

УДК 528.48:69

DOI: 10.25140/2411-5363-2019-4(18)-238-246

Олена Бойко, Дмитро Ляшенко, Дмитро Прусов

КОНЦЕПТУАЛЬНІ ЗАСАДИ BIM/GIS ІНТЕГРАЦІЇ ГЕОПРОСТОРОВИХ ДАНИХ АЕРОПОРТІВ, ОТРИМАНИХ ЛАЗЕРНИМ СКАНУВАННЯМ

Актуальність теми дослідження. Процес проектування, будівництва та експлуатації сучасних об'єктів транспортної інфраструктури активно вдосконалюється, зважаючи на активний розвиток цифрових технологій: систем супутникового визначення місцезнаходження, цифрової фотограмметрії, лідарних та лазерних знімків. Для оброблення масивів геопросторових даних нині використовуються геоінформаційні системи (GIS) та системи автоматизованого проектування (САПР). Шляхи інтеграції цих технологій нині перебувають на етапі становлення.

Постановка проблеми. Важливою науковою проблемою є пошук шляхів інтеграції просторових даних для створення будівельних інформаційних моделей (BIM) та геоінформаційних моделей GIS. Якщо BIM використовуються нині переважно для проектування та реконструкції об'єктів будівництва, то GIS вирішують набагато ширше коло завдань просторового планування і управління.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У роботі були проаналізовані та узагальнені публікації з цієї теми: вивчений досвід впровадження будівельних інформаційних моделей (BIM) та геоінформаційних моделей GIS в діяльності аеропортів.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Після етапу збирання геопросторових даних із різних сенсорів (ГНСС, БПЛА, лазерних сканерів), дані імпортується до САПР або GIS. Для роботи з обома цими моделями використовуються різні програмні продукти. Процеси організації даних у процесі створення будівельних інформаційних моделей (BIM) та геоінформаційних моделей (GIS) до певної міри відрізняються. Питання інтеграції таких моделей нині неповною мірою опрацьовані, що потребують вирішення.

Постановка завдання. У процесі інтеграції просторових даних потребує рішення питання інтеграції семантики, топології, форматів і стандартів геопросторових даних. Важливим завданням є розроблення та вивчення досвіду створення програмних модулів, що дозволяють інтегрувати BIM-моделі до середовища геоінформаційних систем (GIS).

Виклад основного матеріалу. Лідерами з проведення об'єднання даних будівельних інформаційних моделей та геоінформаційних систем є компанії Autodesk та Esri. У роботі визначено актуальність застосування модуля Feature Manipulation Engine (FME), який інтегрує моделі BIM у форматі IFC (Industry Foundation Classes) в ArcGIS. Важливим напрямом подальшого розвитку технологій є впровадження у виробництво стандарту CityGML відкритого геопросторового консорціуму (OGC). Цей стандарт є перспективним для зберігання віртуальних 3D-моделей, які можуть бути загальними для САПР та GIS.

Висновки відповідно до статті. На основі виконаних досліджень встановлено, що актуальним напрямом дослідження є розроблення технологій, що дозволяють генерувати інформацію із BIM та GIS для створення більш взаємопов'язаної інфраструктури. Перспективним є інтеграція інформації BIM та GIS для створення інфраструктури просторових даних (ІПД).

Ключові слова: геопросторові дані; геоінформаційні системи (GIS); будівельні інформаційні моделі (BIM); BIM/GIS інтеграція; лазерне та лідарне сканування; об'єкти транспортної інфраструктури; аеропорти; будівництво; реконструкція; інфраструктури геопросторових даних (ІПД).

Рис.: 2. Бібл.: 19.

Актуальність теми дослідження. Нині Україна на шляху впровадження інформаційних технологій, і ці процеси відбуваються дуже інтенсивно в багатьох сферах: проектуванні, будівництві, управлінні територіальним розвитком, оновленні планово-картографічних матеріалів, створенні інфраструктури геопросторових даних, ведення кадастрів, створенні геоінформаційних систем різного призначення, геопорталів тощо.

Цифрова трансформація багатьох галузей, перехід на нові технології збору геопросторових даних, інформаційне моделювання, впровадження геоінформаційних систем, геопортальних рішень, хмарних технологій призводять до необхідності конвертації великих масивів даних в різне програмне середовище.

Розглядаючи проблему використання BIM/GIS технологій при проведенні комплексу робіт щодо реконструкції аеропортів України, враховуючи необхідність обробки даних в об'єднаних робочих процесах для забезпечення вирішення комплексу проектних, будівельних, експлуатаційних та управлінських завдань, проблема інтеграції та інтероперабельності даних є актуальною.

Постановка проблеми. У цьому дослідженні розглядаються концептуальні засади інтеграції даних, отриманих шляхом лазерного сканування для подальшого використання в програмах інформаційного моделювання будівель та споруд (BIM) та для використання при створенні геоінформаційних систем (GIS) майнового комплексу.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Це дослідження є комплексним, в якому аналізується інтеграція масиву геоданих, отриманих шляхом лазерного (лідарного) сканування в різні робочі процеси, які пов'язані між собою: 1) проектно-вишукувальний, на якому відбувається збір геопросторових даних; 2) інтеграція даних лазерного сканування в системи інформаційного моделювання будівель та споруд (BIM) та в геоінформаційні системи (GIS) прийняття управлінських рішень; 3) BIM/GIS інтеграція геопросторових даних.

Аналіз останніх досліджень і публікацій показав, що проблемі використання лазерного сканування та нових підходів до проведення геодезичних вишукувань у будівництві присвячені праці Р. Шульца [1], А. Маліцького, В. Лозинського [2], М. Коцаб, Д. Вилим, И. Лехнер, К. Радей, А. Дрбал [3] та інших. Проблеми BIM/GIS інтеграції геопросторових даних присвячені праці Shimonti Pau [4], Arup Dasgupta [5], *Chris Andrews* [6], *Don Kuehne* [7] та інших.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Аналіз останніх досліджень і публікацій показав, що питання BIM/GIS інтеграції геоданих, отриманих шляхом лазерного та лідарного сканування, потребує додаткового дослідження, оскільки ці питання дуже важливі при виконанні комплексу робіт щодо реконструкції та модернізації таких великих інфраструктурних об'єктів, як аеропорти.

Постановка завдання (цілей статті). Метою цього дослідження є визначення концептуальних засад інтеграції геопросторових даних, отриманих шляхом лазерного та лідарного сканування між програмними продуктами, які технологічно різняться, призначені для вирішення різних цілей і завдань, але складають єдиний технологічний ланцюг від збору даних до їх практичного використання.

Завданням дослідження є визначення методів інтеграції даних лазерного (лідарного) сканування для BIM/GIS моделювання на основі виробників програмного забезпечення для інформаційного моделювання (Autodesk, Revit) і створення геоінформаційних систем (Esri, ArcGIS).

Виклад основного матеріалу. Інформаційні технології останніми роками широко застосовуються при вирішенні широкого спектра питань проектування, будівництва та експлуатації будівель, споруд та інфраструктурних об'єктів. Будівельна індустрія стрімко рухається до інформатизації, тому інформаційне моделювання (BIM) стає важливим інструментом, який дозволяє раціонально використовувати ресурси, оптимізувати робочі процеси, дає можливість всім зацікавленим сторонам одночасно оцінювати ту саму інформацію через взаємодію між різними технологічними платформами [4].

Країни Євросоюзу почали впроваджувати BIM-технології ще в 2013 році, а в липні 2018 року Робоча група Євросоюзу по BIM випустила Керівництво з впровадження технологій для європейських державних замовників. В Україні 2019 рік став роком офіційного впровадження BIM-технологій і 30.11.2019 р. був підписаний Меморандум «Дорожня карта впровадження інформаційного моделювання будівель (BIM) при створенні об'єктів будівництва, об'єктів архітектури». Це є важливим кроком на державному рівні до впровадження інформаційного моделювання при проектуванні, спорудженні об'єктів та їх експлуатації.

BIM-моделювання (Building Information Model) – інформаційне моделювання будівельного об'єкта, який включає створення та управління цифровими уявленнями фізичних і функціональних характеристик об'єкта. Отримані інформаційні моделі стають загальними джерелами знань для підтримки прийняття рішень про об'єкт від самих ранніх концептуальних етапів до проектування, будівництва, протягом терміну його експлуатації і можливого знесення. Основним програмним забезпеченням для BIM-моделювання на сьогодні є продукти компаній Bentley Systems, Autodesk (Revit, Civil 3D, Subassembly Composer, Tekla, InRoads), Nemetschek та Graphisoft.

GIS-система (Geoinformation system) – геоінформаційна система, призначена для збору, зберігання, обробки, аналізу, управління та подання всіх типів географічних да-

них. Основним програмним забезпеченням для створення GIS-систем є продукти компаній Esri (ArcGis).

GIS широко використовується для візуалізації та аналізу геопросторових даних, які можуть включати в себе земельно-кадастрову, екологічну, економічну, демографічну, структурну, наукову та іншу інформацію, а інтеграція часових даних дає змогу учасникам проекту краще зрозуміти наслідки проектних рішень до, під час та після будівництва або реконструкції об'єкта.

Спільне використання можливостей BIM та GIS технологій дає переваги при просторовому плануванні та проектуванні, оскільки реальні об'єкти розташовані в геоінформаційному просторі. Застосування GIS-технологій дозволяє використовувати дані інженерно-геодезичних вишукувань та планово-картографічні матеріали проектів спеціалістам із різних сегментів життєвого циклу будівництва.

GIS розширює цінність BIM за рахунок можливостей аналітичного апарату та візуалізації та інтегруючи в процес проектування геопросторові дані, географічна інформація стає важливим компонентом усього процесу прийняття рішень у будівництві та реконструкції і дозволяє кожному учаснику здійснювати найбільш ефективний внесок [7].

Введення в BIM-моделювання геоприв'язки дозволяє розглядати роботи з просторового планування та будівництва в геопросторовому контексті. Це не тільки дає можливість правильно розташовувати об'єкти на топографічній поверхні, а й допомагає у створенні розумних будинків, які максимально використовують природне освітлення і контроль температури, тим самим знижуючи навантаження на споживання енергії і сприяючи збереженню ресурсів. Також GIS може дати проектантам уявлення про райони, наприклад, схильні до повеней, що також впливатиме на розташування, орієнтацію і навіть будівельні матеріали об'єктів та споруд [5].

У міру формування BIM також повинна формуватися ГІС, щоб краще адаптувати й обробляти 3D-контент BIM-моделі, візуалізацію і аналіз. Інтеграція BIM і GIS підвищує ефективність всього життєвого циклу проекту будівництва та реконструкції. Переваги цієї інтеграції настільки великі, що компанії, які розробляють геоінформаційне програмне забезпечення, такі як Esri і Autodesk, працюють над поліпшеною сумісністю програмного забезпечення для BIM і GIS [7].

Наприкінці 2019 року в Україні, за даними Державної авіаційної служби, налічується 20 діючих аеропортів, 17 з яких включені до Державної цільової програми розвитку аеропортів до 2023 року, прийняту Урядом в 2016 році. Метою програми є реконструкція, модернізація і приведення аеропортів до міжнародних стандартів обслуговування пасажирів та вимог Міжнародної організації цивільної авіації (ICAO).

Аеропортові комплекси багатьох країн активно використовують BIM-моделювання та GIS-системи для планування, проектування і виконання будівельних проектів; утримання та експлуатації об'єктів; управління та забезпечення безпеки; автоматизованого збору та подання даних про внутрішній і зовнішній простір будівель та споруд, цільове використання та оптимізацію простору тощо [8].

Наведемо декілька успішних прикладів використання даних лазерного сканування, BIM та GIS технологій для просторового планування, будівництва, реконструкції та управління об'єктами аеропортових комплексів:

- аеропорт Хітроу (Великобританія) – ще у 1986 році BIM-технологія була використана для проектуванні Терміналу 3, де і був вперше застосований термін Building Modeling у його нинішньому розумінні [9];
- аеропорт Абу-Дабі (ОАЕ), термінальний комплекс Midfield – проектування та всі розробки, зокрема й розрахунки конструкцій, велися тільки на основі BIM-моделі, [10];

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

- аеропорт Король Халід (Ер-Ріяд, Саудівська Аравія) – було використано лазерне сканування території для створення топографічного плану та BIM-модельовання споруд при масштабній реконструкції [11];

- аеропорт Хартсфілд-Джексон в Атланті (США) – розроблена комплексна GIS, яка обслуговує всі підрозділи: експлуатаційників будівель та споруд, інженерних комунікацій та злітно-посадкових смуг; планувальників та будівельників; керівників; пасажирів тощо [12];

- аеропорт Лос-Анджелеса (США) – були використані GIS-технології і BIM-модельовання для реконструкції термінального комплексу та оновлення комунальних мереж [13];

- аеропорт Жешув Ясенка (Польща) – були використані GIS та BIM технології для проектування нової мережі руліжних проїздів із навігаційним освітленням, мережею зв'язку, каналізаційними та дренажними системами, які були вписані в існуючу інфраструктуру аеропортового комплексу та злітно-посадкової смуги [14].

Як показує практичний досвід, спільне використання BIM/GIS технологій для проектування, будівництва та реконструкції території аеропортів – це шлях до побудови комплексної інформаційної системи, яка ефективно працює протягом всього життєвого циклу об'єктів та споруд (рис. 1).

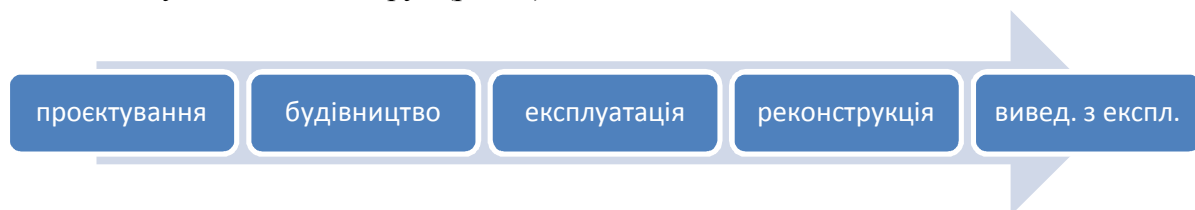


Рис. 1. Схема життєвого циклу об'єктів і споруд

Для збору геопросторових даних для BIM/GIS модельовання останніми роками набуває популярності технологія лазерного сканування, яка поділяється на наземну та повітряну (лідарну) та є ефективним інструментом, що дозволяє створювати точні копії об'єктів та територій шляхом переводу геометричних форм у математичні моделі. Це дає можливість використовувати їх у подальшій роботі під час проектування, експлуатації, управління, створення геоінформаційних систем тощо [15].

Розробкою обладнання для лазерного та лідарного сканування займається багато фірм. Найвідомішими є Trimble (США), Leica Geosystems (Швейцарія), Riegl (Австрія), Zoller + Fröhlich (Німеччина), Topcon (Японія), Faro (США), Hi-Target (Китай) та інші. Через велику різноманітність приладів та їхніх специфікацій, лазерні сканери різняться за певними технічними характеристиками, такими як скануюча платформа, метод вимірювання відстані, параметри лазера, точність вимірювання відстані та кута, кут огляду, дальність вимірювання, швидкість та щільність сканування тощо [1; 2].

Для проведення комплексу інженерно-геодезичних вишукувань для реконструкції аеропорту та збору геоданих, доцільно використовувати такі види лазерного сканування: наземне (стаціонарне і мобільне) та лідарне (з БПЛА і бортове) [15].

Розглядаючи концептуальні засади інтеграції геопросторових даних, отриманих методом лазерного сканування, у BIM та GIS системи, можливо виділення напрямів інтеграції даних: дані лазерного сканування в GIS-системи, дані лазерного сканування в BIM-моделі, BIM/GIS інтеграція (рис. 2).

У даних лазерної та лідарної зйомки, крім геопозиційних значень x , y , z , системою зберігається додаткова інформація і для кожного лазерного імпульсу записуються та зберігаються такі атрибути: інтенсивність, номер відбиття, кількість відбитих сигналів, значення класифікації точки, крайні точки лінії польоту, кольорові RGB-значення, час по GPS, інформація про внутрішнє позиціонування (INS), кут та напрямлення сканування [16].

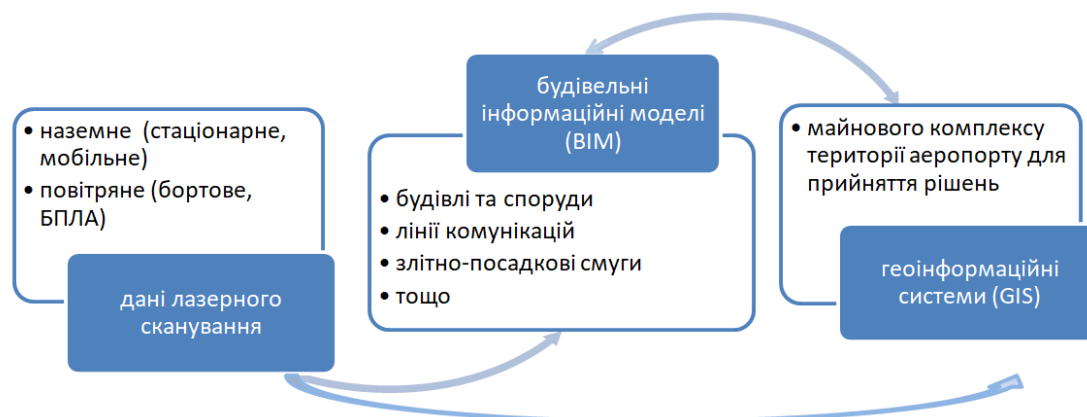


Рис. 2. Концептуальна схема інтеграції геопросторових даних території аеропорту в BIM та GIS системи

Для первинної обробки, геоприв'язки та «зшивки» отриманих хмар точок використовуються програмні комплекси типу Cyclone-REGISTER от Leica Geosystems. Додатково на цьому етапі робіт є можливість сформувати карту сферичних панорам об'єкта, яка дозволяє проглядати панорами з будь-якої станції сканування, а також проводити виміри, залишати анотації тощо. Отримана хмара точок експортується для подальшої обробки в програмний продукт, типу Autodesk ReCap, який містить велику кількість налаштувань для керування хмарию (видалення точок, редагування інтенсивності кольору тощо) і дозволяє вийти на необхідний рівень деталізації для побудови BIM-моделі.

Далі хмара точок експортується або в програми BIM-моделювання, або в GIS-програми для подальшого опрацювання залежно від технологічних завдань. На цьому етапі не виникає проблем з інтеграцією даних лазерного сканування, оскільки ArcGIS, Revit, Civil 3D, Credo, Bentley, Allplan та багато інших програм напряду зчитують файли, що забезпечує швидкий доступ до даних через відсутність необхідності конвертації та імпорту.

BIM та GIS простір мають багато спільного, але і різняться в цілях збору даних, способах геометричного моделювання ідентичних об'єктів, рівні деталізації, програмним забезпеченням та їх відкритих стандартів. Виділяється три проблеми, які необхідно вирішити при інтеграції інженерних та GIS рішень [17]:

- семантика – різними термінами та наборами атрибутивної інформації визначаються ті ж самі об'єкти в BIM та GIS;
- топологічні відносини – різні підходи до топології, GIS використовує точки, лінії і полігони; CAD/BIM використовує сплайни, параметричні криві, тощо;
- формати даних і стандарти – GIS використовує шейп-файли, GML і CityCML; CAD/BIM використовує DWG, DGN, RVT файли і IFC.

Компанії Autodesk та Esri проводять роботи щодо об'єднання даних інформаційних моделей та геоінформаційних систем. Це дозволяє генерувати інформацію із BIM та GIS для створення більш взаємопов'язаної інфраструктури, використовувати дані для проектування, будівництва та реконструкції в контексті реальної території. Рішення для інтеграції сконцентровані переважно на відображенні семантичних даних, опис яких не повністю стандартизований в BIM/GIS; на перетворенні геометричних об'єктів.

Аналізуючи сучасні схеми BIM/GIS інтеграції на основі програмного забезпечення для інформаційного моделювання Autodesk (Revit) і створення геоінформаційних систем Esri (ArcGIS), можна виділити дві концепції інтеграції моделей BIM в GIS, які в основному застосовуються.

Однією з них є перетворення даних інформаційних моделей за допомогою програмного забезпечення Feature Manipulation Engine (FME), яке інтегрує моделі BIM у форматі IFC (Industry Foundation Classes) в ArcGIS з розширенням взаємодії даних ArcGIS.

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

Інший спосіб інтеграції – пряме зчитування BIM-моделей Autodesk програмним забезпеченням ArcGIS Pro. Це перша розробка, яка об'єднує платформи GIS і BIM за допомогою коректної інтеграції [17].

FME Desktop розроблений для інтеграції просторових і семантичних даних і є ідеальним доповненням будь-якої геоінформаційної системи та забезпечує конвертацію даних більш ніж 200 форматів САПР, GIS, СУБД і растрових даних. Початково IFC формат був запроваджений для комплексів Autodesk Revit та Tekla, але поступово став буфером обміну повних даних без втрати інформаційного наповнення. Також FME Desktop виконує перетворення систем координат і проєкцій; перетворення даних із використанням бібліотеки з більш ніж 300 перетворювачів даних (transformers), створення власних елементів і їхніх атрибутів без необхідності кодування для реорганізації, перетворення і модифікації; здійснює об'єднання і поширення даних по мережах Інтранет / Інтернет [18].

У межах реалізації в Голландії 3D-кадастрового стандарту, що розробляється Національним комітетом по інфраструктурі геоданих, запроваджено проєкт з оновлення OGC CityGML стандарту, який засновано на GeoBIM та IFC стандартах. У 2015 році компанія Esri випустила нові інструменти, які забезпечують інтеграцію без втрат для 21 CityGML класу просторових об'єктів в інформаційній моделі 3D City.

Стандарт CityGML відкритого геопросторового консорціуму (OGC) широко використовується в усьому світі для зберігання віртуальних 3D-моделей, які можуть бути загальними для різних програм, починаючи від планування, архітектурно-будівельного проєктування до моделювання умов навколишнього середовища і управління будівлями та об'єктами [17].

Загалом, запропоновані концептуальні засади інтеграції геопросторових даних аеропортів спрямовано на вироблення принципів управління територіями з урахуванням сучасних містобудівних, архітектурних, екологічних і конструктивних вимог, щодо збереження та розвитку сучасних об'єктів транспортної інфраструктури і забезпечення їх нормальної та безпечної експлуатації. З урахуванням нових умов землекористування та розвитку територій, із трансформацією процесів проєктування, будівництва та експлуатації сучасних об'єктів транспортної інфраструктури на основі вдосконалення новітніх цифрових технологій, виняткового значення здобуває науково-технічне обґрунтування основних етапів процесу сучасного територіального розвитку, дієвість і ступінь реалізації містобудівних рішень на основі створення та розвитку ефективних методів як основи проєктно-планувальних робіт з метою підвищення якості їх розробки й обґрунтованості прийнятих рішень [19].

Висновки відповідно до статті. Висновками цього дослідження є:

1. Лазерне та лідарне сканування активно використовується у світі під час проведення інженерно-геодезичних вишукувань для збору геопросторових даних при виконанні робіт із реконструкції, модернізації або будівництва злітно-посадкових смуг, будівель та споруд. Для територій аеропортів доцільно використовувати методи наземного (стаціонарного та мобільного) та лідарного знімання. Після попередньої обробки у відповідних програмних продуктах отримані дані без втрат якості інтегруються в BIM та GIS середовище.

2. Сучасні геоінформаційні технології, BIM-моделювання та GIS-системи дедалі частіше використовуються для проведення комплексу робіт із просторового планування, проєктування, будівництва та реконструкції аеропортів. Під час виконання комплексу робіт у BIM та GIS інтегруються різні технологічні напрямки, такі як 3D-моделювання, модель-орієнтовне проєктування, побудова й аналіз різного роду поверхонь, дані лазерного та лідарного сканування, реалізація 3D-середовища для візуалізації тощо. Проблемою BIM/GIS інтеграції займаються провідні виробники програмного забезпечення, такі як Autodesk, і Esri. Проблеми, які вирішуються при BIM/GIS інтеграції даних – семантична та топологічна розбіжність, різні формати даних.

3. У дослідженні розроблена концептуальна схема інтеграції геопросторових даних території аеропорту, отриманих шляхом лазерного та лідарного сканування в BIM та GIS системи. Комбінований BIM/GIS підхід є ключовою світовою тенденцією та вимо-

гою часу при виконанні робіт з просторового планування, проектування, будівництва та реконструкції, тобто протягом всього життєвого циклу об'єкта.

4. Запропоновані концептуальні засади можуть бути використані у виробленні генеральних планів та проектів детального планування як основних документів, що визначають і вирішують проблеми комплексного територіального планування, а також як основи науково-технічного обґрунтування рішень із проектування, будівництва та експлуатації сучасних об'єктів транспортної інфраструктури на основі створення та розвитку ефективних геоінформаційних технологій.

Список використаних джерел

1. Шульц Р. В. Теорія і практика використання наземного лазерного сканування в задачах інженерної геодезії: автореф. дис. ... д-ра техн. наук / Київський нац. ун-т будівництва і архітектури. Київ, 2012. 32 с.
2. Маліцький А., Лозинський В. Лозинський В. Аналіз наземних лазерних 3D-сканерів та сфера їх застосування. *Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва*. 2014. Вип. I (27). С. 21-25.
3. Коцаб М., Вілім Д., Лехнер І., Радей К., Дрбал А. Роль геодезистів у будівництві методом BIM. *Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва*. 2019. Вип. II (38). С. 15-19.
4. Shimonti P. BIM adoption around the world: how good are we? URL: <https://www.geospatialworld.net/article/bim-adoption-around-the-world-how-good-are-we>.
5. Arup Dasgupta Integration of BIM and geospatial systems still a distant dream. URL: <https://www.geospatialworld.net/article/integration-of-bim-and-geospatial-systems-still-a-distant-dream>.
6. Кріс Ендрюс Міфі та реалії інтеграції BIM – ГІС. URL: <https://uk.geofumadas.com/%D0%9C%D1%96%D1%84%D0%B8-5-96%D1%97-5-97-bim-gis>.
7. Don Kuehne, Chris Andrews Increasing interest in the fusion of GIS and BIM. URL: <https://www.esri.com/arcgis-blog/products/3d-gis/3d-gis/increasing-interest-in-the-fusion-of-gis-and-bim>.
8. Бойко О. Л. Геоінформаційні системи аеропортових комплексів на основі ArcGis. *Містобудування та територіальне планування: наук.-техн. збірник*. 2018. Вип. 68. С. 656–665.
9. Білик А. С., Беляєв М. А. BIM моделювання. Огляд можливостей та перспективи в Україні. *Промислове будівництво та інженерні споруди*. 2015. № 2. С. 9-15.
10. Anne Busson. BIM-driven Approach Enhances ROI on Midfield Terminal at Abu Dhabi Airport. URL: <https://informedinfrastructure.-com/-12971/bim-driven-approach-enhances-roi-on-midfield-terminal-at-abu-dhabi-airport>.
11. Топографическая съемка территории аэропорта Король Халид, Эр-Рияд, Саудовская Аравия методом лазерного сканирования. URL: <http://trimetari.com/ru/proekty/geodeziya-i-markshejderiya/topograficheskaya-semka-territorii-aeroporta>.
12. Самый загруженный аэропорт в мире высоко взлетает с помощью ГИС. *ArcReview*. 2016. № 1(76). URL: https://www.esri-cis.ru/news/arcreview/detail.php?ID=23334&SECTION_ID=1088.
13. ГИС как стратегический компонент масштабной модернизации аэропорта Лос-Анджелеса. *ArcReview*. 2019. № 2 (89). URL: https://www.esri-cis.ru/news/arcreview/detail.php?ID=27218&SECTION_ID=1117.
14. Проектування в аеропорту Жешув-Ясенка. URL: https://www.bentley.com/ru/project-profiles/bbks-projekt-sp-z-oo_taxiways-at-rzeszow-jasionka-airport.
15. Бойко О. Л., Ляшенко Д. О., Горб О. І. Розробка концептуальної моделі збору геопросторових даних регіональних аеропортів методами лазерного сканування для створення ГІС. *Містобудування та територіальне планування: наук.-техн. збірник*. Київ: КНУБА, 2019. Вип. 71. С. 60–71.
16. ArcGIS Resources. URL: <http://resources.arcgis.com/ru/help/main/10.2/index.html#/na/018m00000002000000>.
17. Куприяновский В. П., Тищенко П. А., Синягов С. А., Раевский М. А., Юдицкий А. А. Применение комбинированных технологий BIM-ГИС в строительной отрасли для различных категорий заинтересованных лиц: Обзор состояния в мире. *ArcReview*. 2015. № 2 (73). URL: https://www.esri-cis.ru/news/arcreview/detail.php?ID=21945&SECTION_ID=1078.
18. Dr. Andreas Carstens. BIM & GIS – New Dimensions of Improved Collaboration for Infrastructure and Environment. *Journal of Digital Landscape Architecture*. 2019. № 4. P. 114-121.
19. Prusov D. The Concept of the Urban Areas Reconstruction Planning on the Basis of the Scientific and Engineering Substantiation. *Proceedings of the National Aviation University*. 2014. Vol. 60, No. 3. P. 54–58.

References

1. Shults, R. V. (2012). *Teoriia i praktyka vykorystannia nazemnoho lazernoho skanuvannia v zadachakh inzhenernoi heodezii* [Theory and practice of using ground-based laser scanning in engineering surveying]. Kyiv: KNUBA [in Ukrainian].
2. Malitskyi, A., Lozynskyi, V. (2014). Analiz nazemnykh lazernykh 3D-skaneriv ta sfera yikh zastosuvannia [Analysis of ground-based 3D laser scanners and their scope]. *Suchasni dosiahnennia heodezychnoi nauky ta vyrobnytstva – Modern achievements of geodetic science and production*, I (27), 21-25 [in Ukrainian].
3. Kotsab, M., Vilim, D., Lekhner, Yi., Radei, K., Drbal, A. (2019). Rol heodezystiv u budivnytstvi metodom BIM [The role of surveyors in construction by the BIM method]. *Suchasni dosiahnennia heodezychnoi nauky ta vyrobnytstva – Modern achievements of geodetic science and production*, II (38), 15-19 [in Ukrainian].
4. Shimonti, P. (2018). BIM adoption around the world: how good are we? Retrieved from <https://www.geospatialworld.net/article/bim-adoption-around-the-world-how-good-are-we>.
5. Arup Dasgupta (n.d.). Integration of BIM and geospatial systems still a distant dream. Retrieved from <https://www.geospatialworld.net/article/integration-of-bim-and-geospatial-systems-still-a-distant-dream>.
6. Kris Endrius Mify ta realii intehtatsii BIM – GIS [Myths and realities of BIM – GIS integration]. Retrieved from <https://uk.geofumadas.com/%D0%9C%D1%96%D1-%84%D0%B8-5-96%D1%97-5-97-bim-gis>.
7. Don Kuehne, Chris Andrews (2016). Increasing interest in the fusion of GIS and BIM. Retrieved from <https://www.esri.com/arcgis-blog/products/3d-gis/3d-gis/increasing-interest-in-the-fusion-of-gis-and-bim>.
8. Boiko, O. L. (2018). Heoinformatsiini systemy aeroportovykh kompleksiv na osnovi ArcGIS [Geoinformation systems of airport complex based on ArcGIS]. *Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia – Urban planning and territorial planning*, 68, 656-665 [in Ukrainian].
9. Bilyk, A. S., Beliaiev, M. A. (2015). BIM modeliuvannia. Ohliad mozhlyvostei ta perspektyvy v Ukraini [BIM modeling. Overview of opportunities and prospects in Ukraine]. *Promyslove budivnytstvo ta inzhenerni sporudy – Industrial construction and engineering*, 2, 9-15 [in Ukrainian].
10. Anne Busson (n.d.). *BIM-driven Approach Enhances ROI on Midfield Terminal at Abu Dhabi Airport*. Retrieved from <https://informedinfrastructure.com/-12971/bim-driven-approach-enhances-roi-on-midfield-terminal-at-abu-dhabi-airport>.
11. *Topografycheskaia sʹemka terrytorii aʹeroporta Korol Khalid, Er-Ryad, Saudovskaia Aravyya metodom lazernoho skanyrovanyia* [Topographic survey of King Khalid Airport, Riyadh, Saudi Arabia by laser scanning]. Retrieved from <http://trimetari.com/ru/proekty/geodeziya-i-markshejderiya/topograficheskaya-semka-territorii-aeroporta>.
12. Samui zahrushennui aeroport v mire vusoko vzletaet s pomoshchiu GIS [The busiest airport in the world is taking off with GIS] (2016). *ArcReview*, 1(76). Retrieved from https://www.esri-cis.ru/news/arcreview/detail.php?ID=23334&SECTION_ID=1088.
13. GIS kak stratehicheskyi komponent masshtabnoi modernyzatsyy aeroporta Los-Andzhelesa [GIS as a strategic component of a major modernization of Los Angeles Airport] (2019). *ArcReview*, 2 (89). Retrieved from https://www.esri-cis.ru/news/arcreview/detail.php?ID=27218&SECTION_ID=1117.
14. *Proektuvannia v aeroportu Zheshuv-Yasenka* [Design at Rzeszow-Yasenka Airport]. Retrieved from https://www.bentley.com/ru/project-profiles/bbks-projekt-sp-z-oo_taxiways-at-rzeszow-jasionka-airport.
15. Boiko, O. L., Liashenko, D. O., Horb, O. I. (2019). Rozrobka kontseptualnoi modeli zboru heoprosoroykh danykh rehionalnykh aeroportiv metodamy lazernoho skanuvannia dlia stvorennia GIS [Conceptual model for geospatial data collection using laser scanning methods for GIS creation]. *Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia – Urban planning and territorial planning*, 71, 60–71 [in Ukrainian].
16. ArcGIS Resources. Retrieved from <http://resources.arcgis.com/ru/help/main/10.2/index.html#na/018m00000002000000>.
17. Kupryianovskiy, V. P., Tyshchenko, P. A., Syniahov, S. A., Raevskiy, M. A., Yudytskyi, A. A. (2015). Prymenenye kombynyrovannukh tekhnolohiy BIM-GIS v stroytelnoi otrasly dlia razlychnukh katehoriy zaynteresovannykh lyts: Obzor sostoianiya v mire [Applying BIM-GIS Combined Technologies in the Construction Industry for Different Categories of Stakeholders: A World Situation Survey]. *ArcReview*, 2 (73). Retrieved from https://www.esri-cis.ru/news/arcreview/detail.php?ID=21945&SECTION_ID=1078.

18. Dr. Andreas Carstens. (2019). BIM & GIS – New Dimensions of Improved Collaboration for Infrastructure and Environment. *Journal of Digital Landscape Architecture*, 4, 114-121.

19. Prusov D. (2014). The Concept of the Urban Areas Reconstruction Planning on the Basis of the Scientific and Engineering Substantiation. *Proceedis of the National Aviation University*, 60 (3), 54–58.

UDC 528.48:69

Olena Boiko, Dmytro Lyashenko, Dmytro Prusov

CONCEPTUAL FUNDAMENTALS OF AIRPORT BIM /GIS SPATIAL DATA INTEGRATION RECEIVED BY LASER SCAN

The urgency of the research. Nowadays the transport infrastructure design, construction, and operation are improved. It depends on the active development of digital technologies: Global navigation satellite systems, digital photogrammetry, lidar, and laser imaging. Geospatial data are used in geoinformation systems (GIS) and computer-aided design (CAD) systems. The approaches to these technologies integration are in need of research.

Target settings. This important scientific problem consists of spatial data integrating ways. The goal is to establish building information models (BIMs) and GIS geoinformation models connections. Nowadays, when BIM is used mainly for the design and reconstruction of construction sites, GIS addresses a much wider range of spatial planning and management tasks.

Actual scientific researches and issues analysis. The paper analyzed and summarized publications on the subject: the experience of construction information models (BIM) and geoinformation models of GIS implementation in the airport's studies.

Uninvestigated parts of general matters defining. After the stage of geospatial data capture with the help of different sensors (GNSS, UAV, laser scanners), the data is imported into CAD or GIS. Different software products are used to work with both models. Also, the process of data organizing in the process of Building Information Models (BIM) and Geoinformation Models (GIS) creating is different. The integration of such models has not been researched yet. That is why this question could be investigated.

The research objective. The question of integration of semantics, topology, formats, and standards of geospatial data in the process of spatial data integration, is required. An important task is to develop and study the experience of software modules that allow integrating (BIM) models into the environment of geoinformation systems (GIS).

The statement of basic materials. Autodesk and Esri are leaders in data-model integration and geoinformation systems building. The paper determines the relevance of the Feature Manipulation Engine (FME) module, which integrates BIM models in the Industry Foundation Classes IFC format in ArcGIS. An important area of further technology development is the introduction of the Open Space Consortium (OGC) standards in the production of the CityGML standard. This standard is promising for storing virtual 3D models that may be common to CAD and GIS.

Conclusions. In the article the development of technologies that enable more interconnected infrastructure creation is proposed. The question consists of the BIM and GIS model integration for spatial data infrastructure (SDI) creation.

Keywords: geospatial data; geoinformation systems (GIS); building information models (BIM); BIM/GIS integration; laser and lidar scanning, transport infrastructure; airports; construction; reconstruction; geospatial data infrastructures (SDI).

Fig.: 2. References:19.

Бойко Олена Леонідівна – старший викладач кафедри землеустрою та кадастру, Національний авіаційний університет (просп. Космонавта Комарова, 1, м. Київ, 03058, Україна).

Boiko Olena – Senior Lecturer at the Department of Land Planning and Cadastre, National Aviation University (1 Kosmonavta Komarova Av., 03058 Kyiv, Ukraine).

E-mail: boyko_olena@ukr.net

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8654-9392>

Ляшенко Дмитро Олексійович – доктор географічних наук, старший науковий співробітник, доцент, професор кафедри проектування доріг геодезії та землеустрою, Національний транспортний університет (вул. Омеляновича-Павленка, 1, м. Київ, 02000, Україна).

Lyashenko Dmytro – Doctor of Geographical Sciences, Senior Researcher, Associate Professor, Professor of the Department of Road Design, Geodesy and Land Management, National Transport University (1 Omelyanovich-Pavlenka Str., 02000 Kyiv, Ukraine).

E-mail: uageo@ua.fm

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5588-0322>

ResearcherID: G-9756-2011

Прусов Дмитро Едуардович – доктор технічних наук, старший науковий співробітник, доцент, завідувач кафедри будівництва та інформаційних технологій, Інститут інноваційної освіти Київського національного університету будівництва і архітектури (вул. Освіти, 4, м. Київ, 03037, Україна).

Prusov Dmytro – Doctor of Technical Sciences, Prof. Dr. Habil., Senior Researcher, Associate Professor, Head of the Department of Construction and Information Technologies, the Institute of Innovative Education of the Kiev National University of Construction and Architecture (4 Osvity Str., 03037 Kyiv, Ukraine).

E-mail: d.e.prusov@gmail.com

ORCID: 0000-0002-1720-2798

ResearcherID: AAA-6936-2019