

## ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

доктора технічних наук, професора,  
професора кафедри комп'ютерних технологій будівництва  
та реконструкції аеропортів Національного авіаційного університету  
**Барабаш Марії Сергіївни**

на дисертаційну роботу Гончаренко Тетяни Андріївни  
**«Методологічні основи формування єдиного інформаційного середовища  
для автоматизації об'єктно-просторових систем в проектах будівництва»**  
подану на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук  
за спеціальністю 05.13.06 – інформаційні технології

### 1. Оцінка опонентом актуальності вибору теми дослідження.

Актуальність територіально-просторового планування для розвитку землекористування в Україні підкреслюється глобальним переходом до європейських стандартів, а також впровадження ВІМ-технологій в проектування та управління об'єктами будівництва. Упорядкована та організована система територіально-просторового планування сприяє соціально-економічному розвитку окремих регіонів, зокрема об'єднаних територіальних громад, підвищенню якості життя мешканців. Для сучасної України важливою є розробка комплексних стратегій управління землекористуванням та розвитку територій, оптимізації організації життєвого простору. Однак територіально-просторовий аспект розвитку країни часто не береться до уваги при прийнятті державних рішень, пов'язаних з регіональною та місцевою політикою. Завдяки постійному вдосконаленню законодавства та зростанню ролі місцевого самоврядування в Україні з'явилася можливість скоригувати систему територіально-просторового планування з метою підвищення її ефективності.

Відповідно до Закону України «Про національну інфраструктуру геопросторових даних» визначено правові та організаційні засади створення, функціонування і розвитку національної інфраструктури геопросторових даних. Ця інфраструктура покликана забезпечити прийняття ефективних рішень органами державної влади та органами місцевого самоврядування, задоволення суспільних потреб у географічній інформації та інтеграцію у світову та європейську інфраструктуру геопросторових даних.

Аналіз вимог для розробки моделей просторових об'єктів генерального планування пропонує розглядати окремий елемент планування як інтелектуальний об'єкт зі своїми властивостями, які визначають його стан, та поведінкою. Це відповідає основним принципам об'єктно-орієнтованого підходу, який дасть змогу уніфікувати створення моделей об'єктів

генерального планування. Актуальність такого дослідження обумовлюється вимогами, які висуває сучасна технологія інформаційного моделювання в будівництві – BIM-технологія. Її застосування допоможе в уніфікованому вигляді створити інтелектуальні цифрові моделі об'єктів генерального планування на основі об'єктно-орієнтованого підходу для розміщення їх на території під забудову. Застосування об'єктно-орієнтованого моделювання просторових об'єктів генерального планування вирішить питання інтеграції інформації про властивості об'єкта (геометричної, атрибутивної, топологічної та графічної) з його поведінкою – просторовою прив'язкою до території під забудову.

Просторові об'єкти генерального планування розглядають як дискретні, об'єктно-локалізовані сутності реального світу. Кожний об'єкт характеризується певною множиною унікальних атрибутів і для кожного об'єкта генерального планування треба знайти місце розташування на території під забудову та визначити координати просторової прив'язки. Основна концепція об'єктно-орієнтованого підходу саме і полягає у поєднанні даних для комплексного моделювання стану і поведінки об'єкту.

GIS та BIM-технології є взаємодоповнюючими та незамінними інструментами у просторовому плануванні. GIS забезпечують комплексний аналіз та візуалізацію геопросторових даних для різних застосувань, від земельного планування до управління охороною здоров'я. GIS допомагає у прийнятті обґрунтованих рішень, залучаючи громадськість та враховуючи місцеві знання та інформацію. Роль BIM-технологій у будівництві та ревіталізації можна розглядати через ключові аспекти, які впливають на ефективність проектування, виконання та управління будівельними проектами.

Таким чином, в межах дослідження авторкою виокремлена нагальна науково-методологічна проблема: на поточний момент відсутня методологія, яка в межах суттєво вдосконаленого аналітичного базису та інформаційної технології дозволить в єдиному цифровому просторі прийняття рішень успішно здійснювати зміни, коригування та раціоналізацію характеристик об'єктів територіального планування, забудови та ревіталізації, починаючи з розгляду первинної документації проекту.

Є потреба в створенні нової методології, супровідних до неї інформаційна технології та комплекс прикладних програм, які в сукупному використанні мають надати інституційним учасникам проекту – замовнику, інвестору, девелоперу та генеральний проектувальнику – можливості

діджитал-адаптованого та зручно формалізованого відслідковування змін в проектах – від стадій «первинне техніко-економічне та бізнес-планування», «пре-старт-проект» - до стадій «Проект». Прикладні можливості створеної методології та інформаційно-аналітичного комплексу мають розширити можливості ВІМ-технологій в такий спосіб, щоб забезпечити щільний цифровий зв'язок між просторовими характеристиками об'єкту територіального планування та цифровими індикаторами об'єкту як складової Проекту в затвердженій (остаточно скоригованій) геоінформаційній, архітектурно-конструктивній та проектно-кошторисній документації Проекту. Це надасть керівному складу проектів на державному, регіональному та місцевому рівнях спроможність успішного управління змінами циклу в процесі ініціації, територіального планування.

Нагальність вирішення назрілої проблеми дає підстави вважати, що обрана тема дослідження є актуальною та необхідною на сучасному етапі вирішення питань щодо інформаційного забезпечення розвитку, відновлення та ревіталізації територій, в тому числі внаслідок руйнування та пошкодження інфраструктурних об'єктів в різних регіонах України.

Вияв актуальною обраною здобувачкою теми дослідження дав їй підстави виокремити в якості *мети дослідження* наступне - розв'язання теоретико-методологічної та науково-прикладної проблеми, пов'язаної із формуванням методології, інформаційного середовища та аналітико-цифрового простору для інформаційного забезпечення процесів просторового планування в складі інвестиційно-будівельних проектів забудови та розвитку територій. *Предметом дослідження* авторка обрала моделі, методи та інформаційну технологію розробки єдиного інформаційного середовища для автоматизації об'єктно-просторових систем в проектах будівництва.

Робота відповідає на сучасні виклики цифровізації нашого сьогодення, зокрема є відповіддю на потребу інтеграції зусиль цифровізації для поліпшення функціоналу об'єктно-просторового планування.

Є підстави вважати тему, мету, завдання та предмет дослідження обґрунтованими та коректно сформульованими.

2. **Вияв належності зв'язку змісту дисертаційної роботи із науковими планами та темами.** Підсумки опрацювання результатів дисертації та публікацій здобувачки висвітлюють щільний зв'язок їх змісту компонент науково-методологічного та прикладного доробку здобувачки із

змістом науково-дослідних та пошукових тем, які виконувались в КНУБА: «Інтегрована обробка просторової інформації на основі багатовимірних моделей даних» (№ ДР 0120U103463), «Інформаційні технології комп'ютерного моделювання для вирішення задач генерального планування» (№ ДР 0120U104018), «Інтеграція сучасних інформаційних технологій для створення цифрових двійників міських об'єктів» (№ ДР 0123U100879).

Одержані дисертанткою результати відповідають цільовому спрямуванню завдань, які накреслені:

- Законом України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо планування використання земель» (№ 711- IX від 17 червня 2020 року);
- Постановами Кабінету Міністрів України: «Про затвердження Класифікації обмежень у використанні земель, що можуть встановлюватися комплексним планом просторового розвитку території територіальної громади, генеральним планом населеного пункту, детальним планом території» (№654 від 2 червня 2021 р.), «Про затвердження Порядку розроблення, оновлення, внесення змін та затвердження містобудівної документації» (№ 962 від 1 вересня 2021 р.) та «Про визначення формату електронних документів комплексного плану просторового розвитку території територіальної громади, генерального плану населеного пункту, детального плану території» (№632 від 9 червня 2021 року);
- «Проектом Стратегії розвитку міста Києва до 2025 року» (прийнятий Київміськрадою 30.11.2016 р.);
- Державними будівельними нормами України «ДБН Б.2.2-12:2019 «Планування і забудова територій» та «ДБН Б.1.1-21:2017 Склад та зміст схеми планування території, на якій реалізуються повноваження сільських, селищних, міських рад».

### **3. Оцінка рівня достовірності та обґрунтованості результатів і висновків дослідження.**

Запорукою достовірності та обґрунтованості результатів дослідження є:

- постановка проблеми на ґрунті виваженої наукової гіпотези;
- застосування мультикомпонентного методологічного підходу;
- використання складно-структурованого інформаційно-аналітичного підґрунтя для побудови єдиного інформаційного середовища для міждисциплінарного аналізу об'єкту просторового планування та розробки проектів планувальних рішень.

Первинний поштовх продуктивності наукового пошуку здобувачки в рамках охопленої теми надала наукова гіпотеза роботи, яка обґрунтувала потребу сфокусувати наукові зусилля на формуванні єдиного інформаційного середовища для цифрового коригування геоінформаційних, кадастрових, управлінських та інших характеристик ОПП як компонент проекту забудови та ревіталізації.

Дисертаційна робота має необхідний для рівня докторської дисертації науково-методологічний рівень. Автором при формуванні методологічної платформи дослідження інтегровано наступні компоненти: методи об'єктно-орієнтованого проектування; методи теорії інформації, методи імітаційного моделювання; методи теорії складних систем та системного аналізу; методи структурно-функціонального аналізу, методи онтологічного, логічного та теоретико-множинного моделювання; теорії алгоритмів, програмування та експериментального проектування.

Виокремлені вище методи дослідження були належно застосовані, виходячи із завдань та структурно-логічної схеми дослідження та коректно використані, спираючись на міждисциплінарний підхід та BIM-технологію як основу змістовно-процесуального ланцюжка цифровізації, формалізованого обґрунтування, локалізованого виокремлення та наступної агрегації рішень в проектах просторового планування. В основу інформаційно-аналітичного підґрунтя покладено інтеграцію таких компонент як IT - BIM, GIS, Artificial Intelligence, Internet of Things, Big Data.

Таке поєднання методів дослідження та компонент інформаційних технологій дозволили вибудувати новітню інформаційну технологію цифрового адміністрування життєвим циклом проекту забудови та ревіталізації. В цій технології на сучасному методологічному рівні враховано сучасні вимоги цифровізації, територіального планування, геоінформаційного контролінгу та будівельного девелопменту.

Отже, представлені автором наукові положення та результати досліджень, що були сформульовані в дисертаційній роботі, є науково обґрунтованими, а висновки достовірні. За вимогами достовірності та обґрунтованості рівень результатів, одержані здобувачкою Гончаренко Т.А. є відповідним для дисертації на здобуття ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.13.06.-«Інформаційні технології».

#### **4. Висновок щодо відповідності змісту та структури роботи встановленим вимогам, оцінка рівня завершеності дослідження.**

Структура роботи відповідає вимогам щодо викладу змісту дисертаційних робіт на здобуття ступеня доктора технічних наук. Робота містить: титульний аркуш, анотацію українською та англійською мовами, список праць здобувачки, зміст роботи, перелік умовних скорочень, вступ; основну частину в складі 6 розділів із висновками до кожного розділу та загальних висновків; списку використаних джерел літератури; додатків.

У вступі дисертаційної роботи надано виклад актуальності обрання теми дисертаційної роботи, обґрунтовано мету роботи та перелік завдань, необхідних для її досягнення, відображено зв'язок змісту компонент дослідження з науковими програмами та темами, надано характеристику новизни та практичної цінності результатів дослідження, висвітлено сутність особистого внеску здобувача та підсумки апробації результатів роботи.

*Перший розділ дисертації «Теоретичні та прикладні передумови оновлення інформаційних технологій для вирішення задач просторового планування в проєктах будівництва» (стор.38-107)* присвячений викладу теоретичних та прикладних передумов модернізації інформаційних технологій для вирішення задач просторового планування в проєктах будівництва та ревіталізації територій. В цьому ж розділі систематизовано компоненти інформаційних технологій і систем, які відповідають потребам формалізованого моделювання територіального простору, сучасним директивним вимогам. В розділі опрацьовано новітні потреби інформаційних технологій та інструментальних засобів просторового планування в проєктах будівництва і ревіталізації територій. Виявлено актуальні проблеми та задачі, пов'язані з цифровізацією проєктів будівництва та ревіталізацією територій. Викладено наукову гіпотезу дослідження, яка визначила зміст і траєкторію подальших досліджень.

*Другий розділ дисертації «Методологічні компоненти формування єдиного інформаційного середовища для об'єктно-просторових систем (ОПС)» (стор.107-161)* присвячено пошуку та взаємному узгодженню компонент методологічного підґрунтя дослідження, які в сукупному використанні склали методологію формування єдиного інформаційного середовища для автоматизації об'єктно-просторових систем. В складі розділу вирішено наступні завдання:

- надано опрацювання онтологічних та методологічних дефініцій відповідно до формату та змісту дослідження;

- запроваджено модель об'єкту просторового планування (ОПП) та опис основних класів об'єктів містобудування;
- завершено формалізацію інформаційного забезпечення ОПС на основі структурно-функціональної моделі процесу просторового планування;
- запроваджено концептуальну модель єдиного інформаційного середовища об'єктно-просторових систем.

Методологія дозволяє розглядати ОПП як систему та враховує на кожному етапі життєвого циклу інформаційний набір даних залежно від вимог проекту будівництва та переліку розв'язуваних завдань щодо планування територіального простору. В рамках методології ЄІС для вирішення завдань просторового планування формується на основі комплексної обробки просторової та семантичної (атрибутивної) інформації про територію будівельного проекту та прилеглі території.

Розроблена узагальнена ІМ ОПП на ґрунті міждисциплінарного підходу на основі агрегації базової та тематичної інформації з різних джерел даних та дозволяє виокремити основні класи ОПП з наборами атрибутів, склад яких визначається директивними загальнодержавними системами класифікації об'єктів у відповідних галузевих реєстрах та кадастрах.

*Третій розділ* дисертації (стор.162-212) «Аналітичний базис інтегрованого опису та обробки просторової, атрибутивної та топологічної інформації» присвячений побудові та застосуванню аналітичного базису формалізованого опису ОПП з використанням багатовимірних інформаційних об'єктів (БІО) на основі мультиплікативного підходу. Зазначений базис забезпечує формалізацію в єдиному ІС територіально розподілені різномірні первинні дані щодо ОПП, для їх наступної агрегації та генералізацію. Подані в даному розділі результати забезпечило удосконалення *методу генералізації* різномірної (за типом та форматом) та розподіленою (за місцем зберігання та належністю до різних ІС) просторової інформації, що дозволяє описати перетворення окремих елементів або груп ОПП та інтегрувати в ЄІС різномірну просторову та атрибутивну інформацію на всіх організаційних рівнях управління територією при збереженні її цілісності.

В *четвертому розділі* роботи (стор.213-252) «Методи автоматизації об'єктно-просторових систем на основі технології інформаційного моделювання» відображено розроблені та вдосконалені авторкою методи автоматизації для розв'язання функціональних завдань по об'єктно-просторовим системам. Основними результатами, представленими в даному розділі, є :

- a) надано формалізований опис операцій адаптованої автоматизованої ІС інтегрованої обробки даних;
- b) метод верифікації інформаційних моделей об'єктів просторового планування;
- c) метод багатоаспектної класифікації для валідації моделей об'єктів просторового планування;
- d) метод визначення рівнів деталізації об'єктів просторового планування у складі інформаційної моделі міської території.

Зокрема, в результаті сутнісного удосконалення *метод багатоаспектної класифікації для валідації ЦІМ ОПП* виявляються відхилення від встановлених параметрів та колізії протягом ЖЦ. Перевагою такого удосконалення в рамках методу є те, що зміни в одному з фасетів не роблять істотного впливу на інші фасети, а також є можливість розширити структуру класифікації додаванням нових фасетів. Для валідації ІМ ОПП було визначено п'ять ознак, на підставі яких були сформовані відповідні фасети. Класифікаційні індекси синтезуються шляхом поєднання фасетних ознак відповідно до фасетної формули. Представлений в цьому ж розділі узагальнений *метод верифікації якості ЦІМ ОПП*, визначає ключові параметри для комплексної перевірки інтегрованих моделей, здійснює деталізовану, послідовну валідацію характеристик цифрових ІМ ОПП на етапах ЖЦ на відповідність директивним вимогам.

П'ятий розділ роботи «Інформаційна технологія формування єдиного інформаційного середовища для автоматизації функціональних завдань об'єктно-просторових систем» (стор.253-298) присвячено викладу особливостей архітектури та функціональних інновацій у програмному комплексі автоматизації характеристик об'єктно-просторових систем (ОПС) на основі концепції рефлексивної адаптації. Представлено інтеграційну модель життєвого циклу ОПП на основі BIM.В складі цієї моделі розроблено субкомпоненти:

- ✓ модель PRE-BIM створюється на етапі перед проектом і містить дані про основні проектні рішення та техніко-економічні показники;
- ✓ модель D-BIM формується на стадії проектування і містить дані у вигляді моделей відповідно до проектної документації;
- ✓ модель C-BIM формується на етапі будівництва на основі проектної документації з урахуванням даних про акти виконаних робіт, виконавчих документів, архіву нагляду, журналу технічного нагляду підрядника та замовника;



✓ модель E-BIM формується на етапі управління об'єктом та експлуатації на основі моделі C-BIM і доповнюється інформацією про експлуатаційні витрати енергоносіїв, даними систем автоматизації моніторингу та обліку показників ефективності роботи системи.

В цьому ж розділі представлено архітектура ІС для впровадження у діяльність органів виконавчої влади (ОВВ), яка дозволяє забезпечити інтеграцію та спільне використання просторової та атрибутивної інформації з різних неоднорідних джерел даних, а також обробку цієї інформації єдиним уніфікованим методом за допомогою сервісів даних, геообробки та картографічних *WEB* –сервісів.

Шостий, завершальний, розділ роботи «Прикладні інструментальні засоби для цифровізації міського простору на основі інтеграції інформаційних технологій та систем» (стор. 299-350) відображає зміст інновацій щодо наступних прикладних результатів, як от:

- ✓ прикладна модель «цифровий двійник міського об'єкту»;
- ✓ складові CIM методології для інформаційного моделювання міського середовища на основі інтеграції BIM та GIS технологій;
- ✓ авторський прикладний підхід до діджитал-трансформації будівельного проекту;
- ✓ підсумки використання авторських розробок для визначення потенціалу розвитку міських територій в проектах генерального планування комплексної житлової забудови.

Найважливішими результати з тих, що представлені в даному розділі, є . IT «ABC» (A – Artificial intelligence, B – Big Data, C – CIM) для управління міським простором та розробки цифрових двійників міських об'єктів як компонентів системи Smart City.

Висновки до розділу адекватно описують сутність інновацій, відображено в тексті даного розділу.

Загальні висновки створюють належне уявлення про загальний хід наукового дослідження, про науково-методологічну та практичну цінність одержаних результатів

Представлена здобувачкою Гончаренко Т.А. є завершеною науковою працею. Робота виконана державною мовою із дотриманням наукового стилю. Дисертація за вимогами щодо структури, змісту, загального обсягу, завершеності відповідає вимогам докторських дисертацій за спеціальністю 05.13.06.-Інформаційні технології».

5. Оцінка наукової новизни окремих результатів дисертаційної роботи. Найважливішим висновком дослідження є висновок про нагальну потребу суттєвого оновлення методологічних засад та компонентів інформаційної технології з метою створення єдиного інформаційно-аналітичного простору та інформаційного середовища щодо цифрового адміністрування характеристик об'єктів просторового планування в проектах забудови та ревіталізації - за рахунок розвитку інформаційних технологій та залучення міждисциплінарного підходу.

На думку офіційного опонента, в складі представленого дослідження, найважливішими щодо наукової новизни є наступні результати (наведені в порядку пріоритету):

Вперше запроваджено:

А) структурно-функціональну модель інформаційного забезпечення просторового планування будівельного проекту. Ця модель є структурованою основою запровадженої автором методології. Модель запроваджено як засіб цифрового формалізованого відображення та коригування просторово-геометричних (кадастрових) характеристик об'єктів територіального планування в проектах територіального планування, забудови та ревіталізації разом з функціонально-продуктовими, технологічними, організаційно-управлінськими та вартісними характеристиками об'єкту в циклі єдиного управління зазначеним проектом на державному, регіональному та місцевому рівнях. Початковим вузлом прийняття рішень в моделі є суб'єкти формування інформаційних ресурсів, структуровані за рівнями адміністрування проекту та інституційними учасниками, завершальним вузлом - цифрові скориговані індикатори за всіма функціональними «зрізами» в циклі обґрунтування, підготовки та менеджменту проекту як девелоперського циклу, інвестиційно-будівельного та вартісного комплексу. Модель структуровано на 5 операційних етапів - від «збору первинних даних та їх наступної цифрової трансформації» даних до «підготовки просторово-планувальних рішень». Структуровано 5 типів результатів моделі - від первинних просторових даних, до цифрових проектів просторового планування, всі результати інтегруються до «остаточно скоригованих цифрових проектів просторового планування».

В) інноваційні компоненти методології формування єдиного інформаційного середовища для автоматизації об'єктно-просторових систем в проектах будівництва. Визначальними компонентами зазначеної методології обрано: а) компонента формування та коригування узагальнених

моделей об'єктів просторового планування - в адаптації до даного проекту (забудова, територіальне відновлення тощо); б) компонента генералізації просторової інформації на основі багатовимірних моделей просторових об'єктів; с) методологічна компонента для зберігання просторової інформації про топологічні зв'язки та багатовимірна модель для опису топологічних зв'язків; д) компонента обробки простих та складених топологічних співвідношень різного типу; е) компонента багатоаспектної класифікації для валідації інформаційних моделей об'єктів просторового планування;

С) обґрунтовано інноваційний між-дисциплінарний підхід у формуванні «базової архітектури та аналітико-цифрового підґрунтя єдиного інформаційного простору» для об'єктів територіального планування в проектах будівництва. *Базова архітектура* формування єдиного інформаційного простору для досліджуваних в роботі об'єктно-просторових систем спирається на функціонально-цифрову як сукупність множин даних («цифрових кейсів»). Окремий тип множини даних відображає прив'язану до інтегрованої координати часу цикл проекту. Візуалізовано 12-стадійною структурування «діджитал-адаптованого» циклу девелоперського управління проектом – від першої стадії (ескізної) до завершальної стадії, включаючи «реновацію» та «виведення із експлуатації»). Наступний тип даних відображає між-функціональну градацію цифрових описів локального об'єкту територіального планування як об'єкту поточних трансформацій з позицій гетерогенних характеристик: топографо-геодезичних, кадастрових, геологічних, містобудівних, бюджетних та ін. Наступні площини цієї цифрової фігури є множини даних, які відображають рівень деталізації, вимоги рівнів реалізації проекту, інтереси сторін, а також відповідні цифрові коди посилання на субрівні виокремлених вище даних.

*В роботі удосконалено:*

✓ *аналітичний базис формування інтегрованого опису та обробки просторової інформації – для досліджуваних об'єктів в даній роботі. На відміну від інших підходів, зазначений підхід інтегрованого опису та обробки просторової інформації спирається на: геометричний (лінійний та полігональний) опис багатовимірного просторового об'єкту (БПО); ідентифікатор БПО; множину атрибутивних даних; спеціальні процедури розгортки-згортки, адаптовані до різних «шарів» деталізації; структурований багатовимірний просторовий об'єкт (СБПО); тематичний «шар» ОПП;*

✓ *операційна технологія та регламент* генералізації просторової інформації. В даному дослідженні на відміну від інших підходів, у застосуванні до БПО зазначені технологія та регламент, спирається на BIM-технології та інші прикладні пакети цифрового адміністрування життєвим циклом проекту, забезпечуючи при цьому спроможність інтегрувати різномірну просторову інформацію в єдиний інформаційний простір на всіх організаційних рівнях управління, зберігаючи при цьому його цілісність;

✓ *аналітичний апарат індикації стану, візуально-графічного коригування провідних геоінформаційних та інших параметрів об'єктів генплану.* Для досліджуваних об'єктів ОПП в складі генерального плану забудови (ревіталізації) забезпечену принципову нову параметричну базу пристосування типологічних конструктивів в окремий об'єкт генплану, що розглядається в рамках даного методичного функціоналу та інформаційно-програмного середовища;

✓ *методи зберігання та обробки інформації про топологічні зв'язки між класами об'єктів просторового планування ОПП.* В роботі таке удосконалення реалізовано у вигляді «багато-шарового цифрового кубу», кожен зі шарів є цифровою інтеграцією масивів, що сполучають: місце в системі цифрових координат; топологічні відношення («ізоляція», «вкладення», «перехід», «сусідство», «близькість», «віддаленість»); прості та складні топологічні правила; розташування правил («кон'юнкція», «диз'юнкція», «заперечення»);

✓ *інформаційно-аналітичні методи та інформаційні технології* інтеграції даних щодо об'єктів просторового планування, на підставі яких сформовано цілісну інформаційну технологію інтеграції цифрових двійників окремих компонентів, об'єктів, систем і процесів на всіх стадіях адміністрування життєвим циклом девелоперського будівельного проекту

**В дисертаційні роботи набуло подальшого розвитку:**

а) *моделі аналітичного опису та обробки просторової та атрибутивної інформації;*

б) *метод багатоаспектної класифікації для валідації ЦІМ ОПП, який, на відміну від існуючих, виявляє колізії та відхилення від встановлених параметрів моделі протягом ЖЦ проекту будівництва;*

с) *метод визначення рівнів деталізації цифрових інформаційних моделей ОПП у складі цифрової моделі міста, який враховує індивідуальні потреби різних суб'єктів для візуалізації проектних рішень за рахунок*

застосування підходу різнорівневої деталізації до різних об'єктів міської території;

6. **Висновок опонента щодо наукової новизни дослідження в цілому** Оцінена в сукупності наукова новизна результатів, відображених в тексті дисертації та винесених на захист, полягає в наступному. Запроваджені в роботі методологія, аналітичний базис та інформаційна технологія реалізують цільові налаштування на досягнення синергії у формуванні характеристик об'єктів територіального планування, через використання міждисциплінарного підходу та досягнення спроможності здійснювати - необхідні з позицій різних учасників (стейкхолдерів) інвестиційно-будівельного процесу - коригування цифрових індикаторів об'єктів спочатку як функціонально-розрізнених та надалі як інтегрованих складових єдиного інвестиційного комплексу та відданого в цифрове адміністрування циклу девелоперського будівельного проекту.

7. **Оцінка теоретичної цінності результатів дослідження.** Теоретична цінність результатів дисертації визначається значимістю теоретичного та наукового-методологічного внеску здобувача в розвиток наукового базису спеціальності 05.13.06 «Інформаційні технології». Результати роботи надають розвитку інформаційної технології як методології та наукової спеціальності через запроваджені теоретико-методологічних та аналітичних інновацій у застосуванні міждисциплінарного підходу до формування базової архітектури та аналітичного інструментарію єдиного інформаційного середовища для об'єктів просторового планування в проектах будівництва з врахуванням змін ОПП в процесі багатостадійного девелоперського циклу будівництва та ревіталізації територій. Вперше з позицій інтегрованого врахування сучасних вимог цифровізації, територіального планування, геоінформаційного контролінгу та будівельного девелопменту розроблено інформаційну технологію цифрового адміністрування життєвим циклом проекту забудови та ревіталізації. Реалізовано суттєву модернізацію аналітичного інструментарію управління процесами територіального планування, в якому синергійно поєднано переваги сучасних концепцій SMART-управління, SADT-проекування, структурного та цифрового реінжинірингу з продуктивними можливостями BIM-технологій. Це забезпечує належну виваженість та достовірність рішень щодо ОПП в процесі їх поетапної та мультикритеріальної експертизи і

коригування з метою забезпечення відповідності остаточних цифрових індикаторів ОПІ директивним вимогам та потребам провідних стейкхолдерів в проектах забудови та територіального відновлення.

Результати дослідження в сукупному використанні формують чітко візуалізоване, успішно адаптоване до ВІМ-технологій та зручно формалізоване інформаційне середовище, яке через спеціальну систему цифрових індикаторів корелює первинні геоінформаційні та топографічні індикатори із стратегічними пріоритетами містобудування, регіонального та галузевого розвитку.

8. **Оцінка практичної цінності та підсумків впровадження результатів дисертаційної роботи.** На думку опонента, практична цінність роботи обумовлена перевагами застосування прикладних результатів дисертації у вигляді модернізованих інформаційних технологій та комплексу прикладних програм - в практиці адміністрування процесами просторового планування в проектах забудови та територіального відновлення. Керівним та середнім ланкам зазначених проектів надано релевантне аналітичне підґрунтя та інформаційна технологія формалізованого моделювання, коригування та узгодження цифрових геопросторових параметрів ОПІ з цільовими топографічними, функціонально-продуктовими, виробничими, економічними індикаторами, сумісно узгодженими провідними стейкхолдерами Проекту. Обґрунтовані в роботі інформаційна технологія та комплекс прикладних програм поетапно та формалізовано автоматизують функціональний процес генерального планування території під забудову як складової циклу девелоперського управління.

Продуктивність застосування результатів дисертації в практиці діяльності будівельних та інвестиційно-будівельних компаній, які впроваджують проекти будівництва та територіального відновлення, а також в начальному процесі КНУБА підтверджено відповідними довідками, які висвітлено в додатках до роботи.

9. **Думка офіційного опонента щодо відсутності (наявності) порушення академічної доброчесності.** У дисертаційній роботі Гончаренко Т.А. не виявлено ознак академічного плагіату та інших порушень, які могли б поставити під сумнів самостійне виконання дослідження та дотримання норм академічної доброчесності. Надана довідка про результати перевірки роботи на плагіат відображає, що максимальний відсоток співпадіння, виявлений за

результатами перевірки, включаючи самоцититування складає 13.3%. Також на підставі порівняльного аналізу *не виявлено жодних залучень текстів, ідей та розробок з кандидатської дисертації здобувачки в дану роботу.*

**10. Оцінка особистого внеску здобувача. Висновок щодо належності відображення змісту роботи в друкованих працях.**

Є підстави вважати дисертаційну роботу Гончаренко Т.А. самостійною науковою працею, у якій висвітлено власні ідеї та розробки автора, що дали змогу вирішити поставлену наукову проблему - розробки методологічних засад та інформаційної технології цифрового супроводу процесів та об'єктів просторового планування (ОПП) у форматі єдиного інформаційного середовища. Робота містить теоретичні та практичні положення та висновки, сукупність яких кваліфікується як вагомий внесок у розвиток наукового базису спеціальності 05.13.06.- «Інформаційні технології».

Основні положення та результати дисертаційної роботи одержані автором особисто, що засвідчується 73 науковими працями, з яких: **10 наукових статей** в міжнародних виданнях, що індексуються у наукометричній базі *Scopus*, 15 наукових статей у фахових виданнях України категорії Б, що входять до переліку ДАК МОН України, із них 8 одноосібно, 8 наукових статей у фахових закордонних виданнях, 1 колективна монографія, 38 матеріалів міжнародних та українських конференцій, 15 праць з яких проіндексовані в наукометричних базах *Scopus та Web of Science*.

**11. Зауваження та побажання по роботі.**

Відзначаючи значну науково-методологічну та прикладну цінність результатів дисертації Гончаренко Т.А., слід висловити ряд зауважень змістовного та редакційного характеру, які можуть слугувати предметом дискусій на захисті.

- 1) Зауваження по загальній характеристиці роботи (вступу): На мою думку, понятійний апарат таких дефініцій як «просторовий предмет», «об'єкт просторового планування», «цифрова інформаційна модель», «єдине інформаційне середовище» та «інформаційне моделювання об'єктів просторового планування», який зазначено як наукова новизна, яка набула подальшого розвитку, потрібно було б прибрати з наукового результату.
- 2) Зауваження щодо першого розділу: у першому розділі дисертаційної роботи здійснено ґрунтовний огляд існуючих систем територіально-просторового планування різних країн, але відсутня інформація щодо прийнятих наразі підходів та практик до інформаційного моделювання територіально-планувального

простору, описані переваги та проблеми застосування ВІМ в різних розділах будівництва та територіального планування, але відсутня інформація щодо використання ВІМ-технологій в країнах Європи та інших розвинутих країнах. Було б доцільно приділити увагу не тільки опису систем та підходів територіально-просторового планування, але й приділити увагу існуючим методологіям в галузі саме інформаційного забезпечення систем просторового планування з конкретизацією програмних засобів, форматів та процесів обміну інформацією. Вважаю, що розділ переобтяжений інформацією.

- 3) Зауваження щодо другого розділу. У п.2.1. другого розділу автором надані визначення понятійного апарату щодо таких провідних дефініцій як «Цифрова інформаційна модель», «Сервер інформаційних моделей», «Комплексний план просторового розвитку території». Вважаю, що ці поняття було введено ще задовго до представленого дисертаційного дослідження, тому доцільно було б приділити увагу саме опису платформ, СУБД або концепцій, на яких саме має бути побудована міждисциплінарна ВІМ-технологія.
- 4) Зауваження щодо другого розділу. У п. 2.2 розроблена узагальнена модель просторового планування та надана структура основних класів ОПП. На мою думку таблиці 2.3 – 2.8, які містять приблизний набір атрибутів для кожного класу доцільно було б перемістити в додатки. Концепція побудови інформаційної моделі об'єкта просторового планування, на мою думку, не відображує процеси, які відбуваються на протязі життєвого циклу будівельного об'єкту або території просторового планування. Доцільно було б звернути увагу на можливість динамічного внесення змін в Інформаційну модель просторового планування при реновації територій просторового планування чи об'єктів будівництва, що є надто актуальним в теперішній час.
- 5) Зауваження щодо третього розділу. У цьому розділі дисертаційної роботи пропонується як методологічна компонента метод обробки інформації про топологічні зв'язки між об'єктами просторового планування на основі багатовимірної моделі, але авторка послідовність застосування методу подала описово. На мою думку, було б наочніше цей метод подати у вигляді блок-схеми та навести приклади топологічної взаємодії об'єктів просторового планування між собою.
- 6) Зауваження щодо четвертого розділу. Метод багатоаспектної класифікації для валідації моделей об'єктів просторового планування (п.4.3) визначає п'ять ознак для верифікації відповідних моделей. На мою думку, для такого типу моделей, які є інтегрованими за своєю сутністю, не достатньо обмежуватися тільки п'ятьма ознаками - предмет перевірки, тип інформації, етап



життєвого циклу, діапазон застосування та джерело вимог. Верифікацію доцільно поглибити додаванням таких ознак – джерело отримання даних, тип об'єкта та рівень деталізації або опрацювання.

- 7) Редакційне зауваження щодо тексту шостого розділу. Виклад інновацій щодо моделі «цифровий двійник будівельного проекту» та пояснення щодо супровідних переваг застосування цієї прикладної компоненти для поліпшення коригування характеристик ОПП в тексті п.6.1. доцільно було б супроводити інформацією про тривалість впровадження цієї моделі разом з відповідними пакетами програм та ІТ в практику адміністрування проектами будівництва та ревіталізації. Продемонструвати, які об'єктивні та суб'єктивні чинники гальмували чи прискорювали впровадження цієї моделі? Як впровадження цієї моделі змінювало характеристики вартості та трудомісткості за окремим стадіям жмттєвого циклу?
- 8) Змістовно-редакційне зауваження щодо загальних висновків дослідження (в дисертації та авторефераті). Слід відзначити доцільність фокусування уваги наукової спільноти в завершальних пунктах висновків на перспективах подальшого застосування авторських методологічних та прикладних інновацій. Відзначаючи перспективність означеного автором напрямку розвитку моделі «цифрового двійника проекту» у вигляді стратифікованого за етапами, роботами та виконавцями проекту цифрового багатовимірного масиву «цільових показників». Було б дуже продуктивним поширити перспективи авторських інновацій також і на таку сферу модернізації результатів як спрямування від «єдиного інформаційного середовища об'єктно-просторових систем» - до «єдиного інформаційного середовища керування змінами операційної системи проекту територіальної ревіталізації».

Висловлені зауваження не знижують рівня наукової новизни та практичної цінності результатів дослідження, а також не спотворюють думки офіційного опонента про належну відповідність даної роботи вимогам, які висуваються до докторських дисертацій за спеціальністю 05.13.06.

#### **Загальний висновок офіційного опонента по дисертаційній роботі.**

Дисертаційна робота «**Методологічні основи формування єдиного інформаційного середовища для автоматизації об'єктно-просторових систем в проектах будівництва**» є завершеною науковою працею, яка містить нові, науково обґрунтовані теоретичні результати вирішення важливої наукової проблеми - розробці методологічних засад та інформаційної

технології автоматизованого моделювання об'єктів просторового планування у форматі єдиного інформаційного середовища через інтеграцію територіально розподіленої просторової та атрибутивної інформації в проектах забудови та розвитку територій. Тема та зміст дисертаційної роботи повністю відповідають паспорту спеціальності 05.13.06– інформаційні технології.

З огляду на актуальність теми дисертаційної роботи, новизну сукупності теоретичних положень та практичну цінність одержаних результатів наукових результатів, вважаю, що дисертаційна робота відповідає вимогам до дисертаційних робіт на здобуття ступеня доктора наук, зокрема пп. 6,7,8,9 «Порядку присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук» затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 1197 від 17 листопада 2021 року, та заслуговує позитивної оцінки, а її авторка – *Гончаренко Тетяна Андріївна* – за інноваційне та обґрунтоване розв'язання важливої наукової проблеми щодо інформаційних технологій у будівництві – заслуговує на присудження їй наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.13.06– інформаційні технології.

### ОФІЦІЙНИЙ ОПОНЕНТ

професор кафедри  
комп'ютерних технологій будівництва  
та реконструкції аеропортів  
Національного авіаційного університету  
д.т.н., професор

**Марія БАРАБАШ**



23.04.2024