Київський національний університет будівництва і архітектури
Міністерство освіти і науки України

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

**БІЛОВ ВЛАДИСЛАВ АНАТОЛІЙОВИЧ**

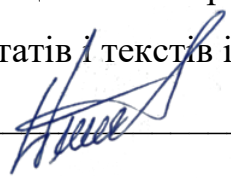
УДК 72.025:004.94

# ДИСЕРТАЦІЯ
# БУДІВЕЛЬНА ІНФОРМАЦІЙНА МОДЕЛЬ ОБ'ЄКТА АРХІТЕКТУРНОЇ СПАДЩИНИ, ПОШКОДЖЕНОГО ВНАСЛІДОК ВОЄННИХ ДІЙ

191 – Архітектура та містобудування
19 - Архітектура та будівництво

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело



_____В.А. Білов

Науковий керівник: Левченко Олексій Вікторович, кандидат архітектури, доцент

Київ – 2026

# АНОТАЦІЯ

*Білов В.А.* Будівельна інформаційна модель об’єкта архітектурної спадщини, пошкодженого внаслідок воєнних дій. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 191 – Архітектура та містобудування. – Київський національний університет будівництва і архітектури МОН України, Київ, 2026.

***У вступі*** обґрунтовується актуальність теми дослідження, визначаються мета, завдання, об’єкт, предмет, методи та межі дослідження, а також наукова новизна, практичне значення та застосування результатів роботи.

***У першому розділі «Теоретико-методологічні основи дослідження використання будівельного інформаційного моделювання при реставрації та подальшій експлуатації об’єктів архітектурної спадщини, пошкоджених внаслідок воєнних дій»*** здійснено класифікацію об’єктів архітектурної спадщини за видовою належністю відповідно до Закону України «Про охорону культурної спадщини», а також класифікацію воєнних втрат архітектурної спадщини. Обґрунтовано, що цифрова фіксація є обов’язковою не лише для об’єктів, внесених до Державного реєстру нерухомих пам’яток України, а й для щойно виявлених об’єктів культурної спадщини, які зазнали пошкоджень.

На основі проведеного аналізу наукових досліджень виявлено внесок у пам’яткоохоронну сферу значний внесок українських вчених, у роботах яких опрацьовано взаємопов’язані складові консервації (музеєфікації) , реставрації, реновації та цифрового документування архітектурної спадщини. Передусім у науковому середовищі КНУБА теоретико-методологічні засади містобудівних систем, реконструкції та розвитку архітектурного середовища розвинули М. М. Дьомін, В. В. Товбич і О. І. Косаревський; дослідження, реставрацію та повоєнне відновлення об’єктів архітектурної спадщини розглядали О. С. Слєпцов, Ю. В. Івашко, М. І. Орленко та В. О. Молочко; методологічні засади комплексних реставраційно-реконструктивних трансформацій і

регенерацій історичного міського середовища – Н. А. Лещенко; цифрові технології архітектурного проєктування та будівельне інформаційне моделювання – Т. А. Гончаренко, О. В. Кащенко, О. В. Левченко, Т. О. Кащенко та А. В. Михайленко; інженерну фотограмметрію, наземне й повітряне лазерне сканування, геоінформаційне забезпечення та інтероперабельні геопросторові дані – Р. А. Дем'яненко, Р. В. Шульц, Ю. О. Карпінський і А. А. Лященко; технічне обстеження, реконструкцію та відновлення експлуатаційної придатності будівель і споруд – О. Ф. Осипов, О. С. Молодід та О. Ю. Ковальчук.

Також київський пам’яткознавчий і реставраційний напрям представлений працями В. В. Вечерського з історії, типології, виявлення й обліку архітектурної спадщини, а також Л. В. Прибєги з теорії, методології охорони, консервації та реставрації. Харківські науковці В. Є. Новгородов, Г. О. Осиченко, І. В. Древаль, К. Т. Черкасова та Є. І. Губкіна розкрили практику реставрації пам’яток, реконструкції історичних міст, післявоєнного відродження міських комплексів і збереження спадщини модернізму. Одеський осередок репрезентують В. А. Лисенко, О. Б. Раллєв, В. М. Мещеряков та О. І. Менейлюк, у працях яких досліджено реставраційні матеріали й конструктивні рішення, відтворення втрачених об’єктів, формування традиційного характеру історичного середовища та технологію реконструктивно-реставраційних робіт. Львівську школу формують М. В. Бевз, І. Р. Могитич, О. В. Рибчинський і Ю. Я. Дубик, які розвинули методики історико-архітектурних і натурних досліджень, регенерації історичних середмість, збереження фортифікаційної спадщини та підсилення історичних конструкцій. У Дніпрі О. В. Харлан, І. С. Ревський і М. В. Савицький опрацьовують історико-архітектурні дослідження населених місць, реконструкцію історичного середовища, натурне обстеження та конструктивно-технологічні засади відновлення; запорізький напрям дослідження індустріальної й модерністської спадщини представлений працями Т. Бажанової, П. Кравчука та О. В. Харлана. Чернівецький науковий осередок, сформований на базі кафедри архітектури, урбаністики та збереження об’єктів ЮНЕСКО Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича,

представлений працями І. В. Коротун, у яких обґрунтовано архітектурно-містобудівні засади формування буферних зон об’єктів Всесвітньої спадщини ЮНЕСКО, збереження історичного середовища та застосування сучасних методів дослідження пам’яток. Дослідження інших регіональних осередків доповнюють праці П. А. Ричкова й О. В. Лесика щодо охорони, реставрації та пристосування пам’яток Волині, а також З. В. Лукомської щодо збереження історико-архітектурного середовища Івано-Франківська.

Цифрову складову дослідження співвіднесено із закордонними працями М. Мерфі, Ю. Макговерна і С. Павії, якими започатковано концепцію HBIM, а також Ф. Фассі, К. Акілле, Н. Бруно, Х. Мояно, Х. Е. Ньєто-Хуліана, Б. Рівейро та П. Б. Лоренсу, присвяченими Scan-to-HBIM, параметричному й семантичному моделюванню, структурній діагностиці та цифровим двійникам об’єктів спадщини. Узагальнення цих наукових напрацювань дало змогу розглядати HBIM-модель не лише як геометричну репрезентацію пам’ятки, а як структуроване інформаційне середовище, що поєднує дані про її історію, культурну цінність, матеріали, технічний стан, воєнні пошкодження, реставраційні втручання та подальшу експлуатацію.

В дисертаційній роботі обґрунтовано доцільність застосування історично орієнтованого будівельно-інформаційного моделювання – Heritage Building Information Modeling (HBIM) для об’єктів архітектурної спадщини. Встановлено, що об’єкт архітектурної спадщини, який вирізняється композиційною складністю та унікальністю, що зумовлює специфіку методологічних підходів до її дослідження. Наявні BIM-технології розроблено для задання проєктних параметрів об’єктів, тоді як робота з об’єктами культурної спадщини передбачає першочергове виявлення, верифікацію та відновлення їхніх фактичних характеристик.

Проаналізовано вітчизняний і закордонний досвід реалізації HBIM-проєктів для об’єктів архітектурної спадщини. Встановлено, що інтеграція лазерного сканування та фотограмметрії з параметричним моделюванням робить можливим створення високоточних цифрових моделей, проте автоматизація

процесу сканування у BIM-модель об'єкта спадщини (Scan-to-HBIM) залишається нерозв’язаною проблемою. Визначено перспективність комбінації методів: 3D-сканування, алгоритмічного моделювання (Rhino/Grasshopper), параметричного моделювання в BIM-середовищі (Archicad, Revit, Allplan) та GIS для управління.

У другому розділі **«Методика створення цифрової моделі об’єкта архітектурної спадщини»** викладено загальну методику дослідження, визначено структуру вихідних даних, запропоновано систему рівнів LOD-H/LOI-H та виконано порівняльне оцінювання програмних засобів для HBIM-моделювання. Методика поєднує теоретико-аналітичний, нормативний, інформаційно-параметричний і апробаційний етапи та містить критерії перевірки комплаєнсу , простежуваності, взаємоузгодженості й інтероперабельності даних.

Визначено перелік вихідних даних для створення HBIM відповідно до вимог стандартів BIM серії ISO 19650. Обґрунтовано, що вихідні дані для HBIM мають охоплювати п’ять класів: геометричні дані (результати лазерного 3D-сканування, фотограмметрії, геодезичних вимірювань); атрибутивні та семантичні дані (матеріали, технічний стан, історична цінність, функціональне призначення); історико-архітектурні дані (архівні креслення, описи змін, етапи перебудов); матеріальні дані (фізико-механічні властивості, ступінь зношеності, текстури); функціональні дані (зміна використання приміщень у часі). Для кожного класу визначено методи збору, оброблення та інтеграції у BIM-середовище.

Запропоновано модифіковану шкалу рівнів деталізації для HBIM. LOD-H100 відповідає концептуальній моделі (об’ємні маси, історичні межі); LOD-H200 передбачає узагальнену геометрію з охоронними зонами; LOD-H300 забезпечує деталізовану геометрію з матеріалами; LOD-H400 охоплює конструктивні вузли та реставраційні технології; LOD-H500 призначено для моделі експлуатації та моніторингу. До кожного рівня LOD-H визначено відповідний рівень інформаційного наповнення LOI-H, що охоплює атрибутивні

(датування, історико-культурну цінність, технічний стан), нормативні (охоронні документи, режими використання) та семантичні (класифікацію приміщень, історичні функції) дані. Класифікацію узгоджено з принципами стандартів ISO 19650 та адаптовано до українських ДБН та ДСТУ.

Проведено порівняльний аналіз програмного забезпечення BIM для моделювання об'єктів архітектурної спадщини. Встановлено переваги HBIM-підходу: інтеграція лазерного сканування та фотограмметрії, сумісність з форматами IFC/WebGIS, підтримка проєктно-експлуатаційних процесів. Виявлено два ключові обмеження наявних комерційних BIM-рішень: нездатність коректно відтворювати нерегулярну геометрію історичних конструкцій і відсутність інструментів для автоматичного перетворення хмар точок на параметричні HBIM-об'єкти. Доведено, що застосування AI-алгоритмів для автоматичного присвоєння атрибутів елементам моделі та розроблення спеціалізованих профілів HBIM на базі розширень відкритого формату IFC є технічно обґрунтованим напрямом подолання цих обмежень.

У третьому розділі **«Особливості інформаційної моделі для відновлення та експлуатації об'єкта архітектурної спадщини, пошкодженного внаслідок воєнних дій»** визначено додаткові BIM-параметри для будівель, що отримали пошкодження внаслідок воєнних дій, створено шаблон BIM-процесу та сформульовано пропозиції щодо застосування моделі в процесі подальшої експлуатації.

Систему додаткових HBIM-параметрів структуровано у чотири функціональні блоки. Перший охоплює параметри пошкоджень: просторовий клас пошкодження, тип, причину та механізм руйнування, ступінь деструкції за шкалою 0–5, локалізацію і рівень достовірності фіксації. Другий блок містить параметри структурної безпеки та ризику: фактичний технічний стан, категорію загрози, потребу в тимчасовому підсиленні та обмеження доступу. Третій блок забезпечує інформаційне відображення цінності й автентичності: документований ступінь історико-архітектурної цінності, зв'язок із предметом охорони, ступінь автентичності, джерело та дата експертної оцінки, зв'язок із

подіями війни. Категорія об’єкта архітектурної спадщини, його композиційна роль і значення у структурі міста фіксуються окремими атрибутами та не поєднуються в один показник. Четвертий блок описує життєвий цикл відновлення. Рішення щодо пріоритетності й допустимих втручань приймаються за двома незалежними осями – документованим ступенем історико-архітектурної цінності та ступенем деструкції – з урахуванням автентичності, предмета охорони і технічної безпеки.

Створено шаблон HBIM-процесу побудови цифрової моделі, що складається з семи етапів:

- Етап 0 (стратегічне планування HBIM-проєкту: постановка цілей, вибір рівня LOD-H та LOI-H, визначення форматів даних);
- Етап 1 (збір і валідація вхідних даних: архівні матеріали, нормативні обмеження, виявлення відсутніх відомостей);
- Етап 2 (польове обстеження та інструментальна фіксація: лазерне сканування, фотограмметрія, ручні вимірювання);
- Етап 3 (побудова HBIM-моделі базової геометрії: опрацювання хмар точок, генерація концептуальної геометрії LOD-H100/200);
- Етап 4 (інтеграція даних про ушкодження: нанесення зон руйнування, створення Damage-елементів, класифікація ушкоджень);
- Етап 5 (формування варіантів реставраційних рішень: моделювання сценаріїв відновлення, оцінка впливу на автентичність, вартість, строки);
- Етап 6 (підготовка даних для експлуатації та моніторингу: стандартизація атрибутів, налаштування зв’язків із сенсорами та Big Data-аналітикою).

Здійснено уточнення HBIM-шаблона для різних сценаріїв застосування. Запропоновано матрицю адаптації за трьома напрямами: ступінь деструкції (від легкого до повної втрати), доступність даних (повний пакет або лише архівні фото) та режим роботи (швидка фіксація, планова реставрація, довгостроковий моніторинг). Для кожної комбінації визначено обов’язкові та варіативні етапи шаблону. Уточнено відповідність рівнів LOD-H/LOI-H різним сценаріям: для термінової фіксації передбачено LOD-H100/200 з мінімальним LOI-H; для

реставраційного проєктування LOD-H300/400 з розширеним LOI-H; для експлуатації та моніторингу LOD-H500 з LOI-H, орієнтованим на сенсори та історію втручань.

Показано можливість налаштування шаблону для різних типів об’єктів архітектурної спадщини: окремої будівлі або споруди (церква, садиба, громадська споруда), ансамблю або кварталу, міського фрагмента (city-scale HBIM/CityGML).

Запропоновано модель різнорівневої деталізації: об’ємна модель середовища на LOD-H100 з деталізованими моделями окремих будівель на LOD-H300, або навпаки, залежно від характеру об’єкта.

Розроблено методику формування цифрового паспорта об’єкта архітектурної спадщини на основі HBIM, яка передбачає: ідентифікацію об’єкта; збирання та верифікацію джерел; формування просторового ядра HBIM-моделі; параметризацію історичних, технічних, реставраційних і моніторингових даних; валідацію; керування версіями та архівування. Передбачено формування на основі верифікованих даних цифрового паспорта структурованого набору відомостей для підготовки або актуалізації «Облікової картки об’єкта культурної спадщини». Цифровий паспорт слугує інформаційною основою для накопичення та актуалізації даних про об’єкт і не замінює затвердженої в установленому порядку облікової та науково-проєктної документації.

Визначено функції моделі у сфері моніторингу технічного стану та виявлення ризиків (інтеграція сенсорів, Big Data-аналітика), управління реставраційними роботами (пріоритизація, координація фахівців), попередження надзвичайних ситуацій і реагування на них

***Ключові слова:*** будівельна інформаційна модель, BIM, Heritage BIM, HBIM, архітектурна спадщина, воєнні пошкодження, рівні деталізації LOD-H, цифровий паспорт.

## ABSTRACT

Bilov V.A. Building information model of a war-damaged architectural heritage object. - Qualifying scientific work in the form of a manuscript.

Research paper for obtaining the scientific degree of Doctor of Philosophy in specialty 191 - Architecture and urban planning. – Kyiv National University of Construction and Architecture, Ministry of Education and Science, Kyiv, 2026.

The ***introduction*** substantiates the relevance of the research topic, defines the goal, objectives, object, subject, methods and boundaries of the research, and also determines the scientific novelty, practical significance and application of the results of the work.

***In the first section «Theoretical and methodological foundations of research in the restoration and further operation of architecture heritage objects, damaged as a result of military actions»***, the classification of monuments - objects of architecture by species in accordance with the Law of Ukraine «On the Protection of Cultural Heritage», as well as the classification of war losses of architectural heritage, was carried out. It was substantiated that digital recording is mandatory not only for objects included in the State Register of Immovable Monuments of Ukraine, but also for newly discovered cultural heritage objects that have been damaged.

Based on the analysis of scientific reseaches, the significant contribution to the field of monument protection of Ukrainian scientists was revealed, in whose works the interconnected components of preservation (museification), restoration, renovation and digital documentation of architectural heritage were worked out. First of all, in the scientific environment of the KNUBA, the theoretical and methodological principles of urban planning systems, reconstruction and development of the architectural environment were developed by M. M. Demin and V. V. Tovbych; research, restoration and post-war reconstruction of monuments - objects of architecture were considered by O. S. Sleptsov, O. I. Kosarevsky, Y. V .Ivashko, M. I. Orlenko and V. O. Molochko; methodological principles of complex restoration and reconstruction transformations and regeneration of the historical urban environment - by N. A.

Leshchenko; digital technologies of architectural design and building information modeling - by O. V. Kashchenko, T. A. Goncharenko, O. V. Levchenko, T. O. Kashchenko and A. V. Mykhailenko; engineering photogrammetry, ground and air laser scanning, geoinformation support and interoperable geospatial data - by R. A. Dem'yanenko, R. V. Schultz, Y. O. Karpinsky and A. A. Lyashchenko; technical inspection, reconstruction and restoration of buildings and structures - O. F. Osypov, L. S. Chebanov, O. S. Molodid and O. Y. Kovalchuk.

The Kyiv monument and restoration direction is represented by the works of Y. S. Aseyev, G. N. Logvin, V. I. Tymofienko and V. V. Vechersky on the history, typology, identification and accounting of architectural heritage, as well as L. V. Pribyeha and O. A. Plamenytska on the theory, methodology of protection, conservation and restoration. Kharkiv scientists V. E. Novgorodov, G. O. Osychenko, I. V. Dreval, K. T. Cherkasova and E. I. Gubkina revealed the practice of restoration of monuments, reconstruction of historical cities, post-war revival of urban complexes and preservation of the heritage of modernism. The Odessa center is represented by V. A. Lysenko, O. B. Rallev, V. M. Meshcheryakov and O. I. Meneiliuk, whose works explore restoration materials and constructive solutions, the reproduction of lost objects, the formation of the traditional character of the historical environment and the technology of reconstruction and restoration works. The Lviv school is formed by M. V. Bevz, I. R. Mogytych, O. V. Rybchynskyi and Yu. Ya. Dubyk, who developed methods of historical and architectural and field research, the regeneration of historical city centers, the preservation of fortification heritage and the strengthening of historical structures. In Dnipro, O. V. Kharlan, I. S. Revskyi and M. V. Savytskyi work on historical and architectural research of settlements, the reconstruction of the historical environment, field surveys and constructive and technological principles of restoration; The Zaporizhzhia direction of research into industrial and modernist heritage is represented by the works of T. Bazhanova, P. Kravchuk and O. V. Kharlan. The Chernivtsi scientific center, formed on the basis of the Department of Architecture, Urbanism and Preservation of UNESCO Sites of the Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, is represented by the works of I. V. Korotun, which substantiate

the architectural and urban planning principles of forming buffer zones of UNESCO World Heritage Sites, preserving the historical environment and applying modern methods of studying monuments. The research of other regional centers is complemented by the works of P. A. Rychkov and O. V. Lesyk on the protection, restoration and adaptation of monuments in Volhynia, as well as Z. V. Lukomska on the preservation of the historical and architectural environment of Ivano-Frankivsk.

The digital component of the study is correlated with foreign works by M. Murphy, Y. McGovern and S. Pavia, which initiated the concept of HBIM, as well as F. Fassi, C. Achille, N. Bruno, H. Moyano, H. E. Nieto-Julian, B. Rivero and P. B. Lorensu, devoted to Scan-to-HBIM, parametric and semantic modeling, structural diagnostics and digital twins of heritage objects. The generalization of these scientific developments made it possible to consider the HBIM model not only as a geometric representation of a monument, but as a structured information environment that combines data on its history, cultural value, materials, technical condition, war damage, restoration interventions and further operation.

The feasibility of using historically oriented building information modeling – Heritage Building Information Modeling (HBIM) for monuments - objects of architecture is substantiated. It has been established that a monument is an architectural object that is distinguished by its compositional complexity and uniqueness, which determines the specificity of methodological approaches to its study. Existing BIM technologies are designed to specify the design parameters of objects, while work with cultural heritage objects involves the primary identification, verification and restoration of their actual characteristics.

The domestic and foreign experience of implementing HBIM projects for monuments - architectural objects is analyzed. It was established that the integration of laser scanning and photogrammetry with parametric modeling makes it possible to create high-precision digital models, however, the automation of the scanning process into the BIM model of a heritage object (Scan-to-HBIM) remains an unsolved problem. The prospects of a combination of methods were determined: 3D scanning, algorithmic

modeling (Rhino/Grasshopper), parametric modeling in the BIM environment (Archicad, Revit, Allplan) and GIS for management

***The second section, «Methodology for creating a digital model of a architecture heritage object»***, presents the general research methodology, defines the source-data structure, develops the LOD-H/LOI-H system, and compares software tools for HBIM modelling. The methodology combines theoretical-analytical, regulatory, information-parametric and validation stages and establishes criteria for data completeness, traceability, consistency and interoperability.

A list of source data for HBIM creation has been determined in accordance with the requirements of BIM standards according to the ISO 19650 series. It has been substantiated that source data for HBIM should cover five classes: geometric data (results of 3D laser scanning, photogrammetry, geodetic measurements); attribute and semantic data (materials, technical condition, historical value, functional purpose); historical and architectural data (archival drawings, descriptions of changes, stages of reconstruction); material data (physical and mechanical properties, degree of wear, textures); functional data (change in the use of premises over time). Methods of collection, processing and integration into the BIM environment have been determined for each class. A modified scale of levels of detail for HBIM has been proposed. LOD-H100 corresponds to the conceptual model (volumetric masses, historical boundaries); LOD-H200 provides a generalized geometry with protection zones; LOD-H300 provides detailed geometry with materials; LOD-H400 covers structural units and restoration technologies; LOD-H500 is intended for an operation and monitoring model. For each LOD-H level, a corresponding level of information content LOI-H is defined, which covers attributive (dating, cultural value, technical condition), regulatory (protection documents, modes of use) and semantic (classification of premises, historical functions) data. The classification is consistent with the principles of ISO 19650 standards and adapted to Ukrainian DBN and DSTU.

A comparative analysis of BIM software for modeling cultural heritage - architectural objects has been conducted. The advantages of the HBIM approach were established: integration of laser scanning and photogrammetry, compatibility with

IFC/WebGIS formats, and support for design and operation processes. Two key limitations of existing commercial BIM solutions were identified: the inability to accurately reproduce the irregular geometry of historical structures and the lack of tools for automatically converting point clouds into parametric HBIM objects. It was shown that using AI algorithms to automatically assign attributes to model elements and developing specialized HBIM profiles based on extensions to the open IFC format is a technically sound direction for overcoming these limitations.

***In the third section «Features of the information model for the restoration and operation of a architecture heritage object damaged as a result of military actions»***, additional BIM parameters were defined for buildings damaged as a result of military operations, a BIM process template was created, and proposals were formulated for the application of the model in the process of further operation.

The system of additional HBIM parameters is structured into four functional blocks. The damage block records the spatial class of damage, damage type, cause and mechanism, degree of destruction on a 0–5 scale, localization and data reliability. The structural-safety block records the actual technical condition, threat category and need for temporary reinforcement. The historical-architectural value and authenticity block stores the documented degree of historical-architectural value, relation to the legally established subject of protection, authenticity, source and date of expert assessment, and connection with war events. Heritage status, compositional role and role in the urban structure are recorded as separate attributes and are not merged into a single indicator. The recovery-life-cycle block supports planning and monitoring. Intervention and recovery priorities are determined using two independent axes – the documented degree of historical-architectural value and the degree of destruction – together with authenticity, the subject of protection and structural safety.

A template for the HBIM process of building a digital model has been created, consisting of seven stages:

Stage 0 (strategic planning of the HBIM project: setting goals, selecting the LOD-H and LOI-H levels, defining data formats);

Stage 1 (collection and validation of input data: archival materials, regulatory restrictions, identification of missing information);

Stage 2 (field survey and instrumental fixation: laser scanning, photogrammetry, manual measurements);

Stage 3 (construction of the HBIM model of the basic geometry: processing point clouds, generation of conceptual geometry LOD-H100/200);

Stage 4 (integration of damage data: drawing destruction zones, creating Damage elements, classifying damage);

Stage 5 (formation of restoration solution options: modeling restoration scenarios, assessing the impact on authenticity, cost, timing);

Stage 6 (preparation of data for operation and monitoring: standardization of attributes, setting up connections with sensors and Big Data analytics).

The NBIM template has been refined for different application scenarios. An adaptation matrix has been proposed in three directions: the degree of damage (from light to complete loss), data availability (full package or only archive photos) and operating mode (quick fixation, planned restoration, long-term monitoring). We defined mandatory and variable stages of the template for each combination. The correspondence of LOD-H/LOI-H levels to different scenarios has been clarified: for urgent fixation, LOD-H100/200 with minimal LOI-H is provided; for restoration design, LOD-H300/400 with extended LOI-H; for operation and monitoring, LOD-H500 with LOI-H focused on sensors and the history of interventions.

The possibility of setting up a template for different types of monuments is shown: a separate building or structure (church, estate, public building), an ensemble or quarter, a city fragment (city-scale HBIM/CityGML).

A model of multi-level detailing is proposed: a volumetric model of the environment at LOD-H100 with detailed models of individual buildings at LOD-H300, or vice versa, depending on the nature of the object.

A methodology for forming an HBIM-based digital passport of a architectural heritage site has been developed; this process entails site identification, data source collection and verification, the creation of the HBIM model’s spatial core, the

parameterization of historical, technical, restoration, and monitoring data, as well as validation, version control, and archiving. The digital passport–comprising a structured dataset derived from verified information–is designed to facilitate the preparation or updating of the «Cultural Heritage Site Registration Card». It serves as an information foundation for accumulating and updating data regarding the site but does not replace the officially approved registration and research-design documentation.

The functions of the model in the field of monitoring the technical condition and identifying risks (sensor integration, Big Data analytics), restoration work management (prioritization, coordination of specialists), emergency prevention and response to them.

***Keywords:*** building information model, BIM, Heritage BIM, HBIM, architectural heritage, war damage, LOD-H levels of detail, digital passport.