

УДК 528.9:711

Бойко О.Л.,

boyko_lena@ukr.net, ORCID: 0000-0001-8654-9392,

Національний авіаційний університет, м. Київ

д. геогр.н. Ляшенко Д.О., uageo@ua.fm, ORCID: 0000-0001-5588-0322,

Національний транспортний університет, м. Київ

к.т.н. Горб О.І., ORCID: 0000-0001-9264-6690, a_gorb@ngc.com.ua,

Навігаційно-геодезичний центр, м. Харків

DOI: 10.32347/2076-815x.2019.71.60-71

РОЗРОБКА КОНЦЕПТУАЛЬНОЇ МОДЕЛІ ЗБОРУ ГЕОПРОСТОРОВИХ ДАНИХ РЕГІОНАЛЬНИХ АЕРОПОРТІВ МЕТОДАМИ ЛАЗЕРНОГО СКАНУВАННЯ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ГІС

Розглянуто питання збору геопросторових даних території регіонального аеропорту методами лазерного сканування для створення геоінформаційної системи майнового комплексу. Проаналізовані та узагальнені можливості лазерного сканування як основного методу збирання геопросторових даних. Здійснено розроблення концептуальної моделі збирання даних для геоінформаційного моделювання території аеропортів.

Ключові слова: геопросторові дані, лазерне та лідарне сканування, геоінформаційна система, регіональний аеропорт.

Постановка проблеми.

За даними Державної авіаційної служби України [1] станом на листопад 2019 року в Україні налічується двадцять аеропортів. Практично в кожному обласному центрі України є свій аеропорт. Їх побудували ще в середині минулого століття і більшість із них перебувають у жахливому стані та потребують осучаснення та модернізації. Для реконструкції будівель та споруд, проведення робіт з просторового планування території, необхідно провести оновлення та актуалізацію геопросторових даних з використанням сучасних технологій. Однією з таких є технологія лазерного сканування, коли отримані дані можуть бути використані в подальшому для вирішення багатьох задач: при плануванні; аналізі та моніторингу будівель, споруд та територій; створенні геоінформаційної системи (ГІС) території аеропорту, тощо.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Проблематиці топографо-геодезичного забезпечення території аеропортів та використання сучасних технологій та методів збору геопросторової інформації приділяли увагу вітчизняні науковці Карпінський Ю.О., Кучер О.В. [2], Крячок С.Д. [3], але нині ці питання потребують додаткових

досліджень з урахуванням розвитку новітніх методів збирання і оброблення даних.

Проблематиці збирання та опрацювання геопросторових даних з використанням лазерного (лідарного) сканування приділяли увагу ряд вітчизняних науковців, зокрема Шульц Р.В. [4].

Досвід використання просторових даних для забезпечення діяльності аеропортів викладено в роботах закордонних колег W. Chen, J., Yuan, M. Li [5], Ch. E. Parrish, R. D. Nowak [6].

Мета і задачі.

Метою даного дослідження є визначення оптимальної схеми опрацювання геопросторових даних для створення геоінформаційної системи регіонального аеропорту. Задачами даного дослідження є: 1) обґрунтування технології збирання просторових даних для ГІС аеропорту; 2) визначення методів проведення лазерного сканування та порівняння технологічних рішень; 3) розроблення концептуальної моделі збирання та оброблення геопросторових даних.

Виклад основного матеріалу.

Разом із сучасними комп'ютерними програмами в галузі геоматики та електронними тахеометрами активно розвиваються інноваційні методи збору та дослідження геопросторових координатних даних та семантичних характеристик будівель, споруд та територій. Один з таких новітніх способів отримувати більш точні і докладні дані при проведенні знімальних та топографо-геодезичних робіт є лазерне сканування.

Лазерне сканування – це сучасний високотехнологічний метод збирання геопросторових даних шляхом вимірювання відстаней від сканера до точок об'єкта з досить високою швидкістю та реєстрацією відповідних напрямків у просторі. Одержані дані про точки об'єкта містять не лише координати x, y, z , а й параметри відображення кольору RGB, інтенсивність відбиття лазерного променя тощо. Результатом лазерного сканування є високоточна хмара точок великої щільності, за результатами обробки якої можна розрахувати напрямки нормалі до поверхні споруди, дешифрувати контури об'єктів у плані та в просторі. Ці дані в подальшому можна використовувати в будь-якій графічній програмі (CAD), для інформаційного моделювання (BIM), для створення геоінформаційних систем (ГІС), для ряду вишукувальних робіт в режимі віртуальної реальності. На основі одержаної точкової моделі у вигляді хмари точок можна створювати креслення та плани будівель, 3D моделі об'єктів, цифрові моделі рельєфу та місцевості, здійснювати їх аналіз та використовувати для прийняття інженерних та управлінських рішень [7].

Сканерна зйомка поділяється на наземну та повітряну, в залежності від типу скануючої платформи та типу обраного обладнання [8]. Нині ринок пропонує великий спектр обладнання для лазерного сканування в залежності від території знімання, її доступності, необхідної точності та напрямів подальшого застосування отриманих даних. Провівши аналіз систем лазерного сканування, можна їх систематизувати за типом носія на декілька груп:

- наземні: стаціонарні; мобільні (автомобільні, залізничні); переносні (рюкзачного типу, ручні);
- повітряні: для зйомки з БПЛА; літака; космічного апарату.

В даній статті представлений аналіз можливостей використання різних типів лазерних скануючих систем, в основному на прикладі обладнання Швейцарської компанії Leica Geosystems AG. Але як на світовому ринку, так і в Україні використовуються скануючі системи інших виробників, аналогічні за своїми функціональними і технічними можливостями та за конструкцією та типами носіїв. На рисунку 1 представлені типи сканерів, більшість з яких нині вже мають в своєму арсеналі підприємства та організації України для виконання робіт зі збору геопросторових даних [9].

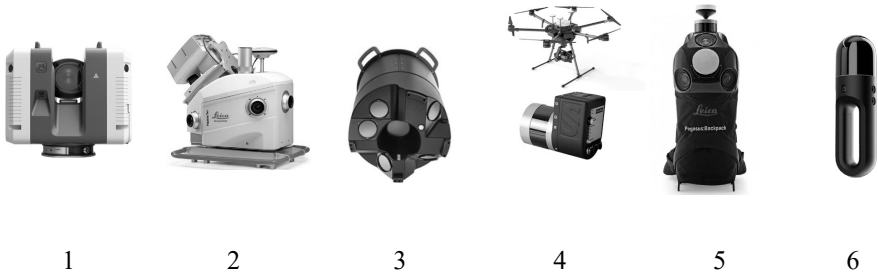


Рис. 1. Зразки обладнання для лазерного та лідарного сканування компанії Leica Geosystems: 1 – наземна скануюча станція; 2 – мобільна інтегрована скануюча система; 3 – бортовий повітряний скануючий комплекс; 4 – повітряний лазерний сканер для БПЛА; 5 – мобільна переносна скануюча система рюкзачного типу; 6 – портативний ручний лазерний 3D сканер.

Технологія лазерного сканування набула популярності завдяки цілому ряду переваг над іншими методами вимірювань, а саме: можливістю виконання робіт при будь-якому освітленні та погодних умов; визначенням «мертвих зон» на стадії виробництва польових робіт, завдяки тривимірній візуалізації в режимі реального часу; використання отриманих результатів сканування в різних цілях; сканування точок об'єкта лише з одного центру проектування; високою мірою деталізації; безпекою при зйомці небезпечних та важкодоступних районів та зон [10].

Разом з активним розвитком використання безпілотних літальних апаратів для збору геопросторових даних місцевості, набирає популярності технологія повітряного лазерного сканування, лідарна зйомка (Lidar - Light Identification, Detection and Ranging, в перекладі світлова ідентифікація, знаходження та визначення дальності), рис. 2. Порівняно з космічною та бортовою лідарною зйомкою, зйомка з БПЛА має ряд переваг: швидкість, економічність, точність. Такий вид зйомки доцільно використовувати для невеликих за площею територій. В результаті отримуємо суцільний масив даних [9].



Рис. 2. Отримання геопросторових даних методом лідарної зйомки.

Однією з задач даного дослідження є визначення методів збору геопросторових даних територій регіональних аеропортів шляхом лазерного сканування для створення геоінформаційних систем. Проблема модернізації існуючих аеропортів, які не відповідають сучасним вимогам, нарізла давно. Найбільша модернізація аеропортів за останні роки була проведена при підготовці до чемпіонату Європи з футболу «Євро-2012», і тоді в Україні відремонтували аеропорти у Києві, Львові, Харкові та нині окупованому Донецьку. Були реконструйовані аеропорти, які мають великий пасажирообіг і достатньо непоганий стан інфраструктури та злітно-посадкових смуг. Але, крім великих об'ємів перевезень та фінансування, були побудовані ще за радянських часів і з того часу практично не модернізувались [11].

Останніми роками державна політика направлена на приведення великих інфраструктурних об'єктів до світових стандартів, і в 2016 році КМ України була затверджена Державна цільова програма розвитку аеропортів на період до 2023 року, метою якої є модернізація інфраструктури 17 аеропортів та приведення її до вимог Міжнародної організації цивільної авіації (ICAO) [12]. В

період з 2016 по 2019 рік були проведені роботи по реконструкції ряду аеропортів.

В багатьох країнах для будівництва, реконструкції та модернізації інфраструктурних об'єктів останніми роками використовуються геоінформаційні технології: для збору вихідних геопросторових даних; для проведення територіального планування; для проектування будівель і споруд та їх інформаційного моделювання (BIM-технології); для створення геоінформаційних систем управління та експлуатації (ГІС-системи).

В даному дослідженні проаналізовано технічні характеристики трьох типів лазерних скануючих систем, які можуть бути використані для збору геопросторових даних територій регіональних аеропортів: бортовий LiDAR Leica TerrainMapper, LiDAR YellowScan Surveyor для зйомки з БПЛА та скануюча станція Leica ScanStation P30, таблиця 1 [9].

Таблиця 1.

Технічні характеристики лазерних скануючих систем

	<i>Leica TerrainMapper</i>	<i>LiDAR YellowScan Surveyor</i>	<i>Leica ScanStation P30</i>
Зовнішній вигляд			
Носій скануючого пристрою	Літак	БПЛА	Штатив
Висота (дальність) вимірювання, м	300-5 500	50-200	0,4-120
Швидкість сканування, точок/сек	1 000 000	300 000	1 000 000
Точність вимірювання відстаней, мм	1,0	2,0	1.0
Точність хмари точок, мм	10	10	6
Поле зору, °	360° (горизонт.) / 180° (вертик.)	360° (горизонт.) / 180° (вертик.)	360° (горизонт.) / 290° (вертик.)

Leica TerrainMapper – бортовий LiDAR, датчик останнього покоління, який працює в лінійному режимі і оптимізований для регіональних картографічних проектів з широким діапазоном висот зйомки від 300 м до 5 500 м. Такий лідар в 2018 році придбало ДП «Українське державне аерогеодезичне підприємство» Держгеокадастру для проведення аерофотозйомки території України та оновлення планово-картографічних матеріалів. Після проведення зйомочних робіт та отримання цифрової моделі рельєфу (ЦМР) та цифрової

моделі місцевості (ЦММ), регіональні аеропорти зможуть використовувати отримані дані в якості планово-картографічної основи для виконання робіт з просторового планування, реконструкції та модернізації території. На даний момент проводиться сканування території Львівської і Волинської областей.

YellowScan Surveyor – професійний LiDAR для проведення зйомки з БПЛА, який можна встановлювати на безпілотики різного типу: гексакоптери, квадрокоптери, БПЛА типу крило, дрони вертольотного типу, тощо. Такий тип камери використовується для проведення високоточних робіт для геодезії, будівництва, земельного кадастру, моніторингу. Завдяки вбудованому двухчастотному GPS/GNSS сенсору, скануючий дальномір забезпечує отримання щільної і точної хмари точок з автоматичною прив'язкою. Сканування виконується зі швидкістю 300 000 точок за секунду і дозволяє генерувати хмару точок з сантиметровою точністю. Лідарна платформа Surveyor доповнена RGB камерою високої роздільної здатності 24.3 Мп Sony Alpha6000, а також програмним забезпеченням LiveStation от YellowScan для LiDAR моніторингу польоту в реальному часі.

Leica ScanStation P30 – високоточний наземний лазерний 3D сканер, призначений для внутрішнього та зовнішнього сканування. Діапазон роботи від 0,4 м до 120 м, швидкість сканування 1 000 000 точок/с. Сканер укомплектований двохосьовим компенсатором, вбудованою відеокамерою, лазерним центриром і характеризується широким полем зору. Точність вимірювання відстані 1,0 мм + 10 ppm, точність моделювання поверхні 0.5 мм на 50 м.

Розглянемо один з аспектів використання лазерного сканування в аеропортах з застосуванням наземної технології сканування. Одним з важливих показників експлуатаційного стану злітно-посадкових смуг (ЗПС) є рівність покриття, яка характеризується індексом рівності R [13]. Фахівцями «Навігаційно-геодезичного центру» був виконаний проект з аналізу індексу рівності ЗПС Харківського авіаційного заводу з використанням лазерного 3D сканера Leica ScanStation 2 [9].

Суть дослідження полягає в тому, що за допомогою лазерного сканера обчислюються висотні позначки поздовжнього профілю ЗПС, при цьому сканер по черзі встановлюється або уздовж лінії центру, або по краях злітно-посадкової смуги, від початку і до кінця. Оскільки в процесі робіт на ЗПС не проводилися польоти, то сканер встановлювався по центру полоси. Всього при виконанні робіт було зроблено 12 точок стояння сканера, крок сканування поверхні ЗПС по довжині становив від 0.5 до 4 см, рис.3.



Рис.3. Схема сканування злітно-посадкової смуги Харківського авіаційного заводу [6]

При скануванні ЗПС було отримано 40 мільйонів координатних точок з точністю ± 4 мм. Після завершення етапу сканування всі дані були зшиті в єдину хмару точок, яка після повного зшивання очищається від зайвих об'єктів та «шумів», рис. 4. По отриманій хмарі точок були побудовані поздовжні і поперечні профілі полотна злітно-посадкової смуги, розраховані висотні точки і оцінка рівності полотна. В процесі роботи підтверджена коректність використання технології лазерного сканування для даного виду геодезичних робіт. Отримані дані можуть бути внесені в геоінформаційну систему і використовуватись для моніторингу стану ЗПС, її експлуатації та реконструкції [9].

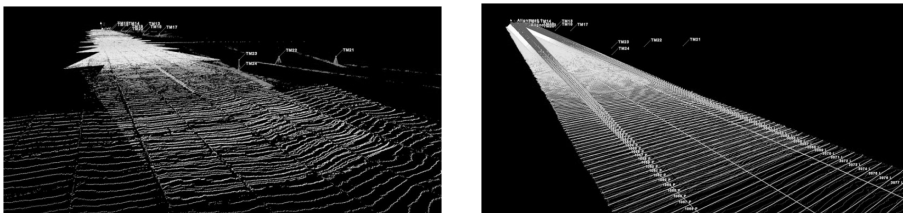


Рис.4. Хмара точок, отримана в результаті зшивки даних лазерного сканування злітно-посадкової смуги Харківського авіаційного заводу [6]

Узагальнюючі проведені дослідження типів лазерного скануючого обладнання, точності отриманих даних та доцільності використання для вирішення різних задач на території регіонального аеропортового комплексу, була розроблена концептуальна модель збору геопросторових даних для

геоінформаційної системи. Компонентами моделі є види отриманих геопросторових даних та їх взаємозв'язки, рис.5.

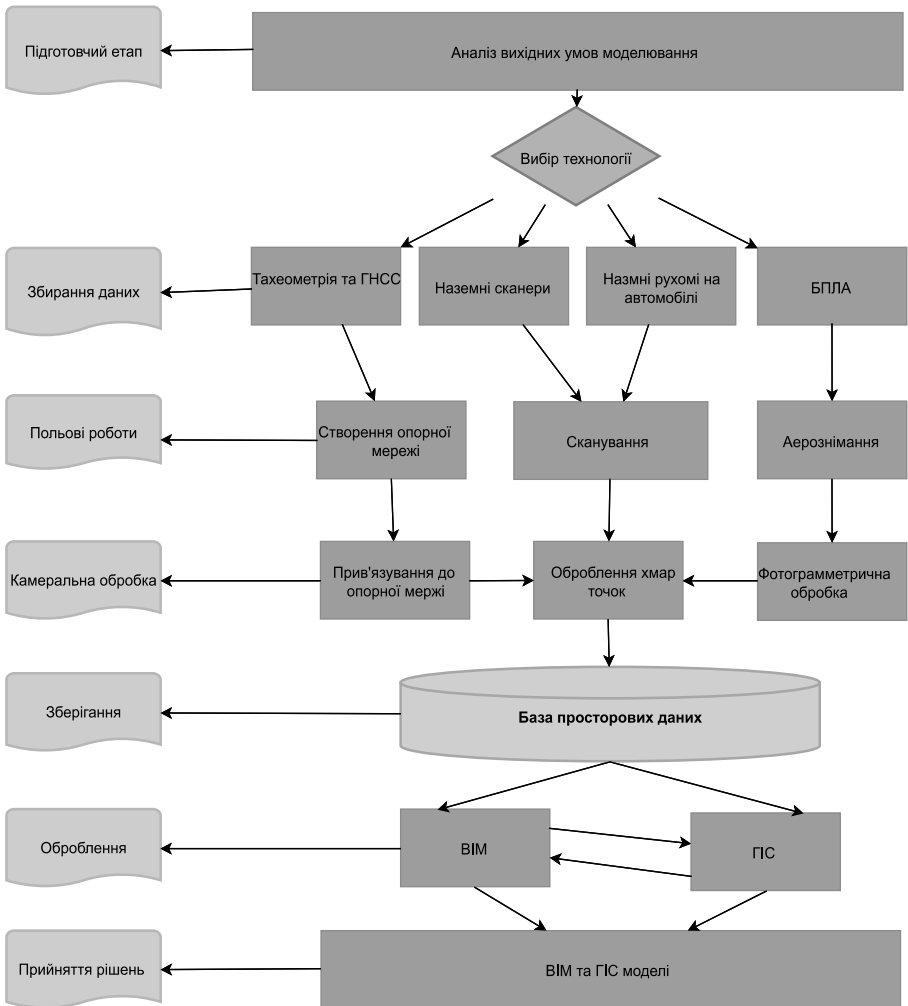


Рис. 5. Концептуальна модель збору просторових даних території регіонального аеропорту методом лазерного сканування для створення ГІС.

Основним об'єктом концептуальної моделі є геопросторові дані, а основними функціями є операції з ними, відповідно до інтероперабельності, можливостей програмного забезпечення та структури і функцій

геоінформаційної системи регіонального аеропорту. Модель є теоретичною основою для створення геоінформаційної системи майнового комплексу регіонального аеропорту. Операції з геопросторовими даними передбачають забезпечення збору, зберігання, редагування, конвертації, використання, візуалізації та аналізу отриманих даних.

Висновки

1. Для збирання геопросторових даних територій регіональних аеропортів доцільно використовувати технологію лазерного (лідарного) сканування, оскільки вона має ряд переваг над традиційними методами проведення топографо-геодезичних вишукувань та збору даних: швидкість, точність, економічність, незалежність від погодних та температурних умов, інтераперабельність, можливість подальшого використання в сучасних системах інформаційного моделювання для побудови будівель та споруд (BIM-моделювання), для створення геоінформаційних систем (ГІС-систем) управління майновим комплексом аеропорту, побудови 3D моделей об'єктів та територій та вирішення інших задач, пов'язаних з безпечним та комфортним обслуговуванням пасажирів та вантажів.

2. Визначені методи проведення лазерного сканування: наземного, шляхом створення хмари точок як результат зшивки даних з декількох зйомочних точок, розташованих на території аеропорту та в приміщеннях; лідарної зйомки з БПЛА та отримання суцільної хмари точок, виконаної на території аеропорту; лідарної зйомки з бортового обладнання, виконаної в рамках Державної програми оновлення картографічних даних та створення ЦММ та ЦМР України.

3. Розроблена концептуальна модель, яка узагальнює проведені дослідження і є теоретичною основою для подальшої розробки логічної та фізичної моделі збору георосторових даних територій регіональних аеропортів для створення геоінформаційної системи майнового комплексу.

Література.

1. Геопортал Державної авіаційної служби України - [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://avia.gov.ua>.
2. Кучер О.В. Геодезическая основа Международного аэропорта Борисполь-2 в системе ITRF97 / О.В. Кучер, О.А. Абрикосов, Д.А. Марченко // Наук.-техн. симпоз. «Геомониторинг – 99». – Л., 1999. – С. 2-9.
3. Крячок С.Д. Топографо-геодезичне забезпечення аеропортів / Крячок С.Д.// Технічні науки та технології: Зб. наук. праць № 1 (11). - Чернігів, 2018. - С. 239-251.
4. Шульц Р.В. Теорія і практика використання наземного лазерного сканування в задачах інженерної геодезії : автореф. дис. д-ра техн. наук / Р.В. Шульц. – Київ, 2012.
5. Parrish Ch. Improved Approach to Lidar Airport Obstruction Surveying Using Full-Waveform Data / Ch. E. Parrish R. D. Nowak // Journal of Surveying Engineering. – 135(2). – Режим доступу: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9453\(2009\)135:2\(72\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9453(2009)135:2(72))

6. Chen W. Application of GIS/GPS in Shanghai Airport Pavement Management System / Wenlai Chen, JieYuan, Meng Li // *Procedia Engineering*/ – Volume 29, 2012/ – P. 2322 – 2326 Режим доступу: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.01.308>.
7. Бойко О.Л. Геоінформаційні системи аеропортів комплексів на основі ARCGIS / Містобудування та територіальне планування: Наук.-техн. збірник, вип. 68.- / Головн. ред. М.М. Осетрін. - К., КНУБА, 2018. - С.656-665.
8. Ничвид М.Р. Зміна технологій: найбільш перспективні продукти, рішення та послуги / Ничвид М.Р.// Суч. досяг. геод.науки та виробн.: Зб. наук. пр. Західного геодезичного товариства УТГК.- Львів, 2017.- Випуск II (34), С.175 -180.
9. Офіційний сайт «Навігаційно-геодезичного центру» - [Електронний ресурс]. – Режим доступу:<https://ngc.com.ua/shop/lazermoe-skanirovanie-oborudovanie>.
10. Романишин І. Класифікація та основні характеристики наземних 3D-сканерів / Романишин І. Малицький А., Лозинський В. // Суч. досяг. геод.науки та виробн.: Зб. наук. пр. Західного геодезичного товариства УТГК.- Львів, 2012.- Випуск II(24), С.150-158.
11. Бойко О.Л. Геоінформаційне забезпечення модернізації та розвитку регіональних аеропортів України / Матеріали V міжнар.наук.-практ.конф. «Регіональна політика: політико-правові засади, урбаністика, просторове планування, архітектура». - Київ, КНУБА, 2019. - С. 342-347.
12. Про затвердження Державної цільової програми розвитку аеропортів на період до 2023 року. [Електронний ресурс]: Постанова Кабінету Міністрів України від 24.02.2016 № 126. – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/126-2016-%D0%BF>.
13. Про затвердження Інструкції з експлуатації аеродромів державної авіації України [Електронний ресурс]: Наказ Міністерство оборони України від 01.07.2013 № 441. – Режим доступу: http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/RE23761.html.

Бойко Е.Л., Национальный авиационный университет, г. Киев,
д.геогр.н. Ляшенко Д.А., Национальный транспортный университет, г. Киев,
к.т.н. Горб А.И., Навигационно-геодезический центр, г. Харьков

РАЗРАБКА КОНЦЕПТУАЛЬНОЙ МОДЕЛИ СБОРА ГЕОПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ РЕГИОНАЛЬНЫХ АЭРОПОРТОВ МЕТОДАМИ ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ГИС

Рассмотрен вопрос разработки концептуальной модели сбора геопространственных данных территории регионального аэропорта методами лазерного сканирования для создания геоинформационной системы имущественного комплекса.

Ключевые слова: геопространственные данные, лазерное и лидарное сканирование, геоинформационная система, региональный аэропорт.

Olena Boiko, National Aviation University, Kyiv,
DSc Dmytro Lyashenko, National Transport University, Kyiv,
PhD Alexander Gorb, Navigation and Geodetic Center, Kharkiv

CONCEPTUAL MODEL FOR GEOPACIAL DATA COLLECTION USING LASER SCANNING METHODS FOR GIS CREATION

This paper presents a conceptual framework that helps dealing with the spatial data modeling for the territory of a regional airport. To illustrate the potential of the Geoinformation system (GIS) approach, the Light Imaging and Range Detection (LIDAR) data capture methods were determined. The methods allow very high-resolution 3D spatial data collecting. The data captured from terrestrial, man-portable terrestrial, unmanned aerial vehicle-mounted, LIDARs. The LIDAR systems capture accurate 3D measurements of the airport environment with spatial resolutions on the order of 5 centimeters or less. The data are represented as point cloud. It can be processed for facility reconnaissance, airport reconstruction and rearrangement planning. We propose to adopt the data for use as for building information modelling (BIM) that digitally depicts all spatial objects, longitudinal and transverse profiles of an airport territory. The BIM models assist the planning, construction, use of all airport building and facilities. Another approach of spatial data adoption is an airport GIS creation. The GIS is adopted for spatial data combination and sharing through all airport departments. The spatial data is received from different data sources (survey data, aerial imagery, semantical). The main goal of GIS is an airport territory management and decision-making support. In the article LIDAR systems technical characteristics are analyzed and evaluated. Also the paper discusses the function design and the application efforts of using GIS for the airport property complex maintenance.

Keywords: geospatial data, LIDAR, data capture, unmanned aerial vehicles, building information modelling (BIM), geoinformation system (GIS), property complex, regional airport.

REFERENCES

1. Heoportel Derzhavnoi aviatsiinoi sluzhby Ukrainy - [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu: <https://avia.gov.ua>.
2. Kucher O.V. Heodezycheskaia osnova Mezhdunarodnoho aэропорта Boryspol-2 v systeme ITRF97 / O.V. Kucher, O A. Abyrkosov, D.A. Marchenko // Nauk.-tekhn. sympoz. «Heomonitorynh – 99». – L., 1999. – S. 2–9.

3. Kriachok S.D. Topografo-heodezychno zabezpechennia aeroportiv / Kriachok S.D.// Tekhnichni nauky ta tekhnolohii: Zb. nauk. prats № 1 (11). - Chernihiv, 2018. - S. 239-251.
4. Shults R.V. Teoriia i praktyka vykorystannia nazemnoho lazernoho skanuvannia v zadachakh inzhenernoi heodezii : avtoref. dys. d-ra tekhn. nauk / R.V. Shults. – Kyiv, 2012.
5. Parrish Ch. Improved Approach to Lidar Airport Obstruction Surveying Using Full-Waveform Data / Ch. E. Parrish R. D. Nowak // Journal of Surveying Engineering. – 135(2). – Rezhym dostupu: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9453\(2009\)135:2\(72\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9453(2009)135:2(72))
6. Chen W. Application of GIS/GPS in Shanghai Airport Pavement Management System / Wenlai Chen, JieYuan, Meng Li // Procedia Engineering/ – Volume 29, 2012/ – P. 2322 – 2326 Rezhym dostupu: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.01.308>.
7. Boiko O.L. Heoinformatsiini systemy aeroportovoykh kompleksiv na osnovi ARCGIS / Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia: Nauk.-tekhn. zbirnyk, vyp. 68.- / Holovn. red. M.M. Osetrin. - K., KNUBA, 2018. - S.656-665.
8. Nychvyd M.R. Zmina tekhnolohii: naibilsh perspektyvni produkty, rishennia ta posluhy/Nychvyd M.R.//Such. dosiah. heod.nauky ta vyrobn.: Zb. nauk. pr. Zakhidnoho heodezychnoho tovarystva UTHK, Vyp. II(34). - Lviv, 2017. - S. 175-180.
9. Ofitsiinyi sait «Navihatsiino-heodezychnoho tsentru» - [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu:<https://ngc.com.ua/shop/lazernoe-skanirovanie-oborudovanie>.
10. Romanyshyn I. Klasyfikatsiia ta osnovni kharakterystyky nazemnykh 3D-skaneriv / Romanyshyn I. Malitskyi A., Lozynskyi V. // Such. dosiah. heod.nauky ta vyrobn.: Zb. nauk. pr. Zakhidnoho heodezychnoho tovarystva UTHK.- Lviv, 2012.- Vypusk II(24), S.150-158.
11. Boiko O.L. Heoinformatsiine zabezpechennia modernizatsii ta rozvytku rehionalnykh aeroportiv Ukrainy / Materialy V mizhnar.nauk.-prakt.konf. «Rehionalna polityka: polityko-pravovi zasady, urbanistyka, prostorove planuvannia, arkhitektura». - Kyiv, KNUBA, 2019. - S. 342-347.
12. Pro zatverdzhennia Derzhavnoi tsilovoi prohramy rozvytku aeroportiv na period do 2023 roku. [Elektronnyi resurs]: Postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 24.02.2016 № 126. – Rezhym dostupu : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/126-2016-%D0%BF>.
13. Pro zatverdzhennia Instruksii z ekspluatatsii aerodromiv derzhavnoi aviatsii Ukrainy [Elektronnyi resurs]: Nakaz Ministerstvo oborony Ukrainy vid 01.07.2013 № 441. – Rezhym dostupu: http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/RE23761.html.