

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ АВІАЦІЙНОГО ЛАЗЕРНОГО СКАНУВАННЯ (ALS) У МОДЕЛЮВАННІ РЕЛЬЄФУ

Ігор Козак, Ганна Козак

*Люблінський католицький університет імені Іоана Павла II,
Польща, 20-708, Люблін, вул. Константинув 1Н*

Авіаційне лазерне сканування (airbornelaserscanning- ALS) - це метод дистанційного зондування, який дає можливість точного картографування земної поверхні навіть у тих випадках, коли застосування інших методів обмежене. Перспективним застосуванням ALS стало створення детальних цифрових моделей рельєфу за допомогою відбитих від землі лазерних променів. Класифікація точок досягнута шляхом фільтрації отриманої хмари точок. Точки, що представляють ґрунт (рельєф місцевості) є найбільш інформативними у геоморфологічних дослідженнях. Дані ALS мають високий рівень деталізації і перспективні для вивчення форм земної поверхні, особливо під рослинним покривом. Мета дослідження полягала у тому, щоб показати перспективи вивчення антропогенних форм рельєфу на прикладі території неіснуючих сіл Старе Брусно та Монастир у Східній Польщі із використанням даних ALS. Дані ALS та карти були проаналізовані у програмах QGIS, ArcGIS 10.3 та LP360. Це дозволило знайти місцяу рельєфі, де були колись сакральні об'єкти і будівлі. До цього використано також інструмент „SLOP” і „HILLSHADING”. На підставі отриманих результатів зроблено висновок про те, що надземне лазерне сканування дозволяє після фільтрування рослинності відновити у рельєфі сакральні об'єкти і колишні будівлі, дороги, а також детально візуалізувати існуючі форми рельєфу.

Ключові слова: лазерне сканування, геоморфологія, Старе Брусно, Монастир

Постановка наукової проблеми та її значення. В останні роки активно створюються моделі ландшафту на основі лазерного сканування. Такі моделі реально відображають також мікроформи рельєфу у тривимірному (3D) зображенні. Незважаючи на те, що вони тільки в останні роки доступні в Україні, дослідники форм рельєфу (серед яких геоморфологи, археологи та ін.) стараються їх активно застосовувати.

Ця нова форма представлення рельєфу у ландшафті вимагає нових методів і підходів, але дає можливість також вирішити ряд науково-дослідницьких проблем і відкриває поле для подальших перспективних досліджень.

Основні переваги авіаційного лазерного сканування перед наземними (польовими) дослідженнями - це можливість проведення великомасштабних за площею досліджень за короткий час і можливості оперативного детального опрацювання та представлення матеріалів спостережень у цифровому картографічному вигляді.

Аналіз останніх досліджень із цієї проблеми. У геоморфологічних дослідженнях широке застосування мають цифрові моделі території (ang. DigitalElevationModel – DEM). Вони, наприклад, аналізують часово-просторові зміни дюн [2], річкових русел [18] чи моделювання процесів ерозії у долинах річок [6].

У зв'язку із тим, що цифрова модель поверхні Землі - це ключове методологічне питання сучасної геоморфології, багато праць присвячено ствердженню відповідності DEM до реальних наземних pomірів рельєфу, щоб забезпечити позитивне розв'язання визначених дослідницьких чи інженерних проблем, як наприклад, обчислення змінних «L і S» у моделі RUSLE [11]. DEM визначає різні параметри рельєфу, які можуть бути використані до будови регресійних моделей у GIS. Використовуючи DEM, можна за допомогою GIS та космічних знімків виконати морфометричний аналіз (розмірів, форми та просторового розміщення) різних елементів рельєфу [5, 12].

Останнім часом дані для створення DEM все частіше отримуються із авіаційного лазерного сканування (ang. AirborneLaserScanning – ALS). Дані з ALS стають щораз популярнішими і вносять нову якість у геоморфологічні дослідження. На базі даних ALS усе частіше генеруються моделі поверхні території. Моделі, виконані на основі ALS, витісняють моделі, виконані на основі космічних знімків і топографічних карт. Найбільшою перевагою моделі ALS являється її детальність та точність у відтворенні рельєфу, особливо під зімкненою і високою рослинністю [4, 21, 22].

Завдяки інтеграції даних ALS та географічної інформаційної системи (ГІС) їх використовують не лише в геоморфології, а також в археології для знаходження курганів, знищених будівель та інших антропогенних і природних об'єктів [3, 10, 16], які мають своєрідний виражений у рельєфі характер.

Формулювання мети та завдань статті. Метою даної статті було показати специфіку моделі із застосуванням даних ALS, а також показати спробу реконструкції антропогенних форм рельєфу ландшафту на прикладі дуже давніх і зараз неіснуючих українських сіл Старе Брусно і Монастир, ідентифікуючи при цьому елементи культурної спадщини, помітної у рельєфі території.

Матеріали і методи. Вибрані для дослідження території неіснуючих на сьогодні українських сіл Старе Брусно та Монастир Любачівського повіту були розташовані у південно-східній частині Польщі (Рис. 1а). Як бачимо із карти [20] у 1937 році у Старому Брусні було 112 господарств, а у селі Монастир 68 господарств. За даними Володимира Кубійовича [13] у 1939 році, наприклад, у Старому Брусні проживало 1075 українців, 5 поляків, 20 латинників із українською мовою спілкування на щодень та 50 євреїв. Уже на карті із 1965 року [9] ці села не існують (Рис. 1б). У зв'язку із тим, що українці цих сіл зробили значний вклад у розвиток культури Бруснівського каменярства та розвиток одного із найдавніших українських сакральних центрів – Василіанського монастиря, тому коротко опишемо ці об'єкти.

Брусно, давнє українське поселення біля підніжжя гори Кам'яної, схили якої порізані численними потоками і багаті покладами каменю. Такі природні поклади поблизу села відображені у самій назві села Брусно – яка походить від українського слова брус, що означає «чотиригранний шматок каменю чи металу, що

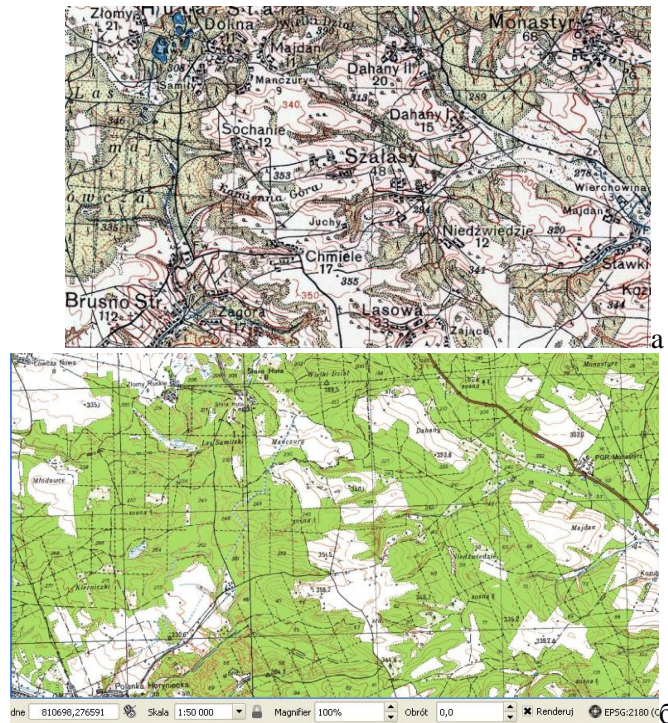


Рис. 1. Старе Брусно (BrusnoStr.) і Монастир (Monastyr), мірило 1:50000: а - існують на карті 1937 року [20], б - не існують на карті 1965 року [9]

застосовуються у будівництві чи обробці» [15]. Поклади каменю посприяли виникненню тут славетного кам'яницького осередку ще від 1500 року. Уже на 1765 рік у селі було 13 гірників-майстрів (лупали із бруснівської гори камінь і обробляли його). Майстри-митці залишили геніальні надмогильні пам'ятники, які можна побачити не тільки на цвинтарі Старого Брусна, якому загрожує знищення, а і на цвинтарях усього прикордоння: від Колбушової аж до Львова. Цвинтар Старого Брусна знаходиться у лісі, як єдиний свідок знищеного села [8]. Пам'ятники на цвинтарі (Рис. 2) охоплюють період від 1600-х до 1947 року і становлять своєрідний запис історії громади Старого Брусна та витвір її геніальних майстрів – найвидатнішим із яких був відомий український скульптор Григорій Кузневич (1871-1948). Цвинтар Старого Брусна - чи не найпишніша у світі колекція українського цвинтарного мистецтва. Це наче музей під відкритим небом (Рис. 2).



Рис. 2. Деякі із пам'ятників на могилах на цвинтарі Старого Брусна та хрести на місці давньої церкви: А- пам'ятник на могилі пароха Корнелія Стронського; В- пам'ятник на могилі дяка Миколи Величковича; С- пам'ятник Першої місії у парохії на місці старої церкви; D – пам'ятник на честь Володимира Великого у 950-річчя Хрещення Руси-України

Село Монастир відоме давнім Василіанським монастирем, який було закладено у 1678 році на піднесеному узгір'ї на північний схід від села Верхрата. Монастир був знаним у той час великим осередком українського іконопису. Із того часу походить Чудотворна ікона Богородиці Верхратської XVII ст. До 1793 р. в особній книзі ченці записали, що за посередництвом Верхратської Богородиці відбулося близько 150 чудес.

Після зруйнування монастиря на початку XIX століття великою українською культурною пам'яткою є саме монастирське узгір'я з руїнами кам'яних споруд і надмогильних пам'ятників.

У публікації опрацьовані дані ALS, які були отримані із CODGiK (Centralny Ośrodek Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej - Центральний осередок геодезії і картографії). До їх опрацювання застосовано програму LP360. У цій програмі створено цифрові моделі території досліджуваних сіл.

Для того, щоб виявити характер історичного заселення, проаналізовано старі карти у програмі QGIS для досліджуваної території села Старе Брусно і Монастир із відображенням забудови сакральних об'єктів. Для аналізу вибрані карти із порталу MAPIRE, зокрема перша [7] із 1763 року та друга [19] – із 1806 року, а також аркуш WIG [20] із 1937 року, та із 1965 року з GEOPORTAL [9].

Після калібрування карт за допомогою геореференції, на їх основі утворено шари будівель та інших елементів ландшафту території села Старе Брусно і Монастир та

прилеглих присілків, які розташовані у межах досліджуваної території. Потім в ArcMap провели порівняльний аналіз карт із даними ALS.

Застосоване у праці лазерне сканування (ALS) - один із найсучасніших методів дистанційного зондування і роботи безпосередньо із просторовими даними. Воно має багато переваг, які забезпечили швидший і точний аналіз рельєфу великих територій досліджуваних сіл. Це дало нам можливість відслідковувати картину земної поверхні навіть в умовах, коли застосування інших методів обмежене густим лісовим покривом.

Сам процес сканування, контролю якості даних детально описаний у літературі [17]. Тут лише загально зауважимо, що у процесі повітряного лазерного сканування із літака чи вертольоту висилаються сигнали (кожен із яких – це 8 імпульсів), які записуються, відбиваючись від рослинності, будинків та ґрунту. Детальність такого сканування - до 20 пунктів на 1 квадратний метр. Створена хмара точок (пунктів) далі класифікується. За допомогою алгоритмів усі компоненти хмари на основі їх розташування і характеристики приписуються до певного класу (поверхня ґрунту, рослинність різної висоти із виділенням класу дерев, кущів, трав, будинки і т.д.).

Застосовуючи дані ALS, які функціонують на основі вимірювання відстані на базі виявлення лазерного світла (тобто LiDAR - lightdetectionand ranging) та відстеження положення кожного поміру за допомогою глобальної навігаційної супутникової системи (наприклад, GPS), ми опрацювали великий масив (так звану хмару) відносно рівномірно розподілених точкових висот. У програмі LP 360 провели класифікацію усієї хмари точок, виділивши ґрунт, низьку, середню та високу рослинність, забудову. На основі класу ґрунту створили цифрову модель рельєфу (DEM). Точки, що представляють ґрунт (рельєф місцевості), були найбільш цікавими у процесі проведення геоморфологічних досліджень, особливо під час аналізу висоти над рівнем моря та крутизни схилів.

У праці також застосовано техніку візуалізації моделі рельєфу за допомогою тінювання. Цей метод поєднаний із показанням детальних висотних меж за допомогою кольорів (ang. elevation differentiation, color shading) виявився досить перспективним у візуалізації моделі території неіснуючих сіл, перш за все з огляду на виникаючу із нього легкість візуального сприйняття. Для поглибленого аналізу скористалися функцією „HILLSHADING”, яка допомогла виділити ряд форм зруйнованих елементів та фундаментів будівель і забезпечила кращу візуалізацію віднайдених об'єктів за умови зміни кута падіння світла. Застосовано також інструмент „SLOP”, що дав можливість за залишками фундаментів уточнити потенціальні місця розташування будівель на схилах.

Виклад основного матеріалу й обґрунтування отриманих результатів дослідження. У даний час майже уся територія сіл, де були будівлі, вкрита густим лісом. На основі аналізу даних ALS було віднайдено цвинтар, місце у рельєфі, де стояла на сьогодні неіснуюча церква та знищені будинки у селі Старе Брусно. На місці неіснуючого села Монастир віднайдено місця елементів монастиря та місця зруйнованих будинків. Під час інвентаризації об'єктів у процесі аналізу забрано (відфільтровано) густу рослинність, що дозволило побачити усі старі об'єкти та їх

фрагменти, які були заховані під рослинністю. Наприклад, це місця, де була церква та цвинтар (рис. 3) у Старому Брусні.

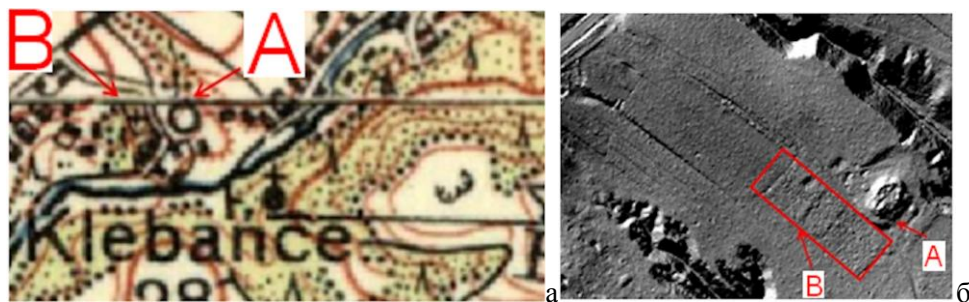


Рис. 3. Розміщення церкви (А) та цвинтаря (В), показаних у мірілі 1:2500: а -на карті 1937 р. [20],б - актуальних залишків на ALS. Стрілками відзначено їх положення

Дані ALS дозволили відобразити рельєф території: розміщення церкви, а саме підвищення, на якому вона стояла (рис. 4.).

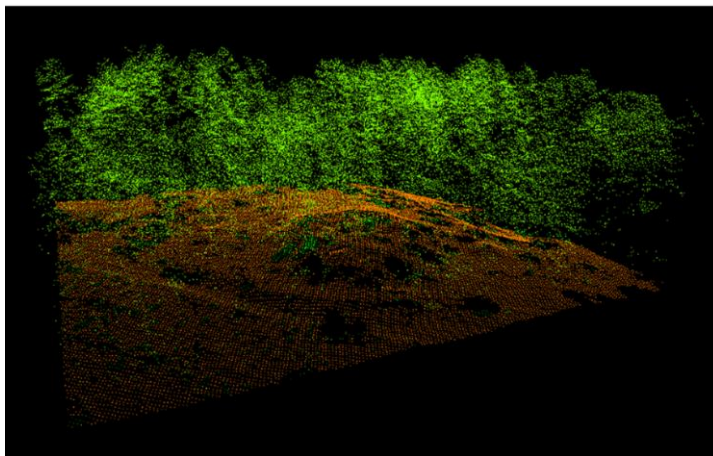


Рис. 4. Тривимірна візуалізація хмар точок місця, на якому стояла церква

Місце церкви та цвинтаря також вдалось добре відтворити за допомогою тривимірної візуалізації (рис. 5).

Для покращення візуалізації була створена також цифрова модель території села у постаті сітки нерегулярних трикутників (TIN – Triangular Irregular Network). Фрагмент цієї моделі показує територію навколо церкви та долини потоку Бруснівка (рис. 6).

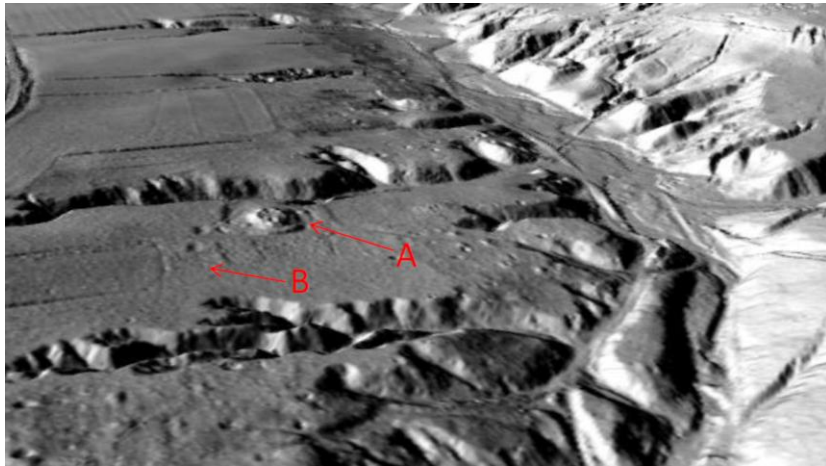


Рис. 5. Тривимірна візуалізація: А - церкви, В - цвинтаря, стрілками показано їх місця розташування

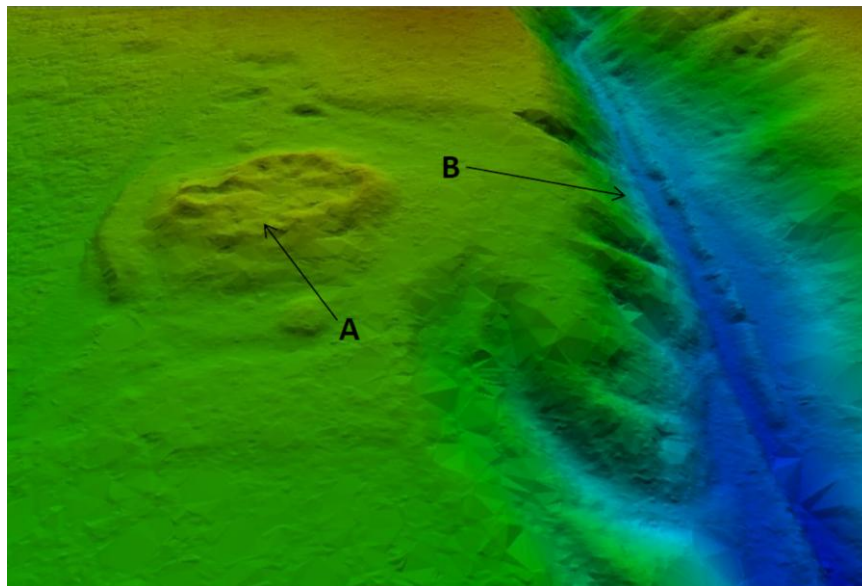


Рис. 6. Цифрова модель території навколо церкви (А) та долини потоку (В)

Цікавим виявився профіль місця, де стояла церква, та потоку (рис. 7), який створений із даних сканування. Як бачимо, ця територія повністю поросла лісом.

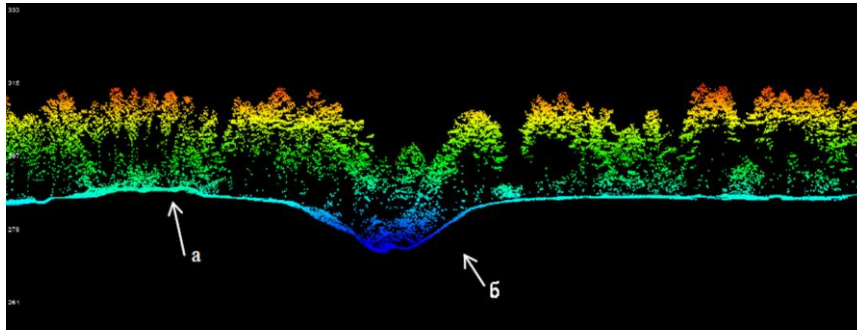


Рис. 7. Профіль місця, де стояла церква (а) із потоком (б)

Перспективною є можливість віднайдення у рельєфі слідів господарських будівель із застосуванням функції HILLSHADE (рис. 8б) та SLOPE (рис. 8в).

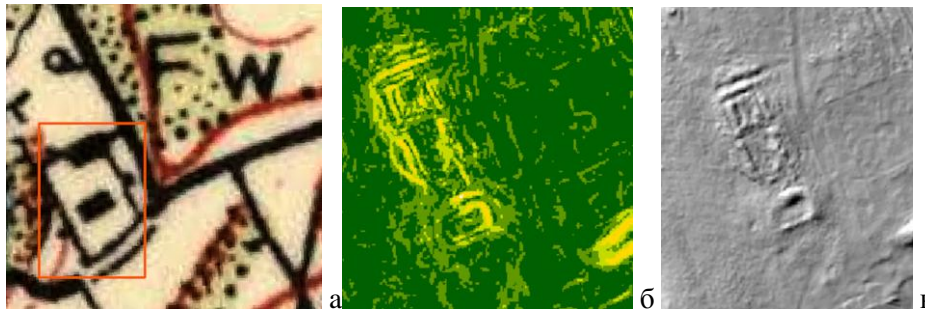


Рис. 8. Господарські будівлі у Старому Брусні: а – на карті 1937 року [20], б – залишки будівель, виявлені за даних ALS із застосуванням функції HILLSHADE, в – за даними ALS із застосуванням функції SLOPE

Також за допомогою функції HILLSHADE віднайдено у рельєфі сліди зруйнованих монастирських будинків на горі біля неіснуючого на сьогодні села Монастир на північ від Верхрати. Як бачимо на рисунку (Рис. 9а) у 1806 році у селі Монастир під горою, на якій був Василіанський монастир, знаходилось понад 80 будинків. Застосовуючи дані лідара та функції „HILLSHADE” і „SLOPE”, ми віднайшли місця усіх будинків у селі Монастир (Рис. 9 б).



Рис. 9. Василіанський монастир та село Монастир (показаних у програмі QGIS у мірілі 1:5000): а) на карті 1806 року [19]; б) залишки монастиря та будинків відтворених із даних ALS із застосуванням функції HILLSHADE

Залишки зруйнованого монастиря на сьогодні порослі лісом (Рис. 10 верхня частина). Помітне заглиблення (Рис. 10 - верхня частина –місце, де відбиті пункти, знаходиться нижче поверхні землі) показує покинутий колодязь (Рис. 10 - нижня частина – помітне заглиблення колодязя монастиря).

Слід зазначити, що відтворене із даних ALS, розташування господарств не завжди співпадає із їх відображенням на картах. Причиною цього може бути різниця у мірілі карт і відображенні ALS, а також вплив часу.

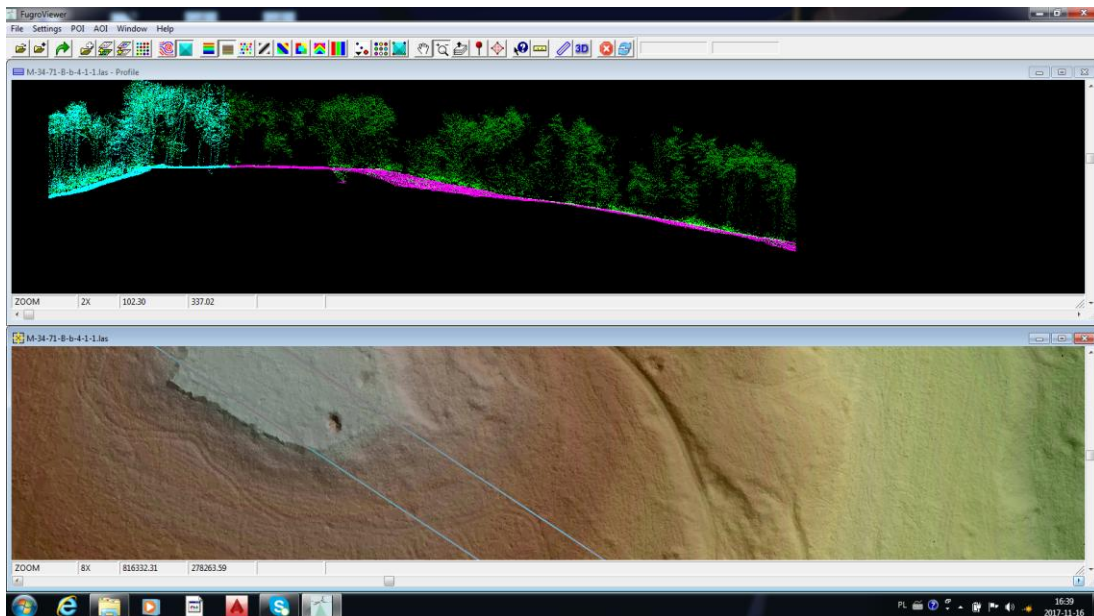


Рис. 10. Фрагмент залишків Василіанського монастиря, представлений у програмі FURGOVIEWER: угорі профіль, внизу TIN

Більшість виявлених за даними ALS місць будівель району дослідження мають переважно форму прямокутників і різні розміри: 5м x 4м, 6м x 5,3м, 9м x 7м. Так що, ймовірно, площа окремих будівель становить від 20м² до 63м² і це могли бути як житлові будинки так і будинки -господарські приміщення, наприклад, робочі майстерні для обробки каміння та виготовлення надмогильних пам'ятників.

На сьогодні досліджувана територія села повністю заросла лісом. Тому ALS (AirborneLaserSkanning) виявився найбільш точним аналітичним методом. Він дозволив заглянути під рослинність і знайти (після фільтрації шарів високої, середньої та низької рослинності) фундаменти сакральних, житлових об'єктів та господарських будинків.

У праці застосовано ALS як один із найсучасніших і найбільш часто використовуваних методів для створення цифрових моделей рельєфу. Для поглибленого аналізу використано функцію „HILLSHADING”, яка допомогла виділити ряд форм зруйнованих елементів та фундаментів будівель.

Як показали наші дослідження, дані із повітряного лазерного сканування є перспективними для подальшого застосування. Використовуючи дані ALS, можна віднайти незвідані антропогенні залишки, які збереглися у рельєфі у вигляді підвищень, городищ, монастирів, замків, лінії доріг, меж сільгоспугідь та інших об'єктів, що свідчать про характер і способи діяльності минулих поколінь. Великою перевагою є також якість і велика роздільна здатність, яка дозволяє зауважувати відмінності у конфігурації рельєфу.

Можливості лазерного сканування також використовувались іншими науковцями у дослідженні водозборів, потоків і річок [4], зсувів [21], у процесі геоморфологічних досліджень гірських територій [1, 16, 22], а також у процесі археологічних досліджень [3, 10, 14].

Варто відзначити, що за даними ALS, змінюючи азимут, ми змогли виявити ділянки старих будівель, а також знайти конкретні сакральні елементи у Старому Брусні, такі як неіснуюча на сьогодні церква Святої Параскеви, каплиця та занедбаний і порослий лісом цвинтар.

Генерування точок із хмари даних ALS, дозволило представити поточний стан села, тим самим даючи можливість попереднього перегляду фрагментів у вигляді поперечного перерізу чи візуалізації 3D.

Як показали наші дослідження, технологія лазерного сканування дозволила територію знищеного села Старе Брусно, села Монастир, а також самого Василіанського монастиря, „відслонити” з-під лісового покриву. Це дало можливість пізнати частину його рельєфу, що має антропогенний відбиток певного історичного періоду. Представлена технологія пропонує нові перспективи інвентаризації рельєфу та традиційного будівництва.

Висновки і перспективи подальших досліджень. На підставі цих результатів можна зробити висновок про те, що авіаційне (надземне) лазерне сканування дозволяє після фільтрування рослинності детально відновити рельєф під сакральними об'єктами і колишніми будівлями, дорогами, а також візуалізувати існуючий рельєф місцевості, як це зроблено для терену неіснуючих на сьогодні територій сіл Старе Брусно та Монастир.

Використання даних лазерного сканування відкриває нові перспективи. Сканування генерує детальні дані і може застосовуватись в аналізі територій, на яких об'єкти були знищені раніше і зруйновані сьогодні.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. *Affek A.* Lotnicze skanowanie laserowe (ALS) w modelowaniu rzeźby terenu – nowe możliwości i pułapki/ A. Affek //PEK.– 2014. – Т. XXXVIII. – С. 217-236.
2. *Andrews B.D.* Techniques for GIS modeling of coastal dunes/ B.D. Andrews, P.A Gares., J.D. Colby// Geomorphology. – 2002. – 48. – С. 289-308.
3. *Chase A.F.* Airborne LiDAR, archaeology, and the ancient Maya landscape at Caracol, Belize / A.F.Chase, D.Z.Chase, J.F.Weishampel., J.B.Drake., R.L. Shrestha, K. Clint Slatton, J. J. Awe, W.E.Carter// Journal of Archaeological Science. – 2011. – 38 (2). –С. 387-398.
4. *Dehavari A.* Effect of LIDAR derived DEM resolution on terrain attributes attributes, stream characterization and watershed delineation /A. Dehavari, J. R.Heck // International Journal of Agriculture and CropSciences. – 2011. – 6-13. – С. 949-967.
5. *Federici P.R.* Morphometric analysis on the size, shape and areal distribution of glacial cirques in the Maritime Alps (Western French - Italian Alps) / P.R.Federici,

- M. Spagnolo // *Geografiska Annaler Series A-Physical Geography*. – 2004. – 3, 86 A. –С. 235-248.
6. *Finlayson D.P.* Modeling large-scale fluvial erosion in geographic information systems / D.P.Finlayson, D.R. Montgomery // *Geomorphology*. –2003. – 53. –С. 147-164.
 7. First Military Survey. [Електронний ресурс] // МАPIRE The Historical Map Portal. – Режим доступу до ресурсу: <http://mapire.eu/en/map/firstsurvey>
 8. *Gajerski S. F.* Materiały źródłowe dotyczące historii Bruśnieńskiego ośrodka kamieniarskiego okresu gospodarki folwarczno - pańszczyźnianej / S. F. Gajerski. // *Polska Sztuka Ludowa*. – 1969. – Т.23. (3, 4) – С. 219–227.
 9. Геортал. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://mapy.геортал.gov.pl/imap/?gmap=gp0>
 10. *Johnson K.* Rediscovering the lost archaeological landscape of southern New England using airborne light detection and ranging (LiDAR) / K. Johnson, W. Ouimet. // *Journal of Archeological Science*. – 2014. – №43. – С. 9–20.
 11. *Hickey R.* Slope Angle and Slope Length Solutions for GIS / R.Hickey // *Cartography*. –2000. – 29(1). –С. 1-8.
 12. *Huabin W.* GIS-based landslide hazard assessment: an overview / W.Huabin, L.Gangjun, X.Weiya, W.Gonghui // *Progress in Physical Geography*. –2005. –29(4). – С. 548-567.
 13. *Kubijovyč V.* Ethnic groups of the South-Western Ukraine (Galyčyna-Galicia) 1.1.1939 / V. Kubijovyč. – München: Logos, 1983.
 14. *Lasaponara R.* Full-waveform Airborne Laser Scanning for the detection of medieval archaeological microtopographic relief / R.Lasaponara, N.Masini // *Journal of Cultural Heritage*. –2009. –10 (1). – С. 78-82.
 15. *Lew S.* Ludowy ośrodek kamieniarski w Bruśnie / S. Lew // *Rocznik Przemyski* – 1967. – С. 193.
 16. *Migoń P.* Analiza rzeźby stoliwa Szczelińca Wielkiego w Górach Stołowych na podstawie numerycznego modelu terenu z danych LiDAR / P.Migoń, M.Kasprzak. // *Przegląd Geograficzny*. – 2015. – 87, 1. – С. 27-52.
 17. Podręcznik dla uczestników szkoleń z wykorzystania produktów LIDAR// ISOK Warszawa – 2015. – 328 С.
 18. *Reinfelds I.* Assessment of downstream trends in channel gradient, total and specific stream power: a GIS approach / I.Reinfelds, T.Cohen, P Batten., G.Brierley // *Geomorphology*. –2004. –60. – С. 403-416.
 19. Second Military Survey. [Електронний ресурс] // МАPIRE The Historical Map Portal. – Режим доступу до ресурсу: mapire.eu/en/map/secondsurvey
 20. Tomaszów Lubelski. Мапа WIG, skala 1:100 000 [Електронний ресурс] // Wojskowy Instytut Geograficzny. – 1937. – Режим доступу до ресурсу: http://maps.mapywig.org/m/WIG_maps/series/100K_300dpi/P47_S37_TOMASZOW_LUBELSKI_1937_300dpi_bcu302539-291696.jpg

21. *Wojciechowski T.* Dane lotniczego skaningu laserowego w badaniu osuwisk – przykład osuwiska w Zbyszycach (Karpaty zewnętrzne) / T.Wojciechowski, A.Borkowski, Z.Pierski, A.Wójcik // *Przegląd geologiczny*. –2012. –60. – C. 95-102.
22. *Wójcik A.* Geologiczna i geomorfologiczna interpretacja danych z lotniczego skaningu laserowego (ALS) rejonu Kasprowego Wierchu (Tatry) / A.Wójcik, P.Wężyk, T.Wojciechowski, Z.Pierski, S.Maczuga // *Przegląd geologiczny*. –2013. –Vol. 61, 4. – C. 234-242.

PROSPECTS FOR USING AIRBORNE LASER SCANNING (ALS) IN MODELING THE TERRAIN

Ihor Kozak, Hanna Kozak

The John Paul II Catholic University of Lublin

Airborne laser scanning (ALS) is a remote sensing method capable of highly detailed land surface mapping even in conditions where other methods meet their limitations. The perspective application of ALS is in producing detailed digital models of surfaces sampled by the laser beam. Classification of the points is achieved by filtering the point cloud. The points representing the bare ground (terrain) are the most relevant in geomorphology. ALS data provide a high level of detail and they are especially useful for studying earth surface processes and landforms under the vegetation canopy. The aim of the study was to show the possibilities of studying anthropogenic forms of relief on the territory of the non-existent village of Stare Brusno and the Monastery in Eastern Poland applying laser scanning data (ALS - Airborne Laser Scanning). ALS data and maps were analyzed in the QGIS, ArcGIS 10.3 and LP360 programs. That enabled finding places in the relief where once there were sacral objects and buildings. For that reason „SLOP” and „HILLSHADING” functions were used. Based on results obtained, it is possible to reach a conclusion that laser scanning enables, after filtering vegetation, to accurately recover in the relief sacred objects and old buildings, roads, as well as visualize existing terrain.

Key words: laser scanning, geomorphology, Stare Brusno, Monastery