

УДК 528.48:69

DOI: 10.25140/2411-5363-2020-4(22)-247-257

Олена Бойко

## ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В АЕРОПОРТАХ УКРАЇНИ ДЛЯ АДМІНІСТРАТИВНО-ГОСПОДАРСЬКОГО УПРАВЛІННЯ

**Актуальність теми дослідження.** Останніми роками в аеропортах світу активно впроваджуються хмарні технології збору, опрацювання та візуалізації геопросторових даних: лазерне та лідарне сканування, інтеграція BIM/GIS моделей, застосування штучного інтелекту, технологій віртуальної та доповненої реальності, цифрових двійників та «розумних міст». Для України, яка активно йде по шляху цифровізації та впровадження сучасних геоінформаційних технологій у багатьох сферах діяльності, розробка нових методів та підходів для адміністративно-господарського управління аеропортовими комплексами є актуальним та перспективним напрямом.

**Постановка проблеми.** У цьому дослідженні розглянуто можливості сучасних геоінформаційних та хмарних технологій і перспективи їх використання для адміністративно-господарського управління територією аеропорту. Дослідження пов'язано з реалізацією Державної цільової програми розвитку аеропортів на період до 2023 року та Авіаційної транспортної стратегії України до 2030 року, метою яких є розвиток авіаційної галузі в Україні, приведення інфраструктури аеропортів до вимог Європейського Союзу. Також великий вплив на формування геопросторових даних аеропортів має Закон України «Про національну інфраструктуру геопросторових даних» та Консолідована Концепція впровадження BIM в Україні.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У роботі були проаналізовані та узагальнені публікації, що присвячені методам отримання геопросторових даних, впровадження геоінформаційних технологій, технологій віртуальної, доповненої та змішаної реальності, штучного інтелекту та концепції «розумного міста» для адміністративно-господарського управління аеропортами.

**Виділення недосліджених частин загальної проблеми.** Аналіз останніх досліджень і публікацій показав, що питання перспектив впровадження геоінформаційних технологій для адміністративно-господарського управління активами аеропортів України потребує додаткового дослідження, оскільки ці питання дуже важливі та актуальні, враховуючи стрімке зростання цифровізації суспільства, навколишнього середовища та інфраструктурних об'єктів.

**Постановка завдання.** Метою цього дослідження є аналіз можливостей та перспектив впровадження сучасних технологій опрацювання та візуалізації геопросторових даних для адміністративно-господарського управління територією аеропорту та розробка концептуальної моделі. Завданням дослідження є аналіз методів отримання геопросторових даних території аеропорту, застосування в аеропортах геоінформаційних систем, технологій штучного інтелекту, віртуальної, доповненої та змішаної реальності, інтернету речей, цифрових двійників, реалізації концепції «розумне місто», тощо.

**Виклад основного матеріалу.** Геопросторові дані створюються в цифровій формі з використанням сучасних інформаційних та хмарних технологій, які пропонують широкий спектр обладнання, програмного забезпечення, методів і технологій роботи з геопросторовою інформацією. З кожним роком з'являються все нові технології, які знаходять застосування в адміністративно-господарському управлінні аеропортів: хмарні методи отримання даних, геоінформаційні системи, технології штучного інтелекту, віртуальної реальності, інтернету речей, цифрові двійники, «розумні міста» тощо. Вдала інтеграція та використання наявних можливостей щодо збору, зберігання, опрацювання та візуалізації геопросторових даних аеропортів забезпечить їх ефективне управління та економічне зростання.

**Висновки відповідно до статті.** За результатами проведеного аналізу можливостей використання в аеропортах технологій віртуальної, доповненої та змішаної реальності, штучного інтелекту, цифрових двійників та концепції «розумних міст», було розроблено концептуальну модель перспектив використання геопросторових даних території аеропорту для вирішення питань адміністративно-господарського управління майновим комплексом.

**Ключові слова:** геопросторові дані; геоінформаційні системи (GIS); будівельні інформаційні моделі (BIM); BIM/GIS інтеграція; лазерне та лідарне сканування; штучний інтелект; віртуальна реальність; «розумне місто»; аеропорти; інфраструктура геопросторових даних (ІГД).

Рис.: 3. Бібл.: 29.

**Актуальність теми дослідження.** Останніми роками в аеропортах світу активно впроваджуються хмарні технології збору, опрацювання та візуалізації геопросторових даних: лазерне та лідарне сканування, інтеграція BIM/GIS моделей, застосування штучного інтелекту, технологій віртуальної та доповненої реальності, цифрових двійників та «розумних міст».

Для України, яка активно йде шляхом цифровізації та впровадження сучасних геоінформаційних технологій у багатьох сферах діяльності, розробка нових методів та підходів для адміністративно-господарського управління аеропортовими комплексами є актуальним та перспективним напрямом.

**Постановка проблеми.** У цьому дослідженні розглянуто можливості сучасних геоінформаційних та хмарних технологій і перспективи їх використання для адміністративно-господарського управління територією аеропорту.

Дослідження пов'язано з реалізацією Державної цільової програми розвитку аеропортів на період до 2023 року [1] та Авіаційної транспортної стратегії України до 2030 року [2], метою яких є розвиток авіаційної галузі в Україні, приведення інфраструктури аеропортів до вимог Європейського Союзу. Також великий вплив на формування геопросторових даних аеропортів має Закон України «Про національну інфраструктуру геопросторових даних», прийнятий 13.04.2020 року [3] та Консолідована Концепція впровадження ВІМ в Україні [4].

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Геопросторові дані створюються в цифровій формі з використанням сучасних інформаційних та хмарних технологій, які пропонують широкий спектр обладнання, програмного забезпечення, методів і технологій роботи з геопросторовою інформацією. З кожним роком з'являються все нові технології, які знаходять застосування в адміністративно-господарському управлінні аеропортів: хмарні методи отримання даних, геоінформаційні системи, технології штучного інтелекту, віртуальної реальності, інтернету речей, цифрові двійники, «розумні міста» тощо.

Науковці багатьох країн досліджують питання впровадження геоінформаційних технологій в аеропортових комплексах, їхні можливості щодо ефективного управління, реконструкції та модернізації.

У статті [5] розглянуті питання впровадження GIS та накопичення достовірних атрибутивних даних аеропорту, створення просторових баз даних, використання даних для управління покриттям аеродрому, плануванні та проектуванні аеропорту.

Питанням інтеграції та обміну даними між GIS аеропортів та GIS державного агентства, ефективності їх використання присвячена праця [6].

Проблему технологій віртуальної, доповненої та змішаної реальності розглянуто в праці [7].

Концепцію та реалізація технології «розумного міста» досліджено в працях вітчизняних та закордонних науковців [8; 9; 10].

Питанням практичного впровадження геоінформаційних технологій в аеропортах світу, їх функціям та можливостям, присвячені статті в журналі ArcReview за матеріалами компанії Esri <https://www.esri-cis.ru/news/arcreview>.

Геопросторові дані території та об'єктів аеропорту є основою геоінформаційних систем та технологій їх опрацювання, і від їх точності, достовірності, актуальності та якості залежить правильність прийняття управлінських рішень. На цей період існує великий вибір технологій збору та використання даних, які активно впроваджуються в топографо-геодезичній, картографічній, будівельній, кадастровій галузі, галузі просторового планування тощо. У статті [11] дається розширений огляд методів збору геопросторових даних відповідно до нормативних документів, які регламентують проведення топографічних знімань в Україні. Ці методи повною мірою підходять для збору геопросторових даних території аеропорту для подальшого використання в управлінні майновими комплексами.

**Виділення недосліджених частин загальної проблеми.** Аналіз останніх досліджень і публікацій показав, що питання перспектив впровадження геоінформаційних технологій для адміністративно-господарського управління активами аеропортів України потребує додаткового дослідження, оскільки ці питання дуже важливі та актуальні, враховуючи стрімке зростання цифровізації суспільства, навколишнього середовища та інфраструктурних об'єктів.

**Постановка завдання (мета статті).** Метою даного дослідження є аналіз можливостей та перспектив впровадження сучасних технологій опрацювання та візуалізації геопросторових даних для адміністративно-господарського управління територією аеропорту та розробка концептуальної моделі.

Завданням дослідження є аналіз методів отримання геопросторових даних території аеропорту, застосування в аеропортах геоінформаційних систем, технологій штучного інтелекту, віртуальної, доповненої та змішаної реальності, інтернету речей, цифрових двійників, реалізації концепції «розумне місто», тощо.

**Виклад основного матеріалу.** Аеропортовий комплекс - інфраструктурний об'єкт, який містить сукупність будівель, споруд, злітно-посадкових смуг, проїздів, транспортних засобів, інженерних комунікацій та інших об'єктів, призначених для обслуговування пасажирів та вантажу. Аеропорти мають приміщення для зберігання й обслуговування літаків, диспетчерські вежі, ангари та термінали, перони, мости над руліжними доріжками, центри керування повітряним рухом, ресторани і салони, служби екстреної допомоги, тощо [12].

Для адміністративно-господарського управління аеропортом, візуалізації його активів, розробки геоінформаційних систем, програм реконструкції та просторового розвитку території необхідно мати актуальні геопросторові дані. Сьогоднішня цифрова революція дає можливість отримувати, обробляти та візуалізувати великі об'єми даних.

Геопросторові дані створюються в цифровій формі з використанням сучасних інформаційних та хмарних технологій, які пропонують широкий спектр обладнання, програмного забезпечення, методів і технологій для роботи з геопросторовою інформацією.

Проаналізувавши класифікацію сучасних методів отримання геопросторових даних [11], виділимо основні, які доцільно використовувати для збору даних на території аеропорту. При виборі технології необхідно враховувати площу аеропорту, необхідну точність отриманих даних для вирішення поставлених задач, інтенсивність роботи аеропорту, завантаженість злітно-посадкових смуг, наявність інформаційних моделей об'єктів та споруд тощо [13]. Сьогодні основними методами отримання геопросторових даних території аеропорту є:

- супутникові системи позиціонування GNSS, що дозволяють визначити геопросторові координати з міліметровою точністю;
- тахеометричне знімання, нівелювання поверхні, в результаті якого отримуємо детальний план території;
- дистанційне зондування землі (ДЗЗ), яке проводиться шляхом супутникової зйомки, аерофотозйомки, зйомки з безпілотних літальних апаратів (БПЛА) з використанням різного типу камер та сенсорів, які дають можливість отримувати знімки високої роздільної здатності (до 30 см при супутниковій зйомці, до 5-6 см при зйомці з літака, до 2-3 см при зйомці з БПЛА);
- лазерне та лідарне сканування, яке може бути наземне або повітряне, і результатом якого є хмара точок;
- георадарне знімання.

Останніми роками широко впроваджується технологія інформаційного моделювання будівель (BIM), яка полягає в побудові тривимірної віртуальної моделі в цифровому вигляді, яка несе в собі повну інформацію про майбутній об'єкт; та інтеграція інформаційного моделювання (BIM) в геоінформаційні системи (GIS). У багатьох країнах це є обов'язковою умовою сучасного проектування інфраструктурних об'єктів. Інтеграція даних BIM і GIS розширює можливості роботи з геопросторовими цими об'єктів та споруд, підвищує ефективність всього життєвого циклу та управління на етапі експлуатації. Переваги BIM і GIS інтеграції настільки суттєві, що такі потужні компанії по розробці геоінформаційного програмного забезпечення, як Esri і Autodesk, працюють над покращенням інтеграбельності програмного забезпечення для BIM і GIS [14].

Оскільки оцифрування стала невід'ємною частиною повсякденного життя, збір даних привів до накопичення величезних обсягів даних, які можна використовувати в різних прикладних областях [15]. Велике значення в опрацюванні та візуалізації геопросторових даних мають:

- програмне забезпечення, що дає можливість швидко та якісно опрацювати великі масиви даних, створювати ортофотоплани з прив'язкою до місцевості, будувати високоякісні цифрові моделі місцевості (ЦММ), цифрові моделі рельєфу (ЦМР), створювати 3D моделі об'єктів;

- геоінформаційні системи (GIS), які маючи потужний аналітичний апарат дають можливість структурування, моделювання, аналізу та візуалізації геопросторової інформації, що зберігається в базі даних.

Новими технологіями, що останніми роками починають впроваджуватись в аеропортах світу і займають важливе місце в цифровому геоінформаційному просторі та роботі з геоданими, є хмарні технології опрацювання та візуалізації геопросторових даних:

- штучний інтелект, який використовується при прийнятті рішень в умовах невизначеності, аналітиці, розпізнаванні текстової та графічної інформації, машинному навчанні, робототехніці, тощо;

- технології віртуальної (VR), доповненої (AR) та змішаної реальності (MR), які використовуються для створення геовізуалізацій та надають можливості презентації геопросторових даних;

- технології цифрових двійників, які забезпечують збір та обробку великих масивів даних з багатьох джерел і є платформою для представлення активів, а географічна та негеографічна інформація та документи зберігаються та оновлюються в режимі он-лайн;

- реалізація концепції «розумне місто», яка повністю заснована на постійному потоці величезних обсягів даних, одержуваних за допомогою великої кількості датчиків, розподілених по всьому місту.

*Штучний інтелект* – це вже не перспектива найближчого майбутнього а абсолютна реальність сьогодення. Останнім часом багато уваги приділяється геопросторовому штучному інтелекту, який називають GeoAI та використовується з географічною інформаційною системою для геопросторового аналізу і створення прогнозів на основі прийнятих рішень [16].

Штучний інтелект змінює наше життя кожен день: трансформація робочого середовища, розумна інфраструктура, спрощений паспортний контроль в аеропортах, безпілотні авто і смарт-додатки – технології стали звичною частиною реальності. В аеропортах країн ЄС з 2019 року вже встановлюють системи iBorderCtrl для автоматичної перевірки пасажирів за результатами аналізу міміки. Нову технологію впровадили в деяких аеропортах Угорщини, Латвії та Греції.

Значний вплив штучного інтелекту полягає не в поліпшенні тільки алгоритмів машинного навчання, таких як глибоке навчання і посилене навчання, а також в комбінації Інтернету речей (IoT), великих даних, хмарних обчислень, програмного забезпечення з відкритим вихідним кодом, прискорення графічного процесора, і робототехніка. Ці технології спільно сприяють реалізації людського сприйняття, пізнання і дії на високому рівні шляхом проникнення штучного інтелекту в повсякденне життя. У геопросторовій індустрії очікується, що наступне покоління GIS-програм буде тісно пов'язане з технологією штучного інтелекту, щоб пристрої могли розпізнавати реальний світ і самостійно визначати свій план дій [16, 17].

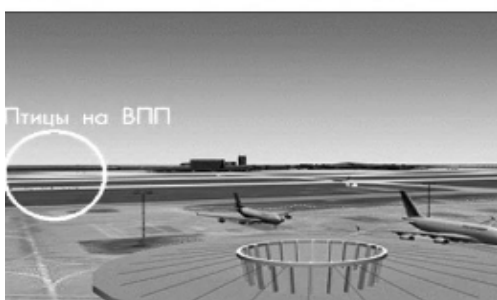
*Технологія віртуальної реальності (VR)* передбачає створення технічними засобами віртуального світу, який користувачем сприймається через зір та слух, що забезпечується відповідним апаратним забезпеченням. Створений віртуальний світ повинен максимально відповідати реальному, тобто вигляд предметів, взаємодія із ними та їх поведінка при взаємодії повинні максимально нагадувати фізику реального світу. Основною перевагою віртуальної реальності та віртуального світу загалом є те, що користувач може робити те, що він фізично не може зробити в реальному світі, наприклад, проходити крізь стіни та предмети, літати, змінювати віртуальний світ під свої потреби [7].

*Технологія доповненої реальності (AR)* передбачає в додаванні штучних (віртуальних) елементів у поле сприйняття (зору) людини, що дозволяє доповнити інформацію про оточення штучною, яку людина може не мати можливості отримати самостійно. Доповнена реальність – розширена версія реальності, в якій прямі або непрямі спостереження реальних фізичних користувачів підсилюються накладеними комп'ютерними зображеннями через уявлення користувача про реальний світ, тим самим посилюючи своє поточне сприйняття дійсності. На відміну від віртуальної реальності, яка вимагає, щоб користувач перебував у цілковито віртуальному середовищі, доповнена (розширена) реальність використовує існуюче середовище і просто накладає додаткову віртуальну інформацію. Оскільки віртуальні та реальні світи гармонійно співіснують, користувачі доповненої реальності випробовують та досліджують новий та покращений природний світ, де віртуальна інформація використовується як інструмент надання допомоги в повсякденній діяльності користувачів [7].

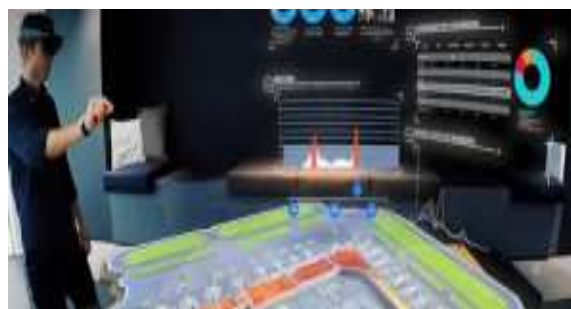
*Технологія змішаної реальності (MR)*, на відміну від віртуальної VR та доповненої AR реальностей, передбачає взаємодію віртуального об'єкта з реальним. Тобто якщо користувач у випадку з доповненою реальністю може лише спостерігати за віртуальним об'єктом, то технологія змішаної реальності передбачає організацію взаємодії користувача із віртуальними об'єктами, інтегрованими в реальний світ. Для організації такої взаємодії необхідні значні обчислювальні потужності, але значно більші, ніж для доповненої реальності [7].

Технології VR, AR, MR є чисто віртуальними і розраховані на роботу з одним оператором для одного пристрою, а інші користувачі можуть брати участь у взаємодії, лише якщо вони синхронізовані та використовують відповідні пристрої. Тобто один користувач не завжди має змогу бачити те, що бачить інший користувач. Для реалізації цих методів необхідно використовувати відповідне апаратне забезпечення: шоломи віртуальної реальності, окуляри доповненої реальності, рукавиці віртуальної реальності та значну кількість інших спеціалізованих засобів (таких як тактильні рукавиці зі зворотнім зв'язком тощо) [7].

В аеропортах технології віртуальної, доповненої та змішаної реальності реалізуються при розробці та впровадженні тренінгових систем для пілотів та авіадиспетчерів [18], для забезпечення польотів [19], для підвищення комфорту пасажирів під час польоту та орієнтування в складних схемах аеропортів [20], для роботи персоналу аеропорту [21], тощо. На рис. 1 представлені зразки використання технологій віртуальної та доповненої реальності в аеропортах.



1



2

Рис. 1. Зразки використання технологій віртуальної та доповненої реальності:

1 – вид екрану тренажера, сцена з птахами на злітно-посадковій смузі;

2 – використання окулярів доповненої реальності для аналізу ситуації в аеропорту

*Цифровий двійник* – це цифрова тривимірна копія реального середовища, наприклад міста, будівлі, аеропорту, в якій всі доступні геопросторові дані представлені в об'єктно-орієнтованому вигляді з геоінформаційною прив'язкою. Цифровий двійник представляє

загальне середовище даних (Common Data Environment, скорочено – CDE), яке забезпечує збір і обробку великих масивів даних із багатьох джерел: дані інформаційної моделі будівель (BIM); GIS-дані; дані, що збираються в режимі реального часу, зокрема із сенсорів і датчиків, відомості про зміни у проєктах реконструкції, про інциденти, а також фінансова інформація та документація проєктів. Тобто це єдина цифрова платформа, в якій представлені всі активи, а географічна та негеографічна інформація і документи по ним зберігаються і постійно оновлюються [22].

Оскільки аеропорти стають більш завантаженими, необхідність у покращеному управлінні їх активами має вирішальне значення для оптимізації безпеки, захисту, ефективності управління та зручності пасажирів. Цифрові двійники вже діють або тестуються в багатьох аеропортах світу: Гонконгу, Бразилії, В'єтнаму, США, Канади, Австралії, Голландії та інших країн, отримують позитивні відгуки та допомагають оптимізувати роботу та економити ресурси. Так, за попередніми оцінками, завдяки використанню цифрового двійника Амстердамський аеропорт Схіпхол зможе заощадити 5-10 % коштів на етапі обслуговування і експлуатації активів і 10-20 % – на проєктах реконструкції та розвитку [22].

На рис. 2 представлено приклад відображення даних про орендовані приміщення в середовищі CDE цифрового двійника Амстердамського аеропорту Схіпхол, в якому відображено поєднання представленого в GIS «інтелектуального» плану будівлі з «неінтелектуальними» BIM моделями тієї ж будівлі [22].

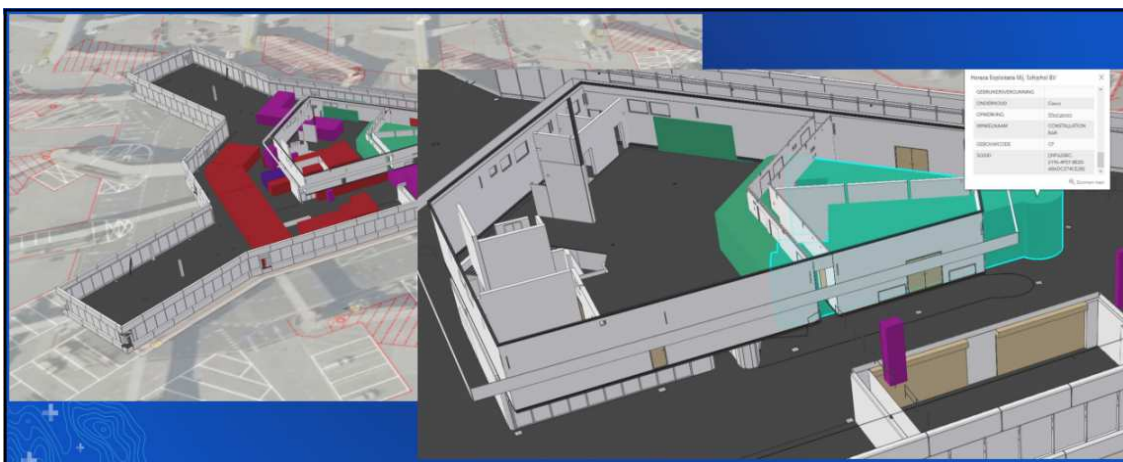


Рис. 2. Відображення цифрового двійника аеропорту Схіпхол у середовищі CDE  
Джерело: за матеріалами статті «Digital Twin Helps Airport Optimize Operations» [22].

«Розумне місто» (Smart City) – це ефективна інтеграція фізичних, цифрових і людських систем в штучному середовищі, єдина система, в якій органічно взаємопов'язані міські комунікації, інформаційні технології передачі даних та пристрої інтернет речей (ІОТ). Концепція «розумного міста» дуже швидко розвивається в усьому світі, оскільки вона забезпечує всеосяжне цифрове середовище, яке підвищує ефективність і безпеку міських систем і сприяє залученню громадян в розвиток міст. Ця концепція заснована на використанні геопросторових даних міської забудови, природного середовища, інфраструктурних об'єктів, міських служб, тощо. Успішна реалізація проєкту «розумне місто» вимагає розробки цифрової системи, яка може управляти й візуалізувати геопросторові дані у зручному для користувача середовищі [23].

Розумне використання наявних даних вимагає інтеграції з тривимірними картами міст, для яких основними джерелами є хмари точок, отримані за допомогою лазерного сканування або фотограмметрії [24; 25].

Завдяки впровадженню геоінформаційних та хмарних технологій, нейронних мереж, штучного інтелекту та інших технологій, аеропорти є ідеальними об'єктами для реалізації та тестування технології «розумного міста», оскільки в них присутні всі елементи міста: будівлі, проїзди, комунікації, тощо [26; 27; 28]. В аеропортах вже звичними стають електронна реєстрація, відстеження багажу, термінальний Wi-Fi, повідомлення про затримку рейсів, цифрові посадочні талони та багато іншого. Інтелектуальні функції безпеки розробляються і впроваджуються в аеропортах по всьому світу, і це тільки початок впровадження концепції інтелектуальних міст в авіаційному секторі [29].

**Висновки відповідно до статті.** За результатами проведеного аналізу можливостей використання в аеропортах технологій віртуальної, доповненої та змішаної реальності, штучного інтелекту, цифрових двійників та концепції «розумних міст» розроблено концептуальну модель перспектив використання геопросторових даних території аеропорту для вирішення питань адміністративно-господарського управління майновим комплексом (рис. 3).

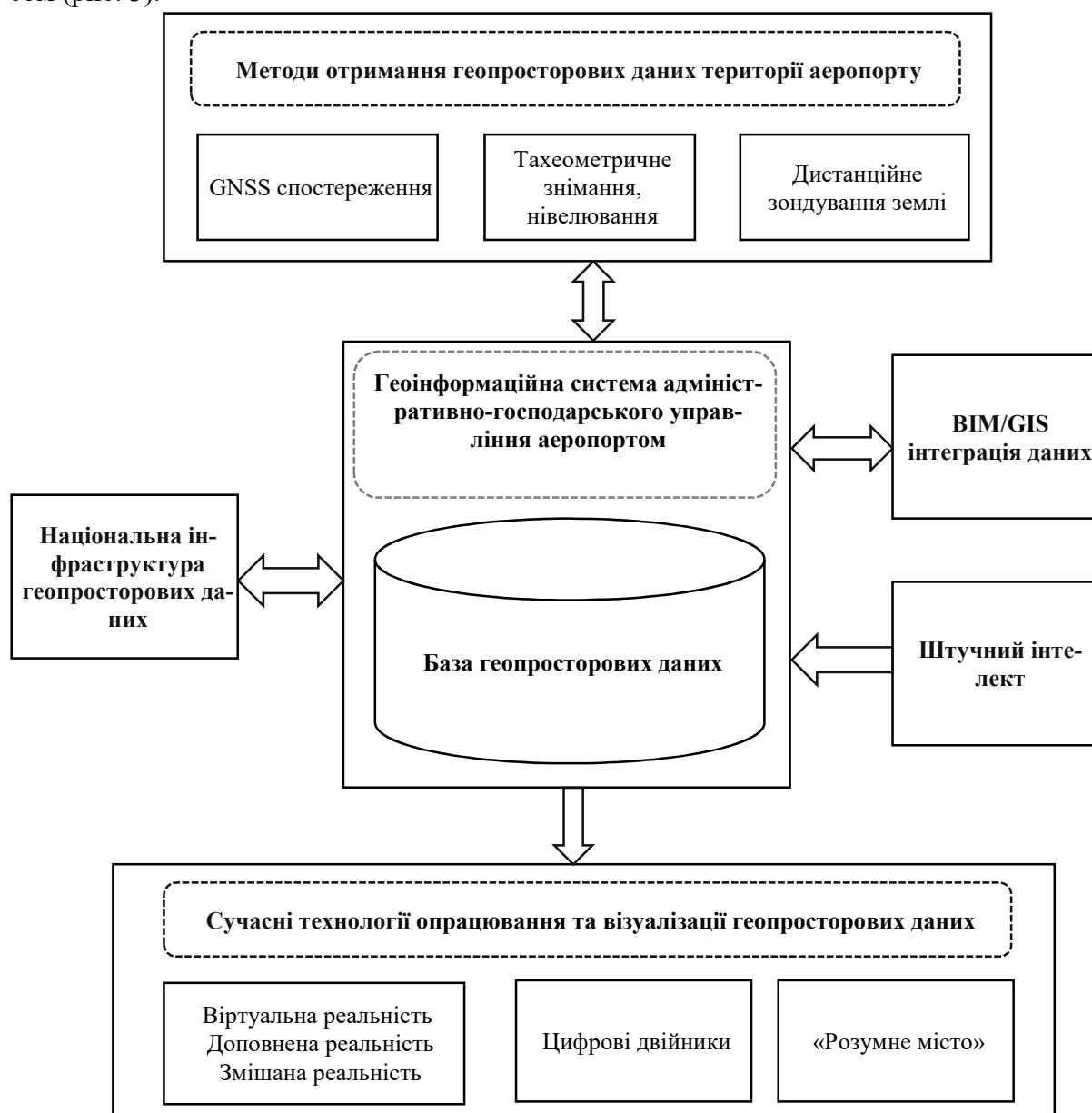


Рис. 3. Концептуальна модель перспектив використання геопросторових даних території аеропорту для адміністративно-господарського управління

Вдала інтеграція та використання наявних можливостей щодо збору, зберігання, опрацювання та візуалізації геопросторових даних аеропортів забезпечить їх ефективне управління та економічне зростання.

### Список використаних джерел

1. Державна цільова програма розвитку аеропортів на період до 2023 року : затв. розпорядженням Кабінету Міністрів України від 24.02.2016 № 126. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/126-2016-%D0%BF#Text>.
2. Про схвалення Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року : затв. розпорядженням Кабінету Міністрів України від 30.05.2018 № 430-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/430-2018-%D1%80#Text>.
3. Про національну інфраструктуру геопросторових даних : Закон України від 13.04.2020 № 554-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/554-20#Text>.
4. Консолідована Концепція впровадження BIM в Україні. URL: [https://docs.google.com/document/d/1\\_LlxOqkX02qIYW050Li21rbDbKUBh1VjMIuSQFt3RrA/edit?fbclid=IwAR1wG5D\\_ivSyWpdSzzbzWY2Z89XTvxdYZGPrpqzkwqC\\_r8gTKOehEXhIY](https://docs.google.com/document/d/1_LlxOqkX02qIYW050Li21rbDbKUBh1VjMIuSQFt3RrA/edit?fbclid=IwAR1wG5D_ivSyWpdSzzbzWY2Z89XTvxdYZGPrpqzkwqC_r8gTKOehEXhIY).
5. Mehrdad Honarmand, Mohammad Beiranvand, Sina Bashash, Ali Ghaderi (2017) An overview of the location of airports using geographic information system (DOI: 10,14455/ISEC.res.2017.6). URL: [https://www.isec-society.org/ISEC\\_PRESS/ISEC\\_09/pdf/AAE-29.pdf](https://www.isec-society.org/ISEC_PRESS/ISEC_09/pdf/AAE-29.pdf).
6. Randall J. Murphy, Ramzi K. Bannura. Integrating Airport Geographic Information System (GIS) Data with Public Agency GIS / National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. 2014, Washington, DC: The National Academies Press. URL: <https://doi.org/10.17226/22288>.
7. Каньовський А. А., Саченко А. О., Кочан В. В., Карачка А. Ф. Віртуальне просторове відображення динамічних графічних об'єктів. *Управління проектами та розвиток виробництва*. 2018. № 3(67). С. 100–116.
8. Андрієнко А. О. Концепція «розумного міста»: уточнення ключових понять у контексті забезпечення розвитку великого муніципального утворення. *Аспекти публічного правління*. 2018. Т. 6, № 8. С. 24–34. DOI: 10.15421/151843.
9. Строев П. В., Решетников С. Б. «Умный город» как новый этап городского развития. URL: <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2017-3-207-214>.
10. Wenwen Li, Michael Batty, Michael F. Goodchild Real-time GIS for smart cities. *International Journal of Geographical Information Science*. 2020. Vol. 34, Issue 2. Pp. 311–324. URL: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/13658816.2019.1673397>.
11. Карпінський Ю. О., Лазаренко-Гевель Н. Ю. Методи збирання геопросторових даних для топографічного картографування URL: <https://gki.com.ua/ua/metodi-zbirannja-geoprostorovich-danih-dlja-topografichnogo-kartografuvannja>.
12. 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*. Київ, 2019. Вип. 69. С. 60–71.
13. Крячок С. Д. Топографо-геодезичне забезпечення аеропортів. *Технічні науки та технології*. 2018. № 1(11). С. 239–251.
14. Boiko O., Lyashenko D., Prusov D. Conceptual fundamentals of airport BIM /GIS spatial data integration received by laser scan. *Technical sciences and technologies*. 2019. № 4(18). Pp. 238–246.
15. Eiman Al Nuaimi, Hind Al Neyadi, Nader Mohamed, Jameela Al-Jaroodi. Applications of big data to smart cities. *Journal of Internet Services and Applications*. 2015. URL: [https://www.researchgate.net/publication/284196317\\_Applications\\_of\\_big\\_data\\_to\\_smart\\_cities](https://www.researchgate.net/publication/284196317_Applications_of_big_data_to_smart_cities).
16. Chou Tien-Yin, Kotzinos Dimitris, Kim Kyoung-Sook, Antonides Ashley, Hadland Anneley, Artificial Intelligence in Geoinformatics DWG. URL: <https://www.ogc.org/projects/groups/geoaidwg>.
17. Радутний О. Е. Кримінальна відповідальність штучного інтелекту. URL: [http://ippi.org.ua/sites/default/files/17\\_1.pdf](http://ippi.org.ua/sites/default/files/17_1.pdf).
18. Горбунов А. П. Тренинговая система дополненной реальности для авиадиспетчеров. *Прикладная информатика*. 2014. № 5(53). С. 81–88.
19. Álvaro Ibáñez Augmented reality for working in airport control centres. URL: <https://blog.ferrovial.com/en/2018/05/augmented-reality-airport-control-centres/>.
20. Emerging Technologies in the Aviation Industry. URL: <https://www.axiscades.com/emerging-technologies-in-the-aviation-industry.html>.



21. Nacho Palou Augmented reality glasses to aid airport ground staff. URL: <https://blog.ferrovial.com/en/2018/02/augmented-reality-and-airports/>.
22. By Jim Baumann Digital Twin Helps Airport Optimize Operations. URL: <https://www.esri.com/content/dam/esrisites/en-us/newsroom/arcuser/arcuser-fall-2019.pdf>.
23. Isam Shahrour Use of GIS in Smart City Projects. URL: <https://www.gim-international.com/content/article/use-of-gis-in-smart-city-projects>.
24. Mathias Lemmens Point Clouds and Smart Cities. URL: <https://www.gim-international.com/content/article/point-clouds-and-smart-cities-2>.
25. Michael Batty Big data, smart cities and city planning. URL: <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/2043820613513390>.
26. Albert E. Dotson, Elise Holtzman Gerson How Miami Can Go From Smart Airport to Smart City. URL: <https://www.lexology.com/library/detail.aspx?g=4dd3ca07-45af-42f1-b5fb-16af82717cc2>.
27. By Taşkın Dirsehan Mapping Smart Mobility Technologies at Istanbul New Airport Using the Customer Journey. URL: [https://www.researchgate.net/publication/336784763\\_Mapping\\_Smart\\_obility\\_Technologies\\_at\\_Istanbul\\_New\\_Airport\\_Using\\_the\\_Customer\\_Joure](https://www.researchgate.net/publication/336784763_Mapping_Smart_obility_Technologies_at_Istanbul_New_Airport_Using_the_Customer_Joure).
28. John Walton (2018). Technology shaping the airports of the future. Australian Aviation. URL: <https://australianaviation.com.au/2018/12/technology-shaping-the-airports-of-the-future/>.
29. Smart Airports. URL: <https://www.burnsmcd.com/services/aviation/smart-airports#:~:text=A%20stroll%20through%20an%20airport,implementations%20in%20the%20aviation%20sector>.

### References

1. Derzhavna tsilova prohrama rozvytku aeroportiv na period do 2023 roku [State target program for the development of airports for the period up to 2023]. (February 24, 2016). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/126-2016-%D0%BF#Tex>.
2. Pro skhvalennya Natsionalnoi transportnoi stratehii Ukrainy na period do 2030 roku [On approval of the National Transport Strategy of Ukraine for the period up to 2030]. (May 30, 2018). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/430-2018-%D1%80#Text>.
3. Pro natsionalnu infrastrukturu heoprostorovykh danykh [About the national infrastructure of geospatial data]. Law of Ukraine № 554-IX (April 13, 2020), <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/554-20#Text>.
4. Konsolidovana Kontsepsiia vprovadzhennia BIM v Ukraini [Consolidated Concept of VIM implementation in Ukraine]. (2020). [https://docs.google.com/document/d/1\\_LIxOqkX02qIYW050Li21rbDbKUBh1VjMIuSQFt3RrA/edit?fbclid=IwAR1wG5D\\_iVSyWpdSz\\_zbzWY2Z89XTvxdYZGPrqzkwqC\\_r8gTKOehEXhIIY](https://docs.google.com/document/d/1_LIxOqkX02qIYW050Li21rbDbKUBh1VjMIuSQFt3RrA/edit?fbclid=IwAR1wG5D_iVSyWpdSz_zbzWY2Z89XTvxdYZGPrqzkwqC_r8gTKOehEXhIIY).
5. Mehrdad Honarmand, Mohammad Beiranvand, Sina Bashash, Ali Ghaderi. (2017). An overview of the location of airports using geographic information system. [https://www.isec-society.org/ISEC\\_PRESS/ISEC\\_09/pdf/AEE-29.pdf](https://www.isec-society.org/ISEC_PRESS/ISEC_09/pdf/AEE-29.pdf).
6. Randall, J. Murphy, Ramzi K. Bannura. (2014). Integrating Airport Geographic Information System (GIS) Data with Public Agency GIS. <https://doi.org/10.17226/22288>.
7. Kanovskyy, A. A., Sachenko, A. O., Kochan, V. V., Karachka, A. F. (2018). Virtualne prostoro ve vidobrazhennia dynamichnykh hra fichnykh obyektiv [Virtual spatial representation of dynamic graphic objects]. *Upravlinnya proektamy ta rozvytok vyrobnyctva – Project management and production development*, 3(67), pp. 100–116.
8. Andriienko, A. O. (2018). Kontsepsiia «rozumnoho mista»: utochnennia kluchovykh poniat u konteksti zabezpechennia rozvytku velykoho munitsypalnoho utvorennia [The concept of «smart city»: clarification of key concepts in the context of ensuring the development of a large municipality]. *Aspekty publichnoho pravlinnya – Aspects of public governance*, 6(8), pp. 24-34. DOI: 10.15421/151843.
9. Stroeve, P. V., Reshetnykov, S. B. (2017). «Umnyy horod» kak novyy etap horodskoho razvytyya [«Smart City» as a new stage of urban development]. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2017-3-207-214>.
10. Wenwen, Li, Michael, Batty, Michael, F. Goodchild. (2019). Real-time GIS for smart cities. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/13658816.2019.1673397>.
11. Karpinskyi, Yu. O., Lazarenko-Hevel, N. Yu. (2018). Metody zbyrannia heoprostorovykh danykh dlia topografichnoho kartohrafuvannia [Methods of collecting geospatial data for topographic mapping]. <https://gki.com.ua/ua/metodi-zbirannja-geoprostorovih-danih-dlja-topografichnogo-kartografuvannja>.

12. Boiko, O. L., Lyashenko, D. O., Horb, O. I. (2019). Rozrobka kontseptualnoi modeli zboru heoprosoroykh danykh rehionalnykh aeroportiv metodamy lazernoho skanuvannia dlia stvorennia GIS [Development of a conceptual model for collecting geospatial data of regional airports by laser scanning methods for GIS creation]. *Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia – Urban planning and spatial planning*, 69, pp. 60–71.
13. Kryachok, S. D. (2018). Topografo-heodezychne zabezpechennya aeroportiv [Topographic and geodetic support of airports]. *Tekhnichni nauky ta tekhnolohiyi – Technical sciences and technologies*, 1(11), pp. 239–251.
14. Boiko, O., Lyashenko, D., Prusov, D. (2019). Conceptual fundamentals of airport BIM /GIS spatial data integration received by laser scan. *Technical sciences and technologies*, 4(18), pp. 238–246.
15. Eiman Al Nuaimi, Hind Al Neyadi, Nader Mohamed and Jameela Al-Jaroodi. (2015). Applications of big data to smart cities. *Journal of Internet Services and Applications*. [https://www.researchgate.net/publication/284196317\\_Applications\\_of\\_big\\_data\\_to\\_smart\\_cities](https://www.researchgate.net/publication/284196317_Applications_of_big_data_to_smart_cities).
16. Chou Tien-Yin, Kotzinos Dimitris, Kim Kyoung-Sook, Antonides Ashley, Hadland Anneley. (n.d.). Artificial Intelligence in Geoinformatics DWG. <https://www.ogc.org/projects/groups/geoaidwg>.
17. Radutnyy, O. E. (2017). Kryminalna vidpovidalnist shtuchoho intelektu [Criminal liability of artificial intelligence]. [http://ippi.org.ua/sites/default/files/17\\_1.pdf](http://ippi.org.ua/sites/default/files/17_1.pdf).
18. Gorbunov, A. P. (2014). Treningovaya sistema dopolnennoy real'nosti dlya aviadispatcherov, [Augmented reality training system for air traffic controllers]. *Prikladnaia informatika – Applied Informatics*, 5(53), pp. 81–88.
19. Álvaro Ibáñez. (2018). Augmented reality for working in airport control centres. <https://blog.ferrovial.com/en/2018/05/augmented-reality-airport-control-centres>.
20. Emerging Technologies in the Aviation Industry. <https://www.axiscades.com/emerging-technologies-in-the-aviation-industry.html>.
21. Nacho Palou. (2018). Augmented reality glasses to aid airport ground staff. <https://blog.ferrovial.com/en/2018/02/augmented-reality-and-airports>.
22. By Jim Baumann. (2019). Digital Twin Helps Airport Optimize Operations. <https://www.esri.com/content/dam/esrisites/en-us/newsroom/arcuser/arcuser-fall-2019.pdf>.
23. Isam Shahrour. (2018). Use of GIS in Smart City Projects. <https://www.gim-international.com/content/article/use-of-gis-in-smart-city-projects>.
24. Mathias Lemmens. (2018). Point Clouds and Smart Cities. <https://www.gim-international.com/content/article/point-clouds-and-smart-cities-2>.
25. Michael Batty. (2013). Big data, smart cities and city planning. <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/2043820613513390>.
26. Albert, E. Dotson, Elise Holtzman Gerson. (2019). How miami can go from smart airort to smart city. <https://www.lexology.com/library/detail.aspx?g=4dd3ca07-45af-42f1-b5fb-16af82717cc2>.
27. By Taşkın Dirsehan. (2019). Mapping Smart Mobility Technologies at Istanbul New Airport Using the Customer Journey. [https://www.researchgate.net/publication/336784763\\_Mapping\\_Smart\\_Mobility\\_Technologies\\_at\\_Istanbul\\_New\\_Airport\\_Using\\_the\\_Customer\\_Journey](https://www.researchgate.net/publication/336784763_Mapping_Smart_Mobility_Technologies_at_Istanbul_New_Airport_Using_the_Customer_Journey).
28. John Walton. (2018). Technology shaping the airports of the future. Australian Aviation. <https://australianaviation.com.au/2018/12/technology-shaping-the-airports-of-the-future>.
29. Smart Airports. (n.d.). <https://www.burnsmcd.com/services/aviation/smartairports#:~:text=A%20stroll%20through%20an%20airport,implementations%20in%20the%20aviation%20sector>.

UDC 528.48:69

Olena Boiko

## PROSPECTS FOR USING GEOINFORMATION TECHNOLOGIES IN UKRAIN AIRPORTS FOR ADMINISTRATIVE AND ECONOMIC MANAGEMENT

**The urgency of the research.** In recent years, world's airports are actively implementing cloud technologies for collecting, processing and visualizing geospatial data: laser and lidar scanning, integration of BIM / GIS models, the use of artificial intelligence, virtual and augmented reality technologies, digital duplicates and «smart» cities. For Ukraine, which is actively following the path of digitalization and implementation of modern geographic information technologies in many areas of activity, the development of new methods and approaches for administrative and economic management of airport complexes is a relevant and promising area.

**Target settings.** This study examines the possibilities of modern geographic information and cloud technologies and prospects for their use for administrative and economic management of an airport. The study is related to the implementation of the State Target Program for Airport Development until 2023 and the Aviation Transport Strategy of Ukraine until 2030, which aims to develop the aviation industry in Ukraine, bringing airport infrastructure to the requirements of the European Union. The Law of Ukraine «On the National Infrastructure of Geospatial Data» and «Consolidated Concept of VIM Implementation in Ukraine» has a great influence on the formation of geospatial data of airports.

**Actual scientific researches and issues analysis.** The paper analyzes and summarizes publications on methods of obtaining geospatial data, implementation of geographic information technologies, virtual, augmented and mixed reality technologies, artificial intelligence and the concept of «smart» city for administrative and economic management of airports.

**Uninvestigated parts of general matters defining.** Analysis of recent research and publications has shown that the prospects for the introduction of geographic information technology for administrative and economic asset management of Ukrainian airports need further research, as these issues are very important and relevant, given the rapid growth of digital society, environment and infrastructure.

**The research objective.** The purpose of this study is to analyze the possibilities and prospects for the introduction of modern technologies for processing and visualization of geospatial data for administrative and economic management of the airport and the development of a conceptual model. The task of the research is to analyze the methods of obtaining geospatial data of the airport, the use of geographic information systems in airports, artificial intelligence technologies, virtual, augmented and mixed reality, the Internet of Things, digital duplicates, implementation of the concept of «smart» city, etc.

**The statement of basic materials.** Geospatial data is created digitally using modern information and cloud technologies that offer a wide range of equipment, software, methods and technologies for working with geospatial information. Every year, new technologies that are used in the administrative and economic management of airports appear: cloud data acquisition methods, geographic information systems, artificial intelligence technologies, virtual reality, the Internet of Things, digital counterparts, «smart» cities, and more. Successful integration and use of existing capabilities for the collection, storage, processing and visualization of geospatial data of airports will ensure their effective management and economic growth.

**Conclusions.** Based on the analysis of the possibilities of using virtual, augmented and mixed reality technologies, artificial intelligence, digital duplicates and the concept of «smart» cities in airports, a conceptual model of prospects for using geospatial data of the airport to address administrative and economic management of the property complex was developed.

**Keywords:** geospatial data, geographic information systems (GIS), building information models (BIM), BIM / GIS integration, laser and lidar scanning, artificial intelligence, virtual reality, «smart» city, airports, geospatial data infrastructure (SDI).

Fig.: 3. References:29.

**Бойко Олена Леонідівна** – старший викладач кафедри аерокосмічної геодезії та землеустрою, Національний авіаційний університет (просп. Любомира Гузара, 1, м. Київ, 03058, Україна).

**Olena Boiko** – Senior Lecturer at the Department of Aerospace Geodesy and Land Management, National Aviation University (1 Lubomir Husar Av., 03058 Kyiv, Ukraine).

**E-mail:** boyko\_lena@ukr.net

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