

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу Четверікова Борис Володимировича на тему

«Методологія використання даних ДЗЗ і георадарного знімання для моніторингу земель історико-культурного призначення», що подається на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.24.04 – Кадастр та моніторинг земель

Дисертаційна робота Четверікова Б.В. складається з анотації, вступу, 5-ти розділів, загальних висновків, списку використаних джерел, додатків. Повний обсяг дисертації – 312 сторінок, в тому числі: 247 сторінок основної частини, 16 сторінок анотації, 35 сторінок списку використаних джерел – 293 найменування, 103 рисунки, 14 таблиць та 5 додатків на 12 сторінках, включно з довідкою про впровадження результатів дисертації.

Актуальність теми дисертації зумовлена як загальною значимістю сфери історико-культурної спадщини (ІКС), так і нагальністю завдань щодо удосконалення системи управління землями категорії історико-культурного призначення (ІКП) як одного поміж основних механізмів охорони об'єктів ІКС шляхом встановлення охоронних зон та визначення обмежень у використанні земель у межах територій, пов'язаних з об'єктами ІКС.

Історико-культурна спадщина залишається однією з найбільш помітних сфер наукових досліджень і практики. Ця проблематика особливо актуальна, коли йдеться про взаємодію між елементами спадщини та багатьма іншими сферами економічної, соціальної та політичної практики.

Дані про об'єкти ІКС використовуються в багатьох сферах діяльності (охорона ІКС, регулювання земельних відносин, просторове планування, культура, туризм, наука, освіта та багато інших). В контексті використання ГІС технологій загалом і теми виконаного дисертаційного дослідження зокрема, доцільно наголосити що ІКС – це сфера, наповнена просторовою інформацією. Більшість об'єктів, об'єктів або подій, які вважаються спадщиною, пов'язані з їх географічним розташуванням. Просторова ідентифікація об'єкта ІКС та визначення меж його території є ключовим для розробки науково-проектної і земельпорядної документації про об'єкт ІКС, та реєстрації відомостей про об'єкт як в Державному реєстрі нерухомих пам'яток України, так і як режимоутворюючого об'єкта в державному земельному та містобудівному кадастрах. Згідно із Законом України «Про охорону культурної спадщини» до затвердження науково-проектної (науково-дослідної) документації з визначення меж та режимів використання території пам'ятки, межа території пам'ятки встановлюється в основному як буферна зона радіусом 100 – 300 метрів інколи 20 м навколо орієнтовного географічного центру (центроїду) пам'ятки. Це можна вважати запобіжним заходом в контексті збереження і охорони об'єкта ІКС. Цьому заходу притаманні ризики і недоліки, зокрема: 1) він не гарантує повною мірою збереження території пам'ятки, оскільки дійсне просторове поширення пам'ятки все ж таки залишається невизначеним; 2) визначена таким чином територія може бути надмірною, що призведе до встановлення обмежень на земельні ділянки на цій території, які негативно впливають на повноцінне їх

функціональне використання. Тому просторова ідентифікація об'єктів ІКС є важливою як з юридичної/охоронної, так і з економічної точок зору.

Для того, щоб належним чином документувати та обмінюватися інформацією про просторові характеристики об'єктів ІКС та землі ІКП, необхідно забезпечити їх високу якість, точність і достовірність та запровадити сучасні загальні принципи і технології їх виробництва і використання. Ще з минулого століття, починаючи з використання військових аерофотознімків для спостереження за поверхнею підземних стародавніх міст, було доведено ефективність ДЗЗ в археологічні дослідження. За останні десятиріччя спостерігається значний поступ у розвитку технологій ДЗЗ (зокрема, лідари, БПЛА, наземні та бортові/космічні радари із синтетичною апертурою (SAR), георадари (GPR) тощо). Використання цих новітніх технологій в сфері ІКС залишається ще недостатньо дослідженим та оціненим. Це часто зумовлено складністю опрацювання радіолокаційних сигналів та відсутністю спеціалізованого досвіду в інтерпретації зображень, тобто обмеженнями, які слід подолати на основі спеціальних досліджень, навчання та розвитку навичок, щоб забезпечити ефективний трансфер новітніх технологій в практику ІКС.

Виходячи з вищезазначеного, наукова робота Четверікова Б.В., що присвячена розробленню методологія використання даних ДЗЗ і георадарного знімання для моніторингу земель історико-культурного призначення, безумовно є актуальною, заслуговує уваги, відкритої й об'єктивної дискусії та підтримки.

Зв'язок дисертаційної роботи з науковими програмами, планами і темами. Дисертаційне дослідження відповідає пріоритетним напрямкам державної політики щодо охорони культурної спадщини та управління землями історико-культурного призначення, що визначені законодавством України в сфері земельних ресурсів, охорони культурної спадщини, просторового планування та містобудування.

Базовими для дисертації стали науково-дослідні роботи Інституту геодезії Національного університету «Львівська політехніка» за тематикою:

«Методи, моделі і технології моніторингу стану довкілля та окремих об'єктів засобами фотограмметрії, дистанційного зондування та геоінформатики» (номер державної реєстрації НДР: 0118U001548.U102078);

«Створення ортофотопланів в масштабі 1:2000 з висотою перерізу 1 м на частину території Долинської і Болехівської міських рад загальною площею 20,11 км. кв»;

проект NAWA (Польського національного агентства з питань академічного обміну) – освітнє і наукове стратегічне партнерство між Варшавською політехнікою та Національним університетом «Львівська політехніка» (2023-2024pp).

Обґрунтування мети, завдань та напрямів дослідження. Автор поставив перед собою мету *”обґрунтування науково-теоретичних основ, методичних положень та практичних рекомендацій щодо удосконалення просторової ідентифікації та моніторингу земель історико-культурного призначення на*

основі використання геоінформаційних технологій, даних ДЗЗ і георадарного знімання”.

Аналіз стану проблеми, обґрунтування мети, завдань та напрямів дослідження виконано у вступній частині та в першому розділі дисертації *«Аналіз застосування дистанційних та неінвазивних методів досліджень у вивченні земель історико-культурного призначення».*

Автором узагальнено основні положення законодавчого забезпечення регулювання сфери охорони культурної спадщини та управління землями історико-культурного призначення. Визначено зміст та завдання моніторингу земель ІКП, наголошено на фрагментарності законодавства України в сфері ІКС, в сенсі наявності кількох Законів України та постанов Кабінету Міністрів України, що стосуються різних аспектів діяльності в сфері ІКС та управління землями ІКП, ведення реєстру об'єктів ІКС, розроблення науково-проектної, землевпорядної та містобудівної документації щодо об'єктів ІКС, визначення обмежень у використанні земель у межах територій, пов'язаних з об'єктами ІКС, контролю та моніторингу стану об'єктів ІКС та земель ІКП.

Наголошено на міждисциплінарності сфери ІКС, яка пов'язана як з природою та різновидами самих пам'яток, так і з широким спектром засобів і технологій, які використовуються нині для просторової ідентифікації об'єктів ІКС та моніторингу земель ІКП. Визначено проблеми, які пов'язані із складністю та міждисциплінарністю самих об'єктів ІКС, значним числом об'єктів, їх різновидами та розміщенням відносно земної поверхні, включно з розміщенням і під поверхнею, що ускладнює завдання виявлення і просторової ідентифікації об'єктів ІКС. Просторова сутність об'єктів ІКС, їх просторова взаємодія із об'єктами оточуючого середовища, великі обсяги даних обумовлюють використання сучасних геоінформаційних технологій для підвищення ефективності прийняття рішень в системі управління в сфері ІКС, зокрема ГІС технологій, заснованих на використанні даних ДЗЗ інтегрованих з даними, отриманих з інших джерел і за допомогою інших сучасних технологій.

Автором виконано аналітичний огляд сучасних дистанційних та неінвазивних методів дослідження земель історико-культурного призначення, включаючи: супутникове оптико-електронне знімання, супутникове радіолокаційне знімання, аерознімання з пілотованих літальних апаратів та БПЛА, лазерне сканування з використанням наземних та бортових платформ лідарних знімань, наземне георадарне знімання та інші геофізичні методи, які можуть бути використані для неруйнівної оцінки культурної спадщини.

В цілому, з урахуванням зауважень до розділу 1, що приведені у відповідному розділі цього відгуку, здійснене автором обґрунтування мети, завдань та напрямів дослідження слід вважати достатньо доказовим, воно базується на аналізі понад 290 сучасних наукових публікацій нормативно-методичних документів. Аналіз технологій проілюстровано прикладами із наукових публікацій, визначено перспективи та проблемні питання використання сучасних технологій в задачах просторової ідентифікації об'єктів ІКС та моніторингу земель ІКП. Виявлено тенденцію до поєднання кількох методів

дослідження та моніторингу земель історико-культурного призначення, зокрема з використанням ДЗЗ та георадарних знімачів.

Новизна висновків та рекомендацій, їх обґрунтованість і достовірність.

За твердженням автора у «дисертації виконано теоретичне узагальнення і одержано практичні результати вирішення науково-прикладної проблеми розробки методологічних основ та інформаційно-технологічних моделей моніторингу земель історико-культурного призначення з використанням даних ДЗЗ і георадарного знімання».

Сформульовані автором найвагоміші результатами дослідження, що виносяться на захист, визначають ступінь та характер новизни, далі розглядаються в послідовності висвітлення їх в розділах дисертації за трьома тематичними напрямками: 1) концептуальні засади синергії методів ДЗЗ та георадарного знімання для моніторингу земель історико-культурного призначення; 2) удосконалення технологічних моделей використання супутникової радіолокаційної інтерферометрії та георадарного знімання для моніторингу земель історико-культурного призначення; 3) розроблення практичних методик і технологічних моделей опрацювання різномірних даних ДЗЗ і неінвазивних досліджень для моніторингу земель історико-культурного призначення. Далі використано формулювання результатів в редакції автора дослідження та подано курсивом.

Результати першого напрямку викладено у другому розділі та у п. 4.4. дисертації. У другому розділі «*Теоретичні положення визначення вертикальних зміщень землі та підземних аномалій*» викладено такі результати:

1. Доведено особливості синергії методів ДЗЗ і георадарного знімання для моніторингу земель історико-культурного призначення.

Однією з ключових особливостей поєднання методів ДЗЗ і георадарного знімання для археологічних досліджень є не лише отримання додаткових даних на підтвердження змін в ландшафті території об'єктів ІКС. Об'єднання двох технологій розглядається як комплексний методом просторової ідентифікації археологічних артефактів та визначення глибини їх розташування і меж просторового поширення. При цьому методи супутникової інтерферометрії є первинними в дослідженні значних за площею територій на предмет виявлення місць вертикальних зміщень та зміни форми земної поверхні в часі, а георадарні знімання забезпечують встановлення наявності підповерхневих аномалій, глибину їх залягання, структуру і форму. Синергія методів забезпечує підвищення достовірності і точності просторової ідентифікації і меж території об'єктів ІКС.

Результат ґрунтується на аналізі теоретичних і практичних аспектів інтерферометричних методів супутникової інтерферометрії, георадарних та інших геофізичних методів дослідження підповерхневого простору. Обґрунтовано доцільність використання інтерферометричного методу малих базисних ліній SBAS, оскільки він потребує меншого числа космічних знімків та менше часу на опрацювання даних.

Новизну результату можна кваліфікувати як узагальнення відомих методів супутникової інтерферометрії та георадарних знімачів та їх застосування до нового

об'єкта дослідження. Достовірність результату ґрунтується на коректному аналізі фізичних і теоретичних основ методів супутникової радіолокації та георадарних знімачь, технологічних і практичних аспектів опрацювання даних, отриманих за цими методами, а також результатами практичного використання цих методів на реальних об'єктах, зокрема і в цьому дослідженні.

2. *Розроблено математичну модель поєднання результатів опрацювання радіолокаційних даних та георадарного знімання.*

Результат викладено в п.2.4 *Математичне поєднання результатів опрацювання радіолокаційних даних та георадарного знімання*. Автором розглядається кілька методів узгодження результатів знімачь, отриманих з різних джерел. Поміж них автор посилається на такі класичні методи як фільтр Калмана, кореляційний аналіз, аналіз головних компонентів, методи розпізнавання образів тощо. Цілком слушно автор зауважує, що «при узгодженні результатів опрацювання радіолокаційних даних та георадарного знімання необхідно враховувати особливості кожного методу та джерела даних, а також забезпечити якість та точність опрацювання даних», а «для поєднання результатів космічної радіолокаційної інтерферометрії з супутника Sentinel-1 та георадарного знімання у певній точці нами запропонована формула з використанням вагового підходу» (це формула 2.25 на стор. 116 та її модифікації на стор. 117, їх приведено також в авторефераті). У поясненнях позначень до формул вказано, що: R – результат об'єднання двох методів для окремої точки на поверхні; C_i - результат вимірювань, отриманий від супутникової радіолокаційної інтерферометрії в певній точці; C_g - результат георадарного знімання в цій самій точці. Не вказано ні фізичну сутність результатів, а ні їх одиниць вимірювання.

Далі автор зауважує, що «формула поєднання InSAR (інтерферометричного супутникового радіолокаційного зондування) і GPR (георадару) може бути складною і залежати від конкретного використання. Однак, загальною ідеєю може бути об'єднання інформації, отриманої з обох джерел, для покращення точності інтерпретації та аналізу геологічних структур чи властивостей ґрунту», та надає загальну формулу у вигляді узагальненого функціоналу (формула 2.26 на стор. 117), який може включати в себе різні операції опрацювання даних InSAR та GPR, фільтрацію та інші методи аналізу, щоб досягти більш точного результату.

Фактично йдеться не про певну строгу математичну залежність, або математичне узгодження/поєднання результатів InSAR та GPR, а про стислу форму формального подання послідовності операцій, які необхідно виконати для просторового узгодження, поєднання і семантичної інтерпретації результатів дослідження території об'єктів ІКС за двома чи більше методами. Власне саме це і викладено автором в тексті п.2.4 в описі змісту операції.

Отже, заявлений результат можна кваліфікувати як запропоновано узагальнені операційні функціонали просторового узгодження, поєднання і семантичної інтерпретації результатів опрацювання радіолокаційних даних та георадарного знімання для дослідження території об'єктів ІКС.

3. *Розроблено концептуальну модель моніторингу земель історико-культурного призначення за даними ДЗЗ і георадарного знімання.*

Результат подано у п.4.4 як підсумок експериментальних досліджень використання даних ДЗЗ та георадарного знімання для дослідження і моніторингу територій реальних об'єктів ІКС, а саме території Львівської цитаделі та Звенигородського городища.

Узагальнена концептуальна модель охоплює усі етапи моніторингу території об'єктів ІКС з використанням даних ДЗЗ та георадарних знімачь, починаючи зі збирання даних, їх опрацюванням, візуалізації, аналізу, оцінювання точності, інтерпретації та валідації результатів шляхом їх порівняння з уже відомими відомостями про об'єкти ІКС. В деталізованій схемі концептуальної моделі визначено операційні блоки окремих етапів та комплексне використання даних ДЗЗ як супутникової інтерферометрії, так даних аерофотознімання, лідарних знімачь, побудови 3D моделей рельєфу та об'єктів ІКС, включно з 3D моделями підповерхневих елементів, ідентифікованих за даними георадарних знімачь. Важливим аспектом запропонованої концептуальної моделі є орієнтація на автоматизацію трудомістких операцій узгодження та аналізу результатів вимірювань за різними методами, їх наглядної візуалізації та просторового аналізу для уточнення меж земель історико-культурного призначення та охоронних зон об'єктів ІКС.

Новизну результату можна кваліфікувати як вперше у вітчизняній практиці для моніторингу і дослідження території об'єктів ІКС запропоновано комплексне використання даних ДЗЗ різних типів та георадарного знімання, їх узгодження, аналіз і семантична інтерпретація для підвищення достовірності і точності просторової ідентифікації та визначення меж земель історико-культурного призначення.

Достовірність результату підтверджено апробацією запропонованої концептуальної моделі при виконанні комплексних досліджень територій реальних об'єктів ІКС у Львівській області з використанням даних ДЗЗ і георадарних знімачь.

Результати напряму удосконалення технологічних моделей використання супутникової радіолокаційної інтерферометрії та георадарного знімання для моніторингу земель історико-культурного призначення викладено в третьому та четвертому розділі дисертації. До цих результатів (у формулюванні автора) належать:

удосконалення технологічної моделі застосування супутникової радіолокаційної інтерферометрії для моніторингу земель історико-культурного призначення;

удосконалення технологічної моделі георадарного знімання для моніторингу земель історико-культурного призначення.

Виклад цих результатів містить докладний опис та обґрунтування практичних аспектів використання складних за своїм змістом і новаціями технологій опрацювання радіолокаційних сигналів інтерферометричних, лідарних та георадарних знімачь, їх просторового узгодження та сумісної семантичної інтерпретації з урахуванням особливостей ландшафтів, структури і характеристик об'єктів ІКС на досліджуваних територіях.

Новизну результатів можна кваліфікувати як використання відомих методів, сучасного обладнання та програмних засобів опрацювання даних для нових об'єктів дослідження та отримання нових відомостей про конкретні об'єкти історико-культурно-спадщини на досліджуваних територіях.

Достовірність результатів підтверджено оцінюванням точності визначення просторових характеристик об'єктів ІКС. Отримані оцінки підтверджують, що комплексне використання даних ДЗЗ та георадарних знімачь забезпечує виконання вимог щодо точності визначення просторових характеристик об'єктів ІКС, визначених в чинних нормативах у сфері історико-культурної спадщини.

Результати напряму розроблення практичних методик і технологічних моделей опрацювання різнорідних даних ДЗЗ і неінвазивних досліджень для моніторингу земель історико-культурного призначення викладено в четвертому та п'ятому розділах дисертації. До цих результатів належать:

1. Технологічна модель створення ЦМП нерухомих площинних об'єктів історико-культурної спадщини за даними аерознімання з БПЛА і лідарного знімання.

Новизну результату можна кваліфікувати як застосування відомих технологій побудови 3D моделей поверхні та об'єктів з використанням результатів аерознімання з БПЛА та лідарного знімання для територій і об'єктів історико-культурної спадщини, оцінки точності моделей та порівняльний аналіз отриманих моделей з точки зору їх застосовності для задач моніторингу об'єктів ІКС і земель ІКП.

Достовірність отриманих результатів підтверджено коректними оцінками точності визначення просторових характеристик об'єктів ІКС та результатами візуального порівняння моделей та діаграм профілів поверхні, отриманих з використанням цих двох технологій моделювання.

2. Методика опрацювання різнорідних даних дистанційних і неінвазивних досліджень для моніторингу земель історико-культурного призначення.

3. Модель системи інтегрування і відображення 3D-моделі ЦМР з результатами георадарного знімання та програмна реалізація системи, яка забезпечує ефективно вирішення важливої прикладної задачі в сфері моніторингу земель історико-культурного призначення, а саме визначення історичних меж об'єктів з врахуванням їхніх наземних та підземних елементів.

Методика опрацювання різнорідних даних ДЗЗ і неінвазивних досліджень для моніторингу земель ІКП та модель системи інтегрування і відображення комплексної 3D моделі ЦМР ґрунтуються на просторовому узгодженні результатів, отриманих за різними технологіями дослідження території ІКС, а також існуючими цифровими топографічними планами та розроблення сценарію автоматизації процесів просторового узгодження в єдиній референційній системі координат, опрацювання, візуалізації та просторового аналізу результатів з використанням програмних засобів ГІС.

Методика програмної реалізації сценарію автоматизації докладно описана на прикладі розробки програми з використання мови програмування Visual Basic та спеціалізованих бібліотек для візуалізації 2D і 3D моделей у форматах DXF AutoCAD.

Достовірність запропонованих методики і моделі системи інтегрування і відображення комплексної 3D моделі ЦМР підтверджено їх програмною реалізацією, функціональність якої перевірено і продемонстровано на прикладах опрацювання реальних даних на територію Львівської цитаделі. Ефективність автоматизації процесів опрацювання і аналізу результатів знімачь характеризується скороченням на 60% часу аналізу даних та автоматизованим формуванням уточнених меж земель ІКП для об'єктів ІКС.

Підсумовуючи викладений аналіз новизни висновків та рекомендацій, їх обґрунтованість і достовірність, можна стверджувати, що усі отримані результати, які винесено на захист повністю відповідають змісту роботи та сформульованим завданням дослідження, підтверджені результатами практичної апробації пропонованих методичних підходів і моделей на дослідженні територій і моніторингу земель ІКП реальних об'єктів історико-культурної спадщини, зокрема: ансамблю оборонних споруд «Львівська цитадель» у м. Львові та території історико-культурного заповідника «Древній Звенигород» у селищі Звенигород Львівської області.

Результати мають заявлений рівень наукової новизни і практичної значимості, зорієнтовані на практичне використання в системі управління в сфері історико-культурної спадщини та підприємствами, що виконують роботи за замовленнями органів державної влади і органів місцевого самоврядування з розроблення науково-проектної та землевпорядної документації щодо визначення та встановлення меж території об'єктів ІКС, регламентів використання території і об'єктів історико-культурної спадщини.

Результати дослідження впроваджено в освітній процес підготовки фахівців магістр за освітньою програмою «Геоінформаційні системи і технології» у Національному університеті «Львівська політехніка».

Недоліки та зауваження до змісту дисертації

1. В першому розділі дисертації на стор. 37 узагальнено основні проблеми сучасної системи обліку нерухомої культурної спадщини, де поміж іншого визначено: *відсутність єдиної уніфікованої державної системи обліку та збереження нерухомої культурної спадщини України; відсутність обміну інформацією, пов'язаною з пам'яткоохоронним статусом об'єктів культурної спадщини між різними держателями державних інформаційних систем; відсутність вільного доступу до загальної інформації про об'єкти нерухомої культурної спадщини; відсутність національної інфраструктури даних про нерухомі об'єкти культурної спадщини.* Ці відомості не враховують зміни ситуації, які відбулися в останні два роки. Зокрема створена система Державного реєстру нерухомих пам'яток України, затверджено вимоги та формат, затверджено структуру бази геоданих документації у сфері охорони культурної спадщини (ОКС) та відповідні рекомендації щодо її використання при розробленні науково-проектної документації у сфері ОКС, Законом України Про національну інфраструктуру геопросторових даних відомості про ОКС віднесено до першочергових наборів

геопросторових даних НІГД, функціонує система електронної взаємодії державних електронних інформаційних ресурсів та Єдина державна електронна система у сфері будівництва, в якій реалізується зокрема контроль щодо дотримання регламентів забудови в охоронних зонах об'єктів ІКС при розробленні містобудівної документації. Тобто є помітний поступ в цифровізації сфери ОКС і це лише підтверджує актуальність теми цього дисертаційного дослідження, оскільки ефективність усіх інформаційних систем визначається актуальністю, достовірністю і якістю даних про об'єкти управління, об'єкти ІКС зокрема.

2. У висновках до другого розділу (стор. 120) сформульовано положення про те, що *«Радіолокаційне і георадарне знімання ґрунтуються на різних фізичних принципах, що унеможлиблює їх математичне об'єднання, проте дозволяє інтегрувати результати їхнього опрацювання»*. Не зрозуміло, що автор має на увазі, оскільки обидва види знімань є радарними і ґрунтуються на одних і тих же фізичних принципах - випромінювання і реєстрації відбитих електромагнітних хвиль, правда в різних фізичних середовищах.

3. В таблицях 3.5 (стор.169) і 3.6 (стор. 171) значення похибок вимірювань георадарних знімань відповідно на території Львівської цитаделі Звенигородського городища, але без методів обчислення цих похибок або джерела ви(програмного засобу) їх обчислення.

4. Реалізація програми інтегрування і відображення 3D-моделі ЦМР з результатами георадарного знімання виконано з використанням мови Visual Basic з орієнтацією на візуалізацію результатів опрацювання в середовищі AutoCAD, що звужує можливість широкого використання та розвиток та подальший розробленого програмного засобу. Варто зауважити, що для автоматизації подібних процесів доцільніше використовувати засоби розробки сценаріїв, що реалізовані в середовищі сучасних інструментальних ГІС та відомі як засоби ModelBuilder, що доступні як в пропрієтарних системах типу ArcGIS, так і в системах з відкритими ліцензіями, наприклад, QGIS.

Можна також рекомендувати в подальшому використовувати зростаючі можливості сучасних технологій баз геопросторових даних на основі універсальних СКБД, зокрема доступної з відкритою ліцензією СКБД PostgreSQL з просторовим розширенням PostGIS, в якому реалізовано великий набір функцій для опрацювання і аналізу як векторних, так і растрових даних у практично у всіх поширених форматах даних. А самі функції забезпечують широкий набір операцій з фільтрування даних, картографічної алгебри, аналізу GRID моделей рельєфу та багато іншого. Набір функцій та засоби розробки прикладних вбудованих SQL-функцій повністю покриває, реалізований автором дисертації програмний сценарій опрацювання даних, а використання технології баз даних забезпечує створення платформи незалежного програмного продукту, який легко інтегрується з будь-якою сучасною ГІС як засобу візуалізації даних.

5. Поміж операцій, що використовуються автором для узгодження і поєднання даних ДЗЗ і даних георадарних знімань, визначено операції приведення вхідних GRID-моделей з різним просторовим розрізненням до однієї розмірності кроку сітки точнішої моделі, що спрощує процеси фільтрації та картографічної алгебри над растровими даними без погіршення точності результату.

6. Текст практичного кожного розділу містить досить велику преамбулу до 10 і більше сторінок, що ускладнює сприйняття поданого матеріалу за рамками окремих параграфів, а інколи і призводить повторень у викладені матеріалу. Зустрічаються подекуди граматичні неточності, зокрема у вживанні іменника об'єкт в родовому відмінку «об'єкт – об'єкту», а вірно об'єкта; «в якості чогось», а вірно українською - як щось, або «культурні об'єкти» (стор. 55) замість «об'єкти історико-культурної спадщини» тощо.

7. В кількох місцях дисертації (зокрема на стор. 121) автор стверджує, що *«комплексної концепції застосування двох та більше дистанційних методів в поєднанні з наземними неінвазивними дослідженнями для моніторингу земель історико-культурного призначення ні в Україні ні за кордоном досі запропоновано не було»*. Це дискусійне питання, особливо в частині *«ні за кордоном»*. Так, число фундаментальних праць з цієї проблематики дійсно порівняно невелике – у всякому разі не сотні, але за останні десятиріччя це десятки. Поміж них заслуговує уваги одна із перших публікацій групи дослідників із Італії: Patruno, J. та ін.: *Методи дистанційного зондування в археології. Від космосу до землі дослідження через мікрохвильовий спектр: SAR і GPR виявлення*, що опублікована в 2011 році (https://www.earsel.org/symposia/2011-symposium-Prague/Proceedings/PDF/Cultural%20Heritage/10%20ok25-a2438-patruno_dore.pdf) та одна поміж публікацій за 2022 рік міжнародного колективу авторів із Китаю та Італії *«Роль радіолокатора зображення в культурній спадщині: від технологій до застосувань»* (<https://doi.org/10.1016/j.jag.2022.102907>), в якій прослідковується тенденція розвитку і використання радіолокаційних та георадарних методів в різних сферах, зокрема в археології, за публікаціями в наукометричних збірниках за період 1992 – середина 2020 рр. 33% публікацій стосуються археологічної сфери. Отже, пропозиція автора дисертації щодо концепції комплексної концепції застосування двох та більше дистанційних методів в поєднанні з наземними неінвазивними дослідженнями для моніторингу земель історико-культурного призначення є поміж перших, але не найперше. І це теж заслуговує високої оцінки внеску автора у розвиток технологій моніторингових досліджень історико-культурної спадщини з використанням даних ДЗЗ і неінвазивних методів.

Повнота викладу результатів в опублікованих працях

Основні результати і положення дисертаційної роботи повною мірою викладено в 41 друкованій праці, поміж них: 6 наукових статей у міжнародних виданнях, що індексуються в міжнародних наукометричних базах даних Scopus та Web of Science; 7 статей у наукових фахових виданнях України, що внесені до міжнародних наукометричних баз даних; 5 наукових статей у фахових виданнях України категорії Б за спеціальністю, що входять до переліку ДАК МОН України; 1 монографія; 1 стаття у інших виданнях України; 5 публікацій у збірниках матеріалів конференцій, що внесені до наукометричної бази даних Scopus; 15 публікацій у збірниках матеріалів міжнародних наукових конференцій.

В працях автором докладно відображені та аргументовані основні положення проведеного дослідження, його наукова і практична значимість.

Основні положення та результати наукових досліджень пройшли апробацію на міжнародних науково-технічних конференціях та симпозіумах.

Текст автореферату дисертації відповідає основним положенням та результатам дисертації.

Зміст роботи викладено в основному сучасною науково-технічною діловою мовою, характеризується послідовним поданням матеріалу, конкретними висновками та рекомендаціями. Автор показав широке знання з наукових робіт попередників, виконав об'єктивний аналіз вітчизняних та зарубіжних досліджень. Критичні зауваження сформульовані в коректній формі.

У дисертації відсутні матеріали кандидатської дисертації автора.

Запозичень без оформлених належним чином посилань не виявлено.

Загальні висновки

Праця Четверікова Бориса Володимировича відповідає паспорту спеціальності 05.24.04 – кадастр і моніторинг земель і охоплює напрямок досліджень з питань удосконалення топографо-геодезичного, картографічного та геоінформаційного забезпечення для вирішення завдань державного земельного кадастру та моніторингу земель. Назва дисертації відповідає змісту роботи. Методичний рівень досліджень забезпечив одержання в повному обсязі вірогідної інформації, достатньої обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій, їх достовірність.

Дисертація Четверікова Бориса Володимировича є завершеною працею, у якій розв'язано складну науково-прикладну проблему наукового обґрунтування та розроблення методологічних основ удосконалення технології моніторингу земель історико-культурного призначення з використанням даних ДЗЗ та георадарного знімання.

Дисертаційна робота Четверікова Бориса Володимировича відповідає вимогам пп. 7, 9 «Порядку присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук».

Все викладене дає підстави зробити загальний висновок, що здобувач Четверіков Борис Володимирович заслуговує на присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.24.04 – кадастр і моніторинг земель.

Офіційний опонент,
доктор технічних наук, професор,
професор кафедри геоінформатики і фотограмметрії
Київського національного університету будівництва і архітектури

А. Лященко

" 6 " 11 2024р.

Підпис А. Лященко засвідчую:
Секретар Вченої Ради КНУБА



Жел

М. Клименко