованих за матеріалами аерофотозйомки місцевості хмар точок, і запропоновано спосіб їх усунення. Розглянуті функції і можливості програм Civil 3D та Autodesk ReCap та особливості побудови поверхонь на основі різних вихідних даних.

Наведено порівняння ЦМР (сформованої за допомогою програмного засобу Autodesk Civil 3D) та топографічного плану (сформованого у результаті тахеометричної зйомки).

Ключові слова: *фотограмметрія, цифрова модель рельєфу, Civil 3D, хмара точок, точки координатної геометрії.*

Вступ.

Цифрові моделі рельєфу набули поширеного застосування при вирішенні широкого кола питань у топографії та землеустрої. Багато компаній, що займаються проектуванням лінійних об'єктів, використовують тривимірні моделі рельєфу, що поліпшують візуалізацію території та обґрунтованість проектних рішень. Переваги об'ємного уявлення рельєфу очевидні - наочність, зручність в роботі і зниження ймовірності отримання помилок внаслідок людського фактору.

Цифрова модель рельєфу (ЦМР) є засобом представлення топографічної (земної) поверхні при комп'ютерній обробці результатів інженерно-геодезичних вишукувань. За допомогою цифрової моделі рельєфу вирішуються такі прикладні задачі, як побудова горизонталей, отримання поздовжніх і поперечних профілів, підрахунок обсягів земляних мас і т.п. Процеси моделювання поверхонь враховуються при проектуванні генеральних планів, за допомогою цифрової 3D моделі існуючого рельєфу вирішують завдання підрахунку і оптимізації обсягів переміщуваного ґрунту. А для успішної та ефективної реалізації створених проектів, будь то генеральний план або проект автомобільної дороги, необхідно представляти проектне рішення у вигляді цифрової 3D моделі рельєфу проєктованої поверхні, так як такі дані є об'єктивною основою для забезпечення роботи систем автоматич-

ного управління та прийняття обґрунтованих рішень. Тому завдання створення і використання цифрових моделей поверхонь переходить із суто технічної площини та формує експертний інтерес при формуванні проектних рішень та управлінні територіями.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Дослідження цієї тематики велися багатьма авторами, зокрема: Бартоломей Шигула досліджував процес створення цифрової моделі рельєфу у програмному засобі ArcGIS, Костін А. В. – методи створення цифрових моделей рельєфу та напрями використання у програмному засобі ArcGIS, Раві П. Гупта розглянув формування ЦМР для растрової ГІС, Бурштинська Х. В. виконала порівняльний аналіз точностей побудови ЦМР з використанням програмного пакета Surfer та геоінформаційної системи ArcGIS. Ними розроблені методики побудови ЦМР та різні способи створення 3D моделей.

Питання формування цифрової моделі рельєфу та її застосування залишається актуальним, оскільки програмних засобів, за допомогою яких можна побудувати ЦМР, досить багато, що створює передумови для їх аналізу і об'єктивної оцінки при вирішенні спеціальних задач.

Мета дослідження полягає у аналізі теоретико-методологічних засад при створенні ЦМР за матеріа-

лами аерофотозйомки у програмному комплексі Autodesk Civil 3D.

Методологія та методи дослідження. В ході дослідження використано топографічний метод та метод наукового порівняння; застосований розрахунковий метод для визначення середньоквадратичної похибки медіального відхилення кривої; порівняльний метод при аналізі топографічного плану та ЦМР; експериментальні знімання із БПЛА та наземного знімання. Для отримання змоги побудови поверхонь використовувалися такі програмні засоби, як: Pix4D, ReCap, Civil 3D.

В процесі формування вихідних даних для реалізації дослідження був використаний БПЛА Phantom 4 Pro, камера якого (не є каліброваною для топографічних цілей аерофотозйомки, але може бути використана для вирішення спеціальних задач із допустимою похибкою) має такі технічні характеристики:

- Матриця: 1 “ CMOS
- Число ефективних пікселів: 20 Мп
- Об’єктив: Кут огляду 84 °, 24 мм (еквівалент формату 35 мм), f / 2.8 - f / 11, автофокус 1 м - ∞
- Діапазон ISO:
- Швидкість механічного затвору: 8 - 1/2000 с
- Швидкість електронного затвору: 8 - 1/8000 с

Виклад основного матеріалу.

Для реалізації поставленої мети дослідження необхідно здійснити теоретичний огляд поняття ЦМР, їх складових та призначення.

ЦМР – це растрове подання безперервної поверхні, яке зазвичай посиляється на поверхню Землі. Точність цих даних визначається в першу чергу роздільною здатністю (відстань між точками зразка). Інші чинники,

що впливають на точність – це тип даних (цілі числа або з плаваючою точкою) і фактично вибірка поверхні при створенні оригінальної ЦМР.

Поверхня складається з наступних компонентів:

- точки;
- трикутники;
- кордон;
- горизонталі;
- сітка.

Цифрові моделі рельєфу дозволяють проводити такі операції:

- швидке отримання інформації про морфометричні показники (висота, кут нахилу, експозиція схилу) в будь-якій точці моделі;
- аналіз крутизни та експозицій схилів, побудова «нальоту» відповідних карт;
- генерація горизонталей;
- побудова профілів поперечного перерізу рельєфу у напрямку прямої або ламаної лінії;
- аналіз поверхневого стоку;
- генерація мережі тальвегів і вододілів;
- розрахунок обсягів;
- розрахунок площ поверхні;
- розрахунок рівнів і площ затоплення;
- побудова тривимірних моделей рельєфу з можливостями рендерингу і драпірування поверхні як векторними об’єктами (гідромережа, дороги, населені пункти, ландшафтні карти і т.п.), так і растровими шарами (топокарти, дані дистанційного зондування);
- створення відеозображення «прольоту» над поверхнею моделі
- по заданому маршруту (системи віртуальної реальності);
- аналіз зон видимості з заданої точки або точок огляду і побудова відповідних карт або тривимірних моделей;
- трансформація вихідної моделі шляхом додавання нових даних. [6]

В ході дослідження, для створення поверхні, нами буде використовуватись програмний засіб Civil 3D та формування в ньому поверхні, як тривимірного геометричного уявлення ділянки землі. Поверхня складається з даних точок, які з'єднуються між собою і формують трикутники або сітку поверхні.

Видимість будь-якого з компонентів на поверхні можна ввімкнути або вимкнути. Таким чином, наприклад, створивши проектну поверхню і включивши відображення горизонталей на ній, можливо побачити вертикальне планування ділянки. Таке планування буде динамічним і реагуватиме на всі подальші зміни поверхні.

Як правило, спочатку поверхню в Civil 3D створюється порожній, а потім наповнюється даними для побудови. Такими даними можуть бути:

- Точки координатної геометрії (COGO);
- Горизонталі, структурні лінії;
- Прості об'єкти AutoCAD (точки, відрізки, блоки, тексти, 3D-грані, багатогранники);
- Межі;
- Файли DEM (файли DEM призначені для зберігання і перенесення великих обсягів топографічної інформації про рельєфу вигляді координат XYZ вузлів сітки з постійним кроком).

Поверхні в Civil 3D бувають наступних типів:

Поверхні TIN. В основі такої поверхні лежать трикутники, які з'єднують між собою найближчі один до одного точки поверхні і утворюють триангуляційну мережу. Відмітка будь-якої точки на поверхні визначається інтерполяцією відміток вершин найближчих трикутників. Це найпоширеніший і часто вживаний тип поверхонь;

Сітчасті поверхні. В основі такої поверхні лежать точки на сітці з по-

стійним кроком. Такі поверхні застосовуються для відображення великих просторів менш деталізовану;

Поверхні TIN для обсягу. Композитна поверхню, побудована за даними різниці відміток точок поверхні порівняння і базової поверхні. Найчастіше порівнюють поверхню існуючої землі з проектною для обчислення загальних обсягів земляних робіт;

Сітчасті поверхні для обчислення обсягу. Відмітки такої поверхні обчислюються як різниця верхньої і нижньої поверхонь, з точками на сітці.

При створенні поверхні в програмі Civil 3D [8], в якості вихідних даних був використаний результат обробки аерофотознімків навчального корпусу №6 НУБіП в програмному забезпеченні Pix4D, що представляє собою хмару точок. Варто відмітити, що перед експортом в програмі Pix4D необхідно провести класифікацію точок і окрему групу точок, призначену для експорту, що не включає в себе об'єкти, які можуть створювати похибки при побудові горизонталей (наприклад, кущі, дерева, будинки і т.д.). ПЗ Civil 3D підтримує даний функціонал, і дозволяє специфікувати потрібну групу або групи точок при імпорті хмари точок із зовнішнього файлу.

Однак, безпосередньо Civil 3D не обробляє файли формату .xyz. Для забезпечення сумісності в пакеті програм, що постаються з Civil 3D, існує ПЗ ReCap. Даний додаток можна запустити безпосередньо з інтерфейсу програми Civil 3D (меню «Вставка» на панелі інструментів). Даний додаток представляє собою можливість привести формат вихідних даних у формат, сумісний з Civil 3D: .lcr і .rcs. Для того, щоб виконати перетворення формату в ПЗ ReCap потрібно виконати наступне: обрати «scan project», після чого, у

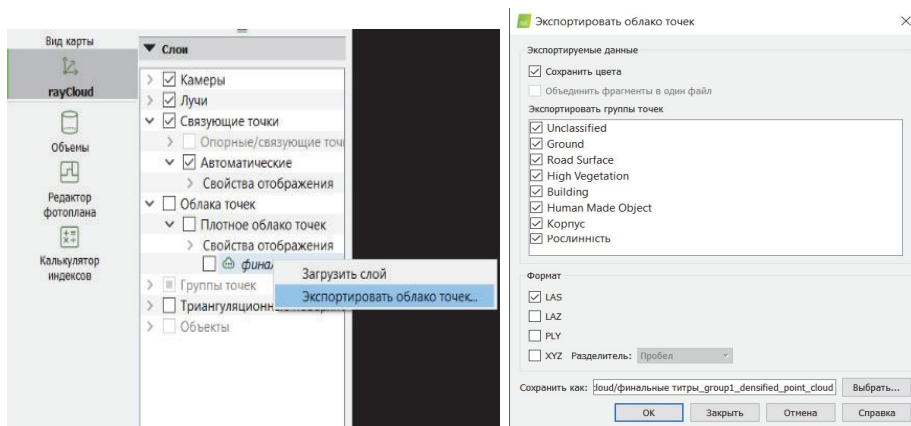


Рис. 1 Експорт хмари точок. Програма Pix4D

вікні, що відкрилося, обрати місцезнаходження файлу, наступним кроком обрати розширення файлу .xyz – далі «index scans» – «import files» – «launch project». В результаті цих дій хмара точок буде імпортована в Civil 3D.

У випадку, якщо на попередньому етапі не були видалені чи відфільтровані в окрему групу точки, що вносять похибку при побудові горизонталей, Autodesk ReCap надає функціонал для виконання фільтрації точок. Прибрати непотрібні точки можна двома способами:

- за допомогою інструменту Fence;
- шляхом розділення об'єктів на регіони (області), виділити необхідні точки в окрему область і виконати її експорт (рис.3).

В даній роботі був використаний другий варіант. Точки, які вносять похибку при побудові, були віднесені в окремий регіон, видимість якого в подальшому була вимкнена, а решта точок були експортовані в окремий файл. Даний файл був завантажений в Civil 3D за допомогою меню «Вставка».

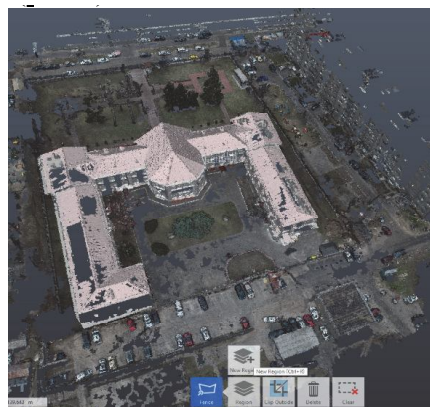


Рис. 2 Хмара точок у програмі Autodesk ReCap

Рис.3 Створення регіонів точок у програмі Autodesk ReCap

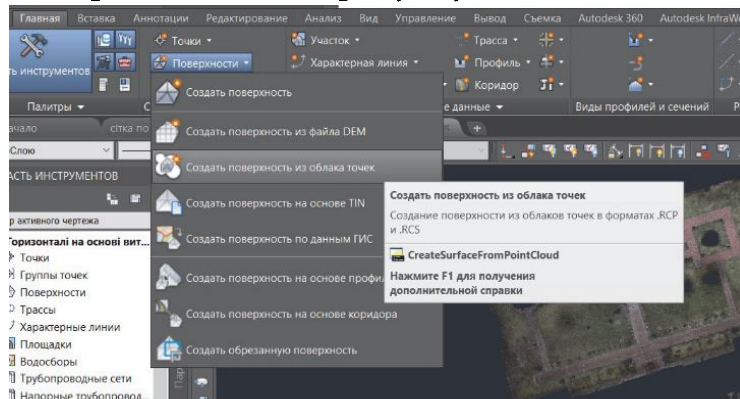


Рис.4 Створення поверхні з хмари точок у програмному засобі Civil 3D

Для створення ЦМР згідно завантаженої хмари точок на вкладці «Головна» обираємо опцію «Створити поверхню з хмари точок». В результаті програма створила поверхню, яка представлена на рисунку 6.

На рисунку видно, що побудована програмою поверхня містить похибки. На жаль, уникнути їх шляхом фільтрації точок на попередніх етапах практично неможливо, тим паче, якщо на оброблюваній ділянці багато рослинності.

Тому побудуємо рельєф за допомогою точок COGO, які створимо вручну – і таким чином, мінімізуємо отримані похибки. Точки координатної геометрії

(COGO) – це об'єкти AutoCAD Civil 3D, які можуть відображатися на кресленні і якими можна маніпулювати графічним образом. Зовнішній вид точок налаштовується за допомогою міток точок і стилей точок. Для створення точок на вкладці «Головна» необхідно обрати опцію «Створити точки» в меню «Точки», вказавши в якості параметру «Поверхня» – «Вздовж полілінії/горизонталі». Після чого програма запропонує ввести додаткові параметри створюваних точок:

- Відстань між точками;
- Опис точки;
- Горизонталь, на якій необхідно виконати побудову точок.



Рис. 5 Поверхня створена з хмари точок



Рис.6 Помилки горизонталей

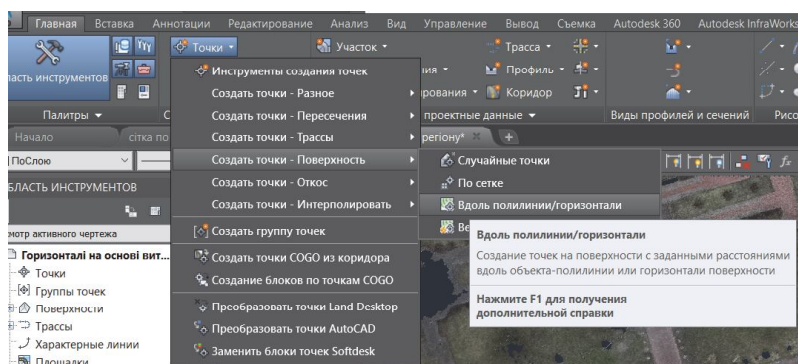


Рис. 7 Створення точок COGO вздовж горизонталей

В описі точок можна віднести ці точки в окремі групи, що зручно для налаштування стилю відображення цієї групи, а також при наповненні віртуальної поверхні даними поточної групи точок.

Для створення точки повністю вручну, тобто обрати команду створення точок вручну, після чого клацнути ЛКМ на місці, в якому хочемо створити точку, ввести опис та висоту і точка буде створена.

Рекомендуємо комбінувати команди, для загального наповнення по горизонталям, а потім додати вручну точки там, де вони необхідні. Також,

будь-яку з них, можна з легкістю видалити, обравши її і натиснувши delete.

Стандартний вигляд точки можна побачити на рис.8

Для того, щоб змінити стиль в Навігаторі розкриваємо меню «точки», обираємо необхідну групу точок, натискаємо на неї ПКМ та обираємо «Властивості».

Важливо враховувати, що після того як будь-яка точка була видалена або додана до групи необхідно використовувати функцію «Оновити», яка знаходиться в тому ж меню. Якщо цього не робити у доданих точок не змінюватиметься стиль відображення.

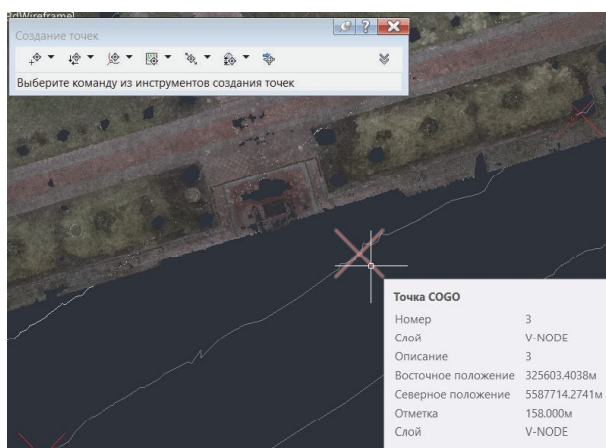


Рис. 8 Створення точок COGO.

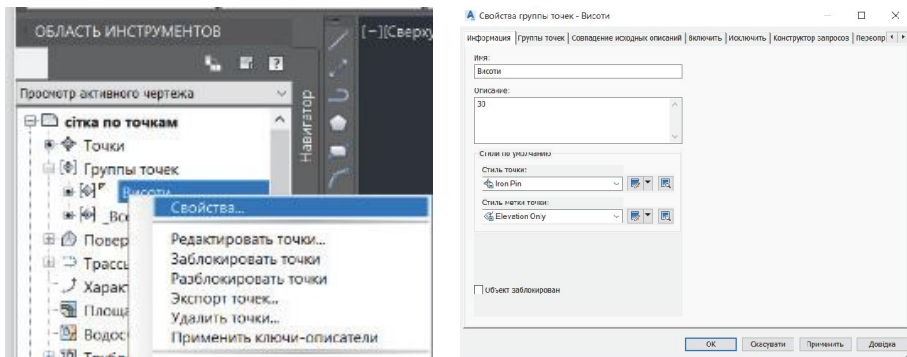


Рис. 9 Властивості групи точок COGO

В результаті виконаної роботи необхідно отримати групу точок, яка опише поверхню, що формується більш точно, ніж на попередніх етапах.

За допомогою опції «Поверхня» сформуємо кінцеву поверхню. У вікні, що відкривалося, вказуємо інформацію: тип поверхні, ім'я, опис, стиль та матеріал для візуалізації (рис 11). В результаті цих дій поверхня буде створена і відображена в Навігаторі. На даний момент ця поверхня є віртуальною: наступним етапом необхідно наповнити її даними. Для цього на вкладці «Навігатор», в меню обраної поверхні, необхідно додати створену раніше групу точок, шляхом опції «Групи точок» - «Додати» в меню «Визначення». Далі відкриється діалогове вікно (рис.12), в якому слід вказати потрібну групу точок. Натиснення кнопки «Ок» завершує процес наповнення поверхні. В результаті виконаної роботи програма відмалює створений рельєф.

В результаті отримуємо поверхню та змінимо стиль відображення на тональний:

Порівнявши наш рельєф та топоплан (рис. 14) створений у результаті тахеометричної зйомки, можна помітити різницю в звивистості горизонталей.

Чому взагалі виникають відмінності, по-перше, це може бути недостатня забезпеченість даними або недосконалі дані, так як хмара точок, яку ми використали не була бездоганною і містила прогалини. По-друге, зйомка тахеометром також не є ідеальною. При її проведенні існують різні фактори впливу і види похибок, які деякою мірою впливають на результати.

Тобто, якісь похибки завжди присутні. І, звісно ж, найкраще це коли наявні результати декількох видів зйомок, проаналізувавши які, можна досягнути бажаного та більш точного результату.

Для того, щоб визначити наскільки відрізняються горизонталі сформовані на основі даних із хма-



Рис.10 Створені точки COGO

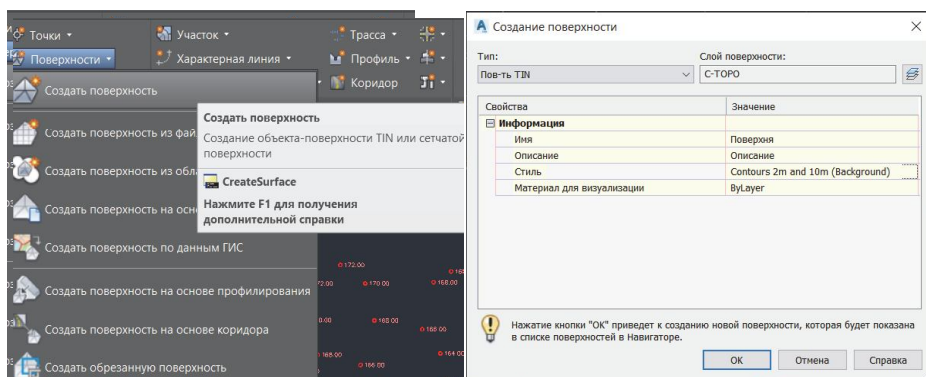


Рис. 11 Створення поверхні

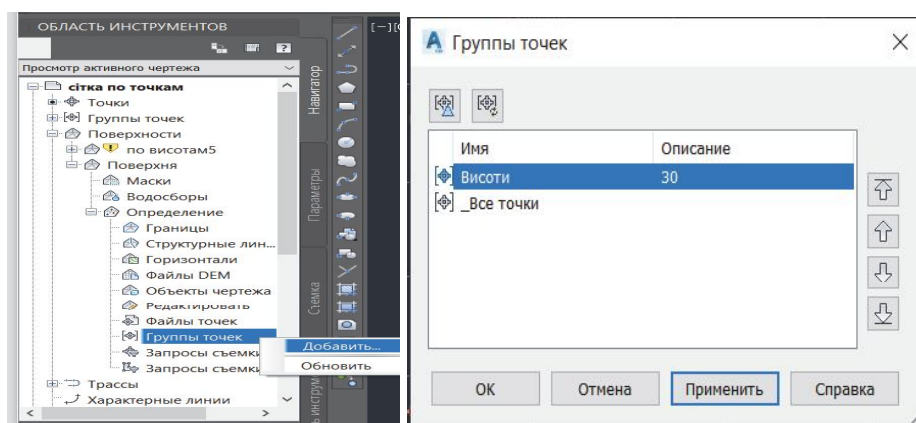


Рис. 12 Наповнення поверхні даними (группа точек COGO)

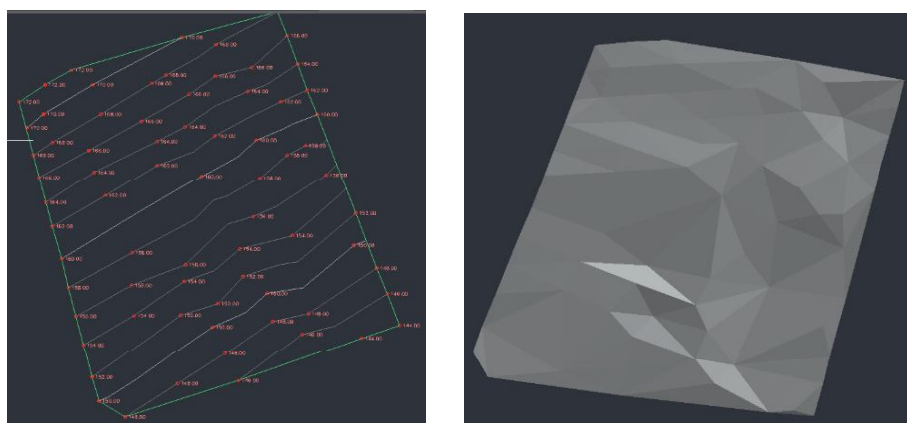


Рис.13 Поверхня на основі точок COGO

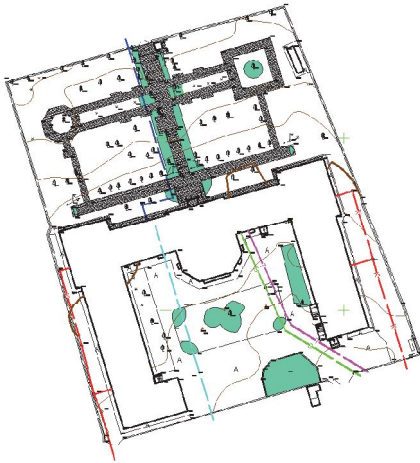


Рис. 14 Топографічний план

ри точок та горизонталі сформовані на основі точок COGO, оцінити точність робіт та можливість застосування алгоритму для спеціальних задач у землеустрої, застосуємо коефіцієнт варіації, який показує ступінь мінливості по відношенню до середнього показника вибірки.

Коефіцієнт варіації являє собою відношення середнього квадратичного відхилення до середнього арифметичного, виражається у відсотках:

$$C_v = \frac{S_0}{\bar{S}}$$

Середнє арифметичне відхилення визначимо за формулою:

$$\bar{S} = \sum_{i=1}^n \frac{y_i - y'_i}{n}$$

де: \bar{S} – середнє арифметичне відхилення;

n – кількість відліків;

y_i – значення по координаті Оу графіка функції, яке відповідає (і-му відліку) на кінцевій горизонталі;

y'_i – значення по координаті Оу графіка функції, яке відповідає (і-му відліку) на попередній горизонталі.

$$\bar{S} = 2,076037$$

Середнє квадратичне відхилення визначаємо за формулою:

$$S_0 = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{S})^2},$$

де: s_0 – середнє квадратичне відхилення

n – кількість відліків;

y_i – значення по координаті Оу графіка функції, яке відповідає (і-му відліку) на кінцевій горизонталі;

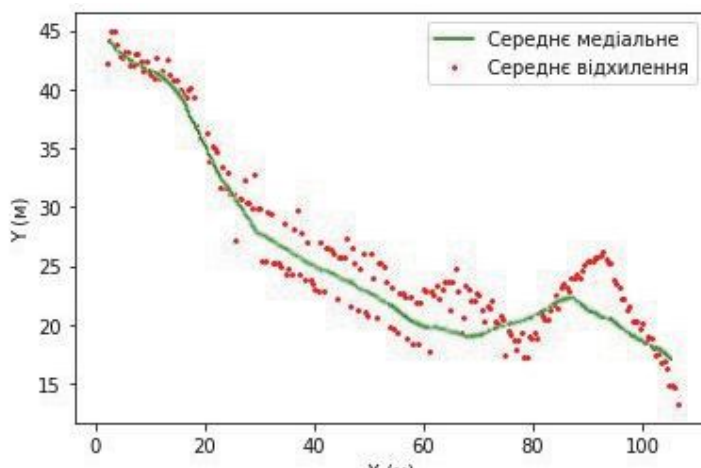


Рис.15 Медіальне відхилення кривої

y'_i – значення по координаті Oy графіка функції, яке відповідає (i -му відліку) на попередній горизонталі.

$$s_0 = 0.144281$$

Отримавши значення середнього арифметичного та середнього квадратичного відхилень, визначаємо коефіцієнт варіації:

$$c_v = \frac{0,144281}{2,076037} = 5,23\%$$

Мінливість вважається слабкою, якщо <10%; якщо від 11-25%, то середньою і значною за >25%. Тобто, мінливість (відхилення) горизонталей є слабким, що обумовлює допустимість описаної методики ЦМР за матеріалами аерофотозйомки для вирішення певного кола задач землеустрою та топографії.

Висновки.

Незважаючи на уявну простоту рел'єфу як об'єкта моделювання практика пропонує велику кількість способів і технологій формування ЦМР. Множина типів джерел вихідних даних для створення ЦМР спричинена розмаїттям способів отримання й організації первинних даних та їх похідних.

Різноманіття програмних забезпечень, в яких є можливість побудови ЦМР, лише підкреслює актуальність даної теми. У даній роботі найбільш докладно розглянута програма Autodesk Civil 3D. Докладний опис процесу побудови поверхні дозволяє визначити її переваги та недоліки. Перевагою програми Civil 3D, звичайно є широкий функціонал. Недоліком є час обробки. Використана у процесі дослідження хмара точок містить в собі близько 2,5 млн. точок, час її обробки приблизно 30-50 хвилин. Після завершення формування поверхні, не-

обхідно почекати близько 20 хвилин для завантаження результатів роботи. Після закінчення цього часу з'являється можливість продовження роботи в даному програмному забезпеченні.

Варто зауважити, що на етапі створення поверхні, горизонталі, отримані на підставі хмари точок, виходять досить неточними. Більш того, створюється багато дрібних замкнених горизонталей. Помилки, при побудові поверхні, виникають досить часто і в програмі Civil 3D. Однак існує можливість виправлення даних помилок автоматично. Але в розібраному випадку (рис. 6) усунути їх досить складно. Тому, як альтернативний варіант вирішення даної проблеми використовується побудова точок COGO.

Список літератури

1. Szypuła B. Digital Elevation Models in Geomorphology / Bartłomiej Szypuła. // Hydro-Geomorphology - Models and Trends. – 2017.
2. Бурштинська Х. В. Теоретичні та методологічні основи цифрового моделювання рельєфу за фотограмметричними та картометричними даними: дисертація д-ра техн. наук: 05.24.02 [Текст] / Національний ун-т «Львівська політехніка». – Л., 2003. – 36 с.
3. Костин А. В. Цифровая модель рельефа (методы создания и направления использования) [Текст] / А. В. Костин // Наука и техника в Якутии № 1 (20). – 2011.
4. Ravi P. Gupta. Digital Elevation Model / Ravi P. Gupta. // Remote Sensing Geology. – 2018. – С. 101–106.
5. Зубченко О. С. Створення 3D моделі рельєфу за допомогою програмних продуктів Easy Trace та ArcGis [Електронний ресурс] / О. С. Зубченко // Київський національний університет імені Тараса Шевченка. – 2014. – Режим доступу до ресурсу: http://maptimes.inf.ua/CH_10/12.pdf.

6. Хромых В. В. Цифровые модели рельефа [Текст] / В. В. Хромых, О. В. Хромых. – Томск, ТМЛ-Пресс, 2007. – 177 с.
7. Круглов С. Автоматизация обработки данных топогеодезической съемки в программной среде AutoCAD Civil 3D [Электронный ресурс] / С. Круглов // САПР графика. – 2011. – Режим доступа: <https://sapr.ru/article/22271>.
8. Поверхности в Civil 3D [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://blog.infars.ru/poverhnosti-v-civil-3d>.
9. Создание поверхностей из данных облака точек [Электронный ресурс] // Autodesk. – 2019. – Режим доступа: <https://knowledge.autodesk.com/ru/support/civil-3d/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2019/RUS/Civil3D-UserGuide/files/GUID-2F76077A-CA80-481F-B0D3-60BE636EF31C-htm.html>.
10. Угленко Д. Точки COGO. Создание, загрузка из файла [Электронный ресурс] / Д. Угленко // САПР-журнал. – 2015. – Режим доступа: http://sapr-journal.ru/uroki-autocad-Civil_3D/tochki-cogo-sozdanie-zagruzka-iz-fajla/.
11. Что такое цифровые модели рельефа [Электронный ресурс] // Esri. – 2019. – Режим доступа: <https://desktop.arcgis.com/ru/arcmap/latest/tools/spatial-analyst-toolbox/exploring-digital-elevation-models.htm>.
12. BIM для изыскателей. Информационная модель ситуации. [Электронный ресурс] // ИНФАРС. – 2018. – Режим доступа: <https://blog.infars.ru/bim-dlya-izyskateley-podgotovka-informacionnoy-modeli>.
3. Kostin A.V. (2011) Digital relief model (methods for creating and using directions) // Science and Technology in Yakutia No. 1 (20).
4. Ravi P. Gupta. Digital Elevation Model / Ravi P. Gupta. // Remote Sensing Geology. – 2018. – С. 101–106.
5. Zubchenko A. S. (2014) Creating a 3D elevation model using Easy Trace and ArcGis software - Taras Shevchenko National University of Kyiv – Available at: http://mapi-mes.inf.ua/CH_10/12.pdf.
6. Khromykh V.V. (2007) Digital relief models - Tomsk, TML-Press.
7. Kruglov S. Automation of data processing of surveying in the software environment AutoCAD Civil 3D // CAD graphics. - 2011. - Available at: <https://sapr.ru/article/22271>.
8. Poverkhnosty v Civil 3D [Surfaces in Civil 3D] - Available at: <https://blog.infars.ru/poverhnosti-v-civil-3d>.
9. Sozdanye poverkhnostei yz dannykh oblaka tochek [Creating surfaces from point cloud data] // Autodesk. - 2019. - Available at: https://knowledge.autodesk.com/en/support/civil-3d/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2019/US/Civil_3D-UserGuide/files/GUID-2F76077A-CA80-481F-B0D3-60BE636EF31C-htm.html.
10. Uglenko D. Points COGO (2015) Creation, loading from a file // CAD-journal. - Retrieved from: http://sapr-journal.ru/uroki-autocad-Civil_3D/tochki-cogo-sozdanie-zagruzka-iz-fajla/.
11. What are digital elevation models // Esri. - 2019. - Available at: <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/tools/spatial-analyst-toolbox/exploring-digital-elevation-models.htm>
12. BIM for prospectors. Information model of the situation. // INFARS. - 2018. - Available at: <https://blog.infars.ru/bim-dlya-izyskateley-podgotovka-informacionnoy-modeli>.

References

1. Szypuła B. Digital Elevation Models in Geomorphology / Bartłomiej Szypuła. // Hydro-Geomorphology - Models and Trends. – 2017.
2. Burshtynskaya K. V. (2003) Teoretychni ta metodolohichni osnovy tsyfrovoho modelivannia reliefu za fotohrammetrychnymy ta kartometrychnymy danymy : dysertatsiia

**Butenko E., Borovyk K., Gerin A.,
Gubkin B.**

**CREATING A DIGITAL RELIEF MODEL
BY AERIAL PHOTOGRAPHY MATERIALS IN
CIVIL 3D SOFTWARE**

[https://doi.org/](https://doi.org/10.31548/zemleustriy2020.02.16)

10.31548/zemleustriy2020.02.16

Annotation. Research of certain aspects of using a digital elevation model (DEM), their classification and methods of obtaining in the Civil 3D software is presented in this article. A land plot with vegetation and the building of the educational building of the NUBiP of Ukraine was used as an object for the study. The analysis of aerial photography materials of the territory of the research object is carried out. A digital point cloud was created, which was taken as a basis for the further construction of digital elevation models.

Classification of surfaces in the Civil 3D software is offered in article. An algorithm for the formation of plane components and data filling is considered. Highlighted the problems that arise in a robot with a cloud of points and surface formation using Autodesk ReCap and Civil 3D. The main advantages and disadvantages of building a relief on the basis of point clouds formed on the basis of aerial photography of the terrain are shown. Attention is focused on the main ways to reduce the identified shortcomings. The functionality and capabilities of Civil 3D and Autodesk ReCap software, as well as the features of constructing surfaces based on different initial data, are considered.

The comparison of the DEM (generated using the Autodesk Civil 3D software) and the topographic plan (generated as a result of tacheometric survey) is given.

Keywords: photogrammetry, digital elevation model, Civil 3D, point clouds, coordinate geometry points.

**Бутенко Е.В., Боровик К.В.,
Герин А.Р., Губкин Б.А.**

**ФОРМИРОВАНИЕ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ
РЕЛЬЕФА ПО МАТЕРИАЛАМ АЭРОФОТОСЪЕМКИ
В ПРОГРАММНОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ CIVIL 3D**

[https://doi.org/](https://doi.org/10.31548/zemleustriy2020.02.16)

10.31548/zemleustriy2020.02.16

Аннотация. В статье исследованы отдельные аспекты использования цифровой модели рельефа (ЦМР), их классификация и способы получения в программном средстве Civil 3D. Проанализированы материалы аэрофотосъемки территории объекта исследования (земельный участок с растительным покровом и зданием учебного корпуса НУБіП Украины) из дальнейшей обработкой результатов измерения, с помощью программного обеспечения Pix4D, формирование облака точек, которое и было взято за основание для построения цифровой модели рельефа.

В статье предложена классификация поверхностей в программном обеспечении Civil 3D, формирование их компонентов и наполнение данными. Проведено сравнение полученных поверхностей в зависимости от исходных данных. Проиллюстрированы ошибки, которые возникают в работе с облаком точек и формирование поверхности с использованием программ Autodesk ReCap и Civil 3D. Обнаружены основные преимущества и недостатки построения рельефа на основе сформированных по материалам аэрофотосъемки местности облаков точек, и предложено способ их устранения. Рассмотрены функции и возможности программ Civil 3D и Autodesk ReCap, а также особенности построения поверхностей на основе разных исходных данных.

Приведено сравнение ЦМР (сформированной с помощью программного средства Autodesk Civil 3D) и топографического плану (сформированного в результате тахеометрической съемки).

Ключевые слова: фотограмметрия, цифровая модель рельефа, Civil 3D, облака точек, точки координатной геометрии.