

ОПРАЦЮВАННЯ ДАНИХ ЛАЗЕРНОГО СКАНУВАННЯ МІСЦЕВОСТІ ДЛЯ ВІДТВОРЕННЯ ГІДРОГРАФІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

Х. Бурштинська, І. Василюха, С. Пікулик
Національний університет "Львівська політехніка"

Постановка проблеми та аналіз літератури

В останні десятиліття в практиці використовуються методи побудови цифрової моделі рельєфу на підставі лазерного сканування місцевості, яке базується на лазерному вимірюванні відстані від приладу, встановленому на літаку, до точки місцевості.

На борту літака встановлюють потужний лазерний віддалемір, бортову GPS, інерційну навігаційну систему (ІНС), відеокамеру, блок сканування, блок реєстрації даних. На землі повинна бути встановлена наземна GPS та робоча станція для опрацювання даних, отриманих в польоті, та створення ЦМР [2, 5, 6].

Найчастіше використовують лазерний віддалемір, що працює в інфрачервоному діапазоні і висилає імпульси з частотою кілька тисяч герц на секунду. Блок сканування відхиляє промені перпендикулярно до лінії польоту, а за рахунок переміщення літака отримують сукупність смуг сканування. Точність вимірювання відстані складає близько 1 см [1, 2, 7, 8].

Синхронно з лазерним сканером працює відеокамера, скерована вздовж надирного променя; вона захоплює і знімає всю смугу сканування. Часом встановлюють ще одну камеру, скеровану під кутом 45° вперед, яка дає перспективне зображення земної поверхні.

Лазерне сканування вже вийшло зі стадії експерименту і застосовується в практиці для просторового моделювання забудованих територій, інвентаризації доріг, ліній електропередач та тощо [2].

Постановка завдання

Метою даного дослідження є відтворення гідрографічних об'єктів з використанням даних лазерного сканування і практичне опробування методики реалізації.

Особливістю лазерного сканування водних поверхонь є те, що віддзеркалення від водної поверхні призводить до практично повної втрати відбитого сигналу унаслідок дзеркального характеру відбиття [2].

Проте, це явище не можна вважати абсолютно негативним. Хоча зниження кількості відбитих віддзеркалень від незбуреної поверхні води складає не більше 1-2 % від загального числа імпульсів, у багатьох випадках ця кількість є достатньою для визначення рівня геодезичної позначки водоймища. Виключення складають лише вузькі струмки, розташовані перпендикулярно до напрямку знімання.

З іншого боку, факт відсутності віддзеркалень від водної поверхні має і деякі позитивні сторони:

- дуже чітко на лазерно-локаційному зображенні представлена межа водної і земної поверхні, що дозволяє чітко виділяти берегову лінію. Можливим є навіть автоматичне розпізнавання;
- у багатьох випадках відсутність віддзеркалень на лазерно-локаційному зображенні може виступати як додаткова дешифрувальна ознака при виявленні заболочених ділянок, районів з підтопленим ґрунтом, які важко дешифруються по аерознімкам.

Будь-який об'єкт на земній поверхні має власну відбивну здатність, залежно від якої можна отримати різні інтенсивності відбитого сигналу. Кольорова класифікація дозволяє візуально розрізнити об'єкти з різною відбивною здатністю і відповідно їх розпізнати і векторизувати. Виділяючи ті або інші класи ТЛВ (точок лазерного віддзеркалення), можна отримати зображення інтенсивності різних поверхонь: землі, рослинності, дорожньої мережі, а також загальної хмари точок.

Істотними в дослідженні є розгляд технологічної схеми обробки інформації, отриманої з лазерного сканування, програмного забезпечення для опрацювання даних, відтворення гідрографічних об'єктів за даними лазерного сканування і використання елементів гідрографії для коректування ЦМР [1].

Виклад основного матеріалу

Для розв'язання завдань, пов'язаних з лазерною локацією, використовується програмно-технічний комплекс, який складається з:

- лазерного сканера (сканувальний блок, бортовий навігаційний комплекс);
- інерційної системи;
- GPS-приймача;
- цифрової аерофотокамери;
- ПЕОМ.

Для лазерного сканування використано лазерну систему ALTM 3100 канадської фірми Ortech. Лазерний сканер має такі основні характеристики:

частота зондувальних імпульсів	33 кГц – 100 кГц
висота польоту при зніманні	від 80 до 3500 м
	менше 15 см при висоті 1200 м;
точність сканування по висоті	25 см при висоті 2000 м;
	35 см при висоті 3000 м
точність визначення планового положення точок	1/3000 від висоти знімання
ширина смуги знімання	від 0 до 93 % від висоти знімання
кут сканування	від 0 до + 25°

Програмне забезпечення для опрацювання даних лазерного сканування містить:

- програмне забезпечення для первинної обробки (Applanix, Pospac, Realm);
- програмне забезпечення для моделювання і створення топопланів (Microstation (Terra), Civil 3d, ПО “Топографія”).

Основними матеріалами для обробки даних лазерної локації і цифрового аерофотознімання слугують:

1. Розграфка листів по трасі об'єкту.
2. Матеріали лазерної локації, у вигляді файлу *.bin.
3. Матеріали аерофотознімання: набір файлів знімків по маршруту знімання (формат *.jpg); дані (файл) зовнішнього орієнтування знімків (формат *.iml); дані (файл) параметрів камери (формат *.cal), (ортофотоплан).
4. Класифікація точок лазерного віддзеркалення.

Виділення класу землі в автоматичному режимі здійснюється за допомогою інструменту *mascos* в TerraScan, в якому містяться параметри класифікації ТЛВ.

Після класифікації проводять оцінку класів ТЛВ і, якщо необхідно, рекласифікацію в окремих ділянках. Слід звернути увагу на класифікацію будов і окремих дерев; вони не повинні потрапляти в клас землі. Вали, береги річок, навпаки, повинні бути віднесені до класу землі [9].

Створюємо растрове зображення за класифікованими ТЛВ. На кожний номенклатурний лист створюємо растрові моделі земної поверхні (геоповерхні): растр різниці класів (“висока рослинність” і “земля”), растр інтенсивності, геоповерхню Hillshade (відносної освітленості схилів), растр контрольних горизонталей. Розмір пікселя на місцевості приймають залежно від масштабу.

Створену поверхню з панеллю інструментів показано на рис. 1, поверхню з контрольними горизонталями на рис. 2, які побудовані за всіма точками землі.

Після включення в поверхню всіх структурних елементів виконують процедуру укладання горизонталей способами:

- зміною положення;
- стиранням вершини трикутника;
- додаванням вершини трикутника;
- переміщенням вершини трикутника.

Для цього використовують панель редагування горизонталей (рис. 3).

Для уточнення положення об'єктів гідрографії використовують такі допоміжні матеріали: а) оглядову карту; б) ортофотоплан; в) геоповверхню Hillshade; г) растр інтенсивності; д) поверхню з контрольними горизонталями.

Дані растри завантажують за допомогою панелі:

Карта \Rightarrow **Зображення** \Rightarrow **Вставити** (рис. 4).

Характерними ознаками для визначення об'єктів гідрографії (струмків, річок) будуть на ортофотозображенні – відповідний колір, на контрольних горизонталях – відповідні повороти горизонталей. Інтерпретація берегових ліній річок узгоджується з поворотами горизонталей (рис. 5 і рис. 6).

Контрольні горизонталі завантажують шляхом:

Карта \Rightarrow **сервіс** \Rightarrow **імпорт**.

За поворотами контрольних горизонталей та за допомогою ортофотоплану, оглядової карти та растрів Hillshade, інтенсивності показують ріку або струмок в одну чи дві лінії залежно від відстані між берегами (рис. 5, рис. 6).

Для вірного відображення берегової лінії річки слід вказати початкову точку, прив'язавши лінію берега до контрольної горизонталі, яку перетинає річка, та присвоїти позначки висоти в місцях перетину. Якщо річка впадає в річку, позначки їх потрібно узгодити.

Лінії гідрографії включають у поверхню як структурні лінії. Якщо на поверхні є багато структурних ліній, то потрібно давати кожній структурній лінії назву. Після включення річок та струмків в поверхню, відносять дані лінії до елементів топографії.

Для включення об'єктів гідрографії, таких як озера, ставки, в структуру порядок дій полягає у визначенні рівня води озера у вигляді урізів води.

Програмне забезпечення для обробки лазерного сканування

Для обробки лазерного сканування використовують такі програмні пакети: MicroStation, ArcMap та Autodesk Civil 3D [3, 6].

ПП MicroStation є багатофункціональним, високопродуктивним пакетом автоматизованого проектування (CAD, САПР), який забезпечує функції креслення, візуалізації, аналізу, моделювання і керування базами даних. Microstation імпортує й експортує різні векторні формати (DWG, DXF, IGES і CGM), растрові формати (TIF, JPG, CI, COT, RGB, RLE, PCX, PCT, EPS, RS, TGA, BMP, WPG). Передбачено можливість використання растрових зображень як підкладки (референт файлів), а також їхнього геометричного перетворення, що дозволяє, наприклад, спільно обробляти аерокосмічні зображення і векторну графіку.

Програмний пакет ArcMap дає можливість створювати електронні карти і маніпулювати ними, їх можна переглядати й аналізувати. З використанням цього додатка можна:

- створювати карти на основі інтегрування даних, які зберігаються в різних форматах, а також шейп-файли (shapefiles), покриття (coverages), таблиці, наземні і космічні знімки (images) та трикутні нерегулярні мережі (triangulated irregular networks – TINs);
- подавати просторові дані у вигляді карт із використанням широкого спектра картографічних можливостей;
- аналізувати просторові дані з метою знаходження об'єктів або встановлення зв'язків між ними;
- складати графіки і звіти, що відображають результати виконаних досліджень.

Програмний пакет Autodesk Civil 3D [6], створений компанією Autodesk Inc. (США), є основним постачальником програмного забезпечення для систем автоматизованого проектування (САПР/CAD) і засобів мультимедіа на персональних комп'ютерах.

Програмні платформи: Windows NT, 2000, XP. Вимоги до апаратної платформи (Pentium, AMD Athlon): мінімальна оперативна пам'ять – 256 Мб і більше, процесор з мінімальною тактовою частотою 800 МГц і більше, Microsoft Internet Explorer 6.0, CD-ROM, графічний маніпулятор, для записування на диску вимагає близько 300 Мб вільного місця. Основні формати даних – векторний DWG і обмінний DXF – визнані одними з основних обмінних стандартів векторної графіки, конвертори цих форматів входять до складу багатьох пакетів ГІС, САПР, пакетів ілюстративної графіки. Файл DXF містить, крім векторних примітивів, усю інформацію про векторні шари, типи ліній, блоки і стилі тексту, дозволяє прив'язувати атрибутивну інформацію.

Програмний продукт призначений для створення проектів у сфері цивільного будівництва (транспорт, забудова території, гідрологія, гідравліка). Autodesk Civil 3D пропонує спеціалізовані функції, що спрощують процес проектування доріг, будівельних майданчиків, земельних ділянок, водозаборів і ділянок стічних вод.

Експериментальні роботи виконано у програмному середовищі Autodesk Civil 3D. Для визначення об'єктів гідрографії використано такі допоміжні матеріали:

а) оглядову карту; б) ортофотоплан; в) растр Hillshade; г) растр інтенсивності; д) файл контрольних горизонталей; е) растр рослинності.

Характерними особливостями під час визначення об'єктів гідрографії (струмків, річок, озер) є на ортофотоплані, растрах Hillshade, рослинності та інтенсивності певні кольорові акценти зображення; на растрі контрольних горизонталей – відповідні їх повороти.

Опрацьовано різні фрагменти гідрографічних об'єктів: розгалужене русло ріки, ріка із звивистими берегами, гірські ріки, заболочені ділянки рік та озер.

Як приклад, подано зображення фрагменту ріки, особливістю якої є розгалуження русла. Це спричинено переважно рельєфом поверхні, що виражено у вигляді острова між головним руслом ріки та її притокою.

На рис. 7 подано растр інтенсивності, на якому чітко розрізняються глибокі та мілкіші ділянки водойми: глибокі зображені темним кольором, що спричинене поглинанням лазерного променя, мілкі мають світле забарвлення за рахунок відбиття променя від дна річки.

У деяких місцях спостерігаємо зливання зображення поверхні дна з поверхнею берега. Із ортофотозображення (рис. 8) майже неможливо визначити положення річки через те, що ширина його надто мала для виділення іншим кольоровим тоном, а, крім того, в деяких ділянках ріки її поверхня майже повністю закривається густим лісом.

Тому як допоміжні матеріали використовують растр Hillshade та оглядову карту масштабу 1:25 000. Деякі уточнення берегової лінії, враховуючи берегову структуру, дає можливість зробити 3D-модель ріки, показана на рис. 9. На цьому рисунку чітко зображено розгалужену мережу ріки.

Наступним прикладом гідрографії є фрагмент заболочених озер з характерним рельєфом дна. Покажемо його за допомогою растру інтенсивності (рис. 10).

На знімку добре видно глибоку ділянку озер, бо поглинуті водною поверхнею лазерні промені тут зображено чорним кольором. Однак для уточнення берегової лінії через відбиті промені від дна озера потрібні додаткові матеріали, ними слугують: ортофотоплан та зображення контрольних горизонталей.

Наступним прикладом гідрографічних об'єктів є гірські системи, які зображено на ортофотоплані (рис. 11).

На рис. 12 показано растр освітленості схилів Hillshade для цієї самої системи.

Таким чином, резюмуючи результати досліджень, необхідно відзначити, що для ефективного розв'язання задач гідрографії необхідно, залежно від типу об'єктів, використовувати різні матеріали, як отримані безпосередньо із лазерного сканування, так і із результатів обробки вихідної інформації.

Висновки

1. Під час створення цифрової моделі рельєфу методом лазерного сканування важливим є відображення елементів гідрографії на цифровій моделі місцевості, а зокрема визначення берегової лінії гідрографічних об'єктів. Для розв'язання доцільно використовувати всю множину відсканованих точок, створюючи різні геоповерхні, які допомагають під час ідентифікації об'єктів знятої місцевості, зокрема елементів гідрографії. Після виконаних досліджень з визначення об'єктів гідрографії потрібно звернути увагу на такі характерні особливості.

2. У разі, якщо елементом гідрографії є широка ріка, необхідно використовувати всі допоміжні матеріали, створені на основі даних лазерного сканування, зокрема ортофотозображення та растри: інтенсивності, відносної освітленості схилів, рослинності, контрольних горизонталей.

3. Для місцевості з густим рослинним покривом виділення малих об'єктів гідрографії (вузьких річок) є складними через перекривання кронами дерев берегової лінії водоймищ. За використання растрової основи геоповерхні інтенсивності ця проблема усувається.

4. Для визначення заболоченого озера будь-якої форми доцільно використати ортофотозображення та растр інтенсивності. Горизонталі, побудовані за даними лазерного сканування також допомагають уточнити берегову лінію, за винятком місць, в яких спостерігається значний перепад висот і різка зміна положення горизонталей.

5. Відображаючи гірську систему гідрографічних об'єктів, доцільніше скористатися растром відносної освітленості схилів та зображення горизонталей, побудованими за даними лазерного сканування.

Література

1. Бурштинська Х., Бабушка А., Тарнавська О., Василюха І. Особливості відтворення гідрологічних об'єктів за матеріалами лазерного сканування місцевості. // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – Львів: Ліга-прес, 2008, Вип. 1 (15). – С. 200–213.

2. Данилин И. М., Медведев Е. М., Мельников С. Р. Лазерная локация земли и леса. – Красноярск, 2005. – 182 с.

3. Суховірський Б. І. Географічні інформаційні системи. – Чернівці: ДКТРБВ, 2000. – 197 с.

4. Інтерактивна допомога Help по Autodesk Civil 3D, 2006.

5. Carter W. E., R. L. Shrestha and S. P. Leatherman Airborne Laser Swath Mapping: Applications to Shoreline Mapping. Proceedings of International Symposium on Marine Positioning (INSMAP'98), Melbourne, FL, Nov. 30 – Dec. 4, 1998. – P. 323–333.

6. Gutelius G., W. E. Carter, R. L. Shrestha, E. Medvedev, R. Gutierrez and J. G. Gibeaut. Engineering Applications of Airborne Scanning Lasers: Reports from the Field, HIGHLIGHT ARTICLE, PE&RS, The Journal of American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. LXIV, No. 4, 1998. – P. 246–253.

7. Millar D., Lockhart C., and Arumugam D. Meeting Hydrographic Charting Specifications with the SHOALS-1000T Airborne LIDAR Bathymeter. Proceedings of the U.S. Hydrographic Conference, 2005.

8. Shrestha R. L., Carter W. E., Finer M., Lee P., Sartori M. Airborne Laser Swath Mapping: Accuracy Assessment for Surveying and Mapping Application // Journal of American Congress on Surveying and Mapping, Vol. 59, No 2, 1999. – P. 83–94.

9. <http://www.injgeogis.ru/>

**Опрацювання даних лазерного сканування місцевості
для відтворення гідрографічних об'єктів**

Х. Бурштинська, І. Василюха, С. Пікулик

Розглянуто методику оброблення даних лазерного сканування місцевості з метою правильного відображення гідрографічних об'єктів на картах.

Методика полягає у використанні, крім побудованих за ЦМР горизонталей, растрових геоповерхонь відносно освітленості схилів, рослинності, інтенсивності. Розглянуто різноманітні гідрографічні об'єкти: ріки з розгалуженими руслами, гірські ріки, заболочені озера.

**Обработка данных лазерного сканирования местности
с целью отображения гидрографических объектов**

Х. Бурштынская, И. Василюха, С. Пикулык

Рассмотрена методика обработки данных лазерного сканирования местности с целью правильного отображения гидрографических объектов на картах.

Методика состоит в использовании, кроме построенных по ЦМР горизонталей, растровых геоповерхностей: относительно освещённости склонов, растительности, интенсивности. Рассмотрены различные гидрографические объекты: реки с разветвлёнными руслами, извилистыми руслами, горные реки, заболоченные озёра.

**Laser Scanning Data of Terrain Processing
for the Hydrographical Objects Mapping**

Kh. Burshtynska, I. Vasylykha, S. Pikulyk

This article presents the method to process the data of laser scanning of terrain with the purpose of correctly depicting the hydrographical objects on maps.

The method consists of using information in form of raster surfaces of reflectance, hill shading, vegetation and also contour lines created by DEM. There are considered the various objects of hydrography: the rivers with branchy tributaries of the river-beds, with the meandering configuration, mountainous rivers, boggy lakes.