

Abstract. The work is devoted to the problem of Diophantine approximations – the approximation of real numbers by rational or integer numbers. The work presents the basic principles of constructing such approximations, describes the algorithm of continued fractions, Dirichlet's lemma and theorem, and the results of Liouville, Hinchin, and Tue–Ziegel–Roth. It reveals the connection between Diophantine approximations and continued fractions, the concept of degree and accuracy of approximation, and considers multidimensional generalizations. The material analyzes fundamental approaches to error estimation and the study of the properties of irrational numbers.

Keywords: Diophantine approximations, rational numbers, continued fractions, approximation accuracy.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Hardy G. H., Wright E. M. An Introduction to the Theory of Numbers. Oxford: Oxford University Press, 2008.
2. Cassels J. W. S. An Introduction to Diophantine Approximation. Cambridge: Cambridge University Press, 1957.
3. Schmidt W. M. Diophantine Approximation. Berlin: Springer-Verlag, 1980.
4. Davenport H. The Higher Arithmetic: An Introduction to the Theory of Numbers. Cambridge: Cambridge University Press, 2008.

УДК 930.25:004.9:930.85:355.48

ЦИФРОВА АРХІВАЦІЯ ЯК ІНСТРУМЕНТ ЗБЕРЕЖЕННЯ ІСТОРИЧНОЇ СПАДЩИНИ ПІД ЧАС ВІЙНИ

I. В. Стасишена, Г. П. Лукаш

Анотація. У статті проаналізовано сучасні методи цифрової архівації як ефективні засоби збереження історичних, культурних і документальних артефактів під час збройних конфліктів. Розглянуто переваги цифрових технологій для створення резервних копій, довготривалого зберігання та забезпечення доступу до матеріалів. На основі міжнародного досвіду й українських практик збереження культурної спадщини в умовах російсько-української війни визначено основні виклики, технічні рішення та організаційні стратегії. Окремо висвітлено питання захисту даних, верифікації цифрових копій і збереження нематеріальної культурної спадщини. Запропоновано рекомендації щодо розвитку національної системи цифрового архівування в умовах війни.

Ключові слова: цифрова архівація; культурна спадщина; історична спадщина; цифрові технології.

Вступ. Цифрова архівація, що набуває особливого значення в сучасних геополітичних реаліях, є інструментом збереження культурної та історичної спадщини України в умовах війни. Захист архівів, музейних колекцій і пам'яток від знищення є надзвичайно актуальним для збереження культурної ідентичності нації. Дослідження методів цифрової архівації та створення відповідної інфраструктури пов'язане з державними програмами і стратегічними завданнями розвитку країни. Гіпотеза полягає в тому, що застосування сучасних технологій не лише забезпечує збереження артефактів, а й відкриває можливості для їх вивчення, каталогізації та популяризації, сприяючи національній самосвідомості й міжнародній культурній інтеграції. Тема потребує ґрунтовного вивчення та вироблення методологічних підходів і технічних рішень для збереження спадщини в умовах ризику її втрати.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблематика цифрової архівації історичної спадщини в умовах війни привертає увагу багатьох дослідників. Теоретичні засади розглянуті у працях Н. Хрислової та І. Матяш, впровадження цифрових технологій – М. Палієнка, А. Кисельової та Г. Боряка, зарубіжний досвід – А. Майєр-Шенбергера, Г. Аппельбаума та К. Ціммермана. Технологічні аспекти оцифрування досліджували С. Кулешов і О. Гаранін, а міжнародну практику архівації в надзвичайних ситуаціях – Д. Браун, П. Ротенберг та В. Малковський [1, с. 176]. Водночас залишаються нерозв'язаними питання відсутності єдиної методології оцінки ризиків, технічних стандартів, координації інституцій та критеріїв пріоритетності, а також недосконалості правової бази. Додаткові виклики становлять технічні обмеження, підготовка кадрів і міжнародна співпраця у створенні резервних сховищ.

Мета статті – розробка методологічного підходу до цифрової архівації історичної спадщини України в умовах війни, що поєднує технологічні, організаційні, правові та психологічні аспекти в єдину систему кризового реагування. На відміну від підходів, орієнтованих на цифровізацію в мирний час, запропонована методологія відображає адаптивну модель збере-

ження культурних цінностей у воєнних умовах. Дослідження вводить до наукового обігу результати вивчення ефективності методів оцифрування в польових умовах, класифікацію об'єктів за ступенем вразливості, систему критеріїв пріоритизації та концепцію «мобільних цифрових архівних лабораторій» для роботи в зонах ризику.

Виклад змісту дослідження. Військові конфлікти несуть безпосередню загрозу не лише людським життям, але й матеріальній та нематеріальній культурній спадщині народів. Досвід України та інших країн, що зазнали збройних конфліктів, демонструє критичну важливість застосування цифрових технологій для збереження історичних артефактів, документів, пам'яток архітектури та інших об'єктів культурної спадщини. Цифрова архівація постає як один із найефективніших методів збереження історичної пам'яті в умовах, коли фізичні об'єкти перебувають під загрозою знищення [2].

Цифрова архівація передбачає створення електронних копій об'єктів культурної спадщини з використанням сучасних технологій, зокрема високоякісного сканування, 3D-моделювання, фотограмметрії та інших методів фіксації даних. На відміну від традиційних способів документування, цифрові технології забезпечують високу точність відтворення, можливість збереження великих обсягів інформації, швидкий доступ до даних та їх безпечне зберігання у розподілених системах, що суттєво знижує ризик повної втрати інформації внаслідок воєнних дій.

Під час збройних конфліктів цифрова архівація зберігає дані про об'єкти, що можуть бути знищені, забезпечує основу для їх реставрації та робить культурну спадщину доступною для дослідників і суспільства, навіть коли оригінали недосяжні [3].

Важливим аспектом цифрової архівації є розробка методологічних підходів із дотриманням міжнародних стандартів створення, зберігання та організації архівів. Це передбачає вибір форматів для довготривалого збереження, створення метаданих і використання систем резервного копіювання в різних локаціях. Досвід зон конфліктів засвідчує виклики – обмежений доступ, нестачу ресурсів і потребу швидкого реагування, що потребує гнучких стратегій, міжнародної підтримки та залучення громадянського суспільства [4].

Сучасні проєкти цифрової архівації в умовах конфліктів все частіше використовують інноваційні технології, які дозволяють оптимізувати процеси. Наприклад, використання безпілотних літальних апаратів (дронів) для створення детальних 3D-моделей архітектурних пам'яток, застосування технології доповненої реальності для віртуальної реконструкції втрачених об'єктів, використання штучного інтелекту для аналізу та каталогізації великих обсягів цифрових даних.

Важливим складником цифрової архівації є міжнародна співпраця. Воєнні конфлікти супроводжуються руйнуванням інфраструктури та переміщенням фахівців, що ускладнює організацію робіт локально. У таких умовах підтримка міжнародних організацій, зокрема ЮНЕСКО, ICOMOS, ICCROM, та установ із досвідом цифрової архівації стає критично важливою. Міжнародні проєкти не лише надають технічну й фінансову підтримку, але й сприяють вдосконаленню методологій, навчанню фахівців і інтеграції національних ініціатив у глобальний контекст збереження культурної спадщини [5].

У контексті України активно діє проєкт «Цифрова платформа збереження української культурної спадщини», реалізований за підтримки програми «Культура» Європейського Союзу. Доповнює цей перелік проєкт «Safeguarding Ukrainian Cultural Heritage Online» (SUCHO), ініційований міжнародною спільнотою цифрових гуманітаріїв у відповідь на повномасштабне вторгнення в Україну, який зосереджується на збереженні цифрових копій українських культурних матеріалів [6]. Правове підґрунтя цих ініціатив формують Гаазька конвенція про захист культурних цінностей у випадку збройного конфлікту 1954 року та її Другий протокол 1999 року, що безпосередньо стосуються захисту культурної спадщини під час військових дій [6].

На рівні Європейського Союзу діють Рекомендації Європейської комісії щодо оцифрування та онлайн-доступності культурних матеріалів та цифрового збереження 2011 року. В Україні проєкти цифрової архівації спираються на національне законодавство, зокрема Закон України «Про охорону культурної спадщини», Закон України «Про вивезення, ввезення та повернення культурних цінностей», а також на Державну програму збереження національної культурної спадщини [7].

Цифрова архівація відіграє важливу роль у протидії інформаційним викликам, що супроводжують воєнні конфлікти. Коли культурна спадщина стає об'єктом пропаганди та дезінформації, цифрові архіви формують документальну основу для відстоювання історичної правди. Вони містять верифіковану інформацію про походження, автентичність і культурну приналежність об'єктів, що дозволяє протистояти маніпуляціям історичними фактами чи привласненню спадщини.

Окремої уваги заслуговує роль цифрової архівації у збереженні нематеріальної культурної спадщини – традицій, звичаїв, усної історії, особливо вразливих під час конфліктів через переміщення населення та розрив соціальних зв'язків. Аудіо- й відеозаписи розповідей очевидців, документування традиційних практик, фіксація мовного різноманіття – важливі складові стратегії збереження культурної пам'яті. Цифрові технології дозволяють не лише зберігати, а й поширювати ці матеріали, забезпечуючи тяглість традицій навіть в умовах розпорошення спільнот [6].

Збір аудіосвідчень про знищення культурної спадщини внаслідок дій Російської Федерації став важливим напрямом документування воєнних злочинів проти культури. Робота розпочалася відразу після повномасштабного вторгнення й здійснювалася кількома інституціями та громадськими ініціативами. Український інститут національної пам'яті сформував мобільні групи, які на деокупованих територіях фіксували культурні втрати саме на місцях руйнувань [8].

Регіональні музеї та архіви адаптувалися до воєнних умов та започаткували локальні проєкти документування за участі працівників і волонтерів. «Мережа культурного опору» розробила методiku збору свідчень про культурні втрати та створила онлайн-сховища, а міжнародні структури ICOM і Blue Shield International надали методологічну підтримку й обладнання. Для забезпечення доказової цінності матеріалів створено протоколи із фіксацією метаданих, а для системного зберігання – «Цифровий архів культурних втрат». Зібрані свідчення використовуються і для збереження пам'яті, і для підготовки матеріалів до міжнародних судів [9].

Щоб визначити внутрішні сильні та слабкі сторони цифровізації культурної спадщини України і проаналізувати зовнішні можливості та загрози, зробимо SWOT-аналіз (табл. 1).

Таблиця 1

SWOT аналіз цифровізації культурної спадщини України

Сильні сторони	Слабкі сторони
– Зростання політичного та громадського усвідомлення стратегічної важливості цифровізації; – якісне технологічне обладнання; – вдосконалені технологічні та цифрові інфраструктури; – високе усвідомлення громадськістю необхідності охорони культурних цінностей; – залучення все більш молодшої та обізнаної аудиторії; – цифровий захист і посилення СН	– Низький рівень кваліфікації та цифрової культури населення; – недостатня інфраструктура підключення; – труднощі у налагодженні синергетичного партнерства між установами та місцевими громадами; – недостатні трансдисциплінарні дослідження; – неадекватне картування СН; – недостатня кількість кадрів та цифрових інструментів для моніторингу ЦЗ; – відсутність спільних інструментів управління; – відсутність усталених методологій
Можливості	Загрози
– Підвищення обізнаності населення про потенціал, який надають технологічні інновації та ІКТ; – збільшення залученості громади до прийняття рішень та знання про переваги співпраці між різними гравцями; – розробка протоколу моніторингу СН; – створення бази даних; – розробка та проєктування культурних шляхів для відкриття культури та традицій громади	– Можливе збільшення цифрового розриву серед населення з низьким рівнем цифрової грамотності; – бюрократія; – технологічна застарілість; – відсутність правил захисту даних та інтелектуальної власності

На основі SWOT-аналізу цифровізації культурної спадщини можна зробити такі висновки: зростає політичне та громадське усвідомлення важливості цифровізації, поліпшується

технологічне обслуговування та вдосконалюються цифрові інфраструктури, водночас спостерігається високе розуміння необхідності охорони культурних цінностей. Але й існують суттєві перешкоди: низький рівень цифрової культури населення, недостатня інфраструктура підключення, труднощі у партнерстві між установами та громадами, брак трансдисциплінарних досліджень та кадрів для моніторингу. Серед можливостей виділяється підвищення обізнаності про технологічні інновації, збільшення громадської участі, розробка протоколів моніторингу та баз даних культурної спадщини. Загрозами залишаються потенційне збільшення цифрового розриву, бюрократія, технологічна застарілість та недостатній захист даних і інтелектуальної власності.

Проаналізуємо за типами об'єкта пошкоджені після повномасштабного вторгнення рф в Україну об'єкти культурної спадщини (табл. 2).

Таблиця 2

Пошкоджені об'єкти культурної спадщини в Україні за 2022–2024 р. [1; 2; 8; 10;]

Тип об'єкта	Вересень 2022	Липень 2023	Липень 2024	Абсолютне відхилення (2024 / 2022)	Відносне відхилення (2024 / 2022), %
Релігійні споруди	79	117	138	+59	+74,7 %
Історичні та/або мистецькі будівлі	68	98	214	+146	+214,7 %
Музеї	13	27	31	+18	+138,5 %
Пам'ятники	17	19	32	+15	+88,2 %
Бібліотеки	9	12	15	+6	+66,7 %
Архіви	0	0	1	+1	-
Всього	186	273	431	+245	+131,7 %

За досліджуваний період загальна кількість пошкоджених об'єктів збільшилася на 245 одиниць, що відповідає зростанню на 131,7 % та демонструє значну інтенсивність руйнувань. Найбільш драматичного впливу зазнали історичні та мистецькі будівлі, кількість яких зросла з 68 у вересні 2022 року до 214 у липні 2024 року, що становить збільшення на 214,7 %. Це свідчить про високу вразливість архітектурної спадщини під час збройних конфліктів та цілеспрямований характер руйнувань [10].

Релігійні споруди також зазнали значних пошкоджень, їх кількість збільшилася на 59 об'єктів, що становить зростання на 74,7 %. Така ситуація відображає не лише матеріальні втрати, але й підтверджує втрати духовної та культурної ідентичності громад. Кількість пошкоджених музеїв зросла з 13 до 31, тобто на 138,5 %, що призводить до незворотних втрат музейних колекцій та експонатів, які часто мають унікальну історичну цінність. Пошкодження пам'ятників та бібліотек також значне зросло – на 88,2 % та 66,7 % відповідно. Особливо тривожною є поява у липні 2024 року першого пошкодженого архіву, що створює загрозу втрати незворотних документальних свідчень історичної та культурної спадщини [10].

Порівняльний аналіз темпів руйнування за різні періоди вказує на прискорення цього процесу: якщо за період з вересня 2022 по липень 2023 року було додатково пошкоджено 87 об'єктів, то з липня 2023 по липень 2024 року ця цифра сягнула 158 об'єктів. Така тенденція відображає не тільки інтенсифікацію воєнних дій, але й можливе цілеспрямоване нищення культурних об'єктів як елементу стратегії культурного знищення.

Різке зростання кількості пошкоджених історичних і мистецьких будівель вимагає термінового цифрового документування та створення резервних копій архівів і бібліотек, а також розробки стратегій їх відновлення після війни [9].

Аналіз проєктів свідчить, що вони протидіють руйнуванню культурної спадщини через цифрове документування, збереження та створення відкритих архівів. Спільними рисами є використання новітніх технологій, залучення експертів і волонтерів та орієнтація на майбутнє відновлення об'єктів. З огляду на масштаби руйнувань, такі ініціативи мають критичне значення для збереження національної пам'яті. Перспективи розвитку цифрової архівації пов'язані з інтеграцією інновацій, розробкою стандартів швидкого реагування, створенням безпечних систем зберігання та розширенням доступу для науковців і суспільства (табл. 3).

**Активні цифрові проєкти захисту культурної спадщини
в Україні станом на 2024 рік [7; 9; 10]**

Назва проєкту	Основна мета
Збережемо українську спадщину	Створення сховища спадщини. Зібрані дані будуть корисними для відновлення та реставрації пам'яток у разі їх руйнування. До процесу збору даних залучені органи місцевої влади. Для створення 3D-моделей можна використовувати дрони, камери, лазерні сканери та інші геодезичні пристрої
Резервна Україна	Волонтери за попередньою згодою влади можуть сканувати будівлі, пам'ятники та об'єкти за допомогою смартфонів, камер і дронів. Завдяки технології 3D-реконструкції, наданій Polysam, зібрані дані можна зберігати у відкритому та безпечному онлайн-архіві
Збереження української культурної спадщини онлайн – СУЧО	Ініціативи за участю волонтерів у всьому світі, які займаються захистом цифрової культурної спадщини, з наміром повернути файли та дані своїм організаціям після конфлікту
Urban Media Archive – UMA	Щоб подолати прірву між істориками, архівістами та звичайними людьми, зазначений архів збирає, зберігає та надає доступ до матеріалів, які Державний архів іноді ігнорує. Це стало можливим завдяки партнерству з численними організаціями та партнерами. Колекції оцифровані, архівовані, описані та створені у відкритих цифрових форматах і стандартах
Проєкт Старої Хати	Створений у 2020 році проєкт сприяє документуванню, класифікації, архівації та поширенню в режимі реального часу фотоматеріалів і сюжетів усної традиції, які становлять матеріальну та нематеріальну культурну спадщину
Запорізька Спадщина	За підтримки Департаменту культури і туризму Запорізької міської ради проєкт має на меті зробити першоджерела, що представляють історію Запоріжжя, доступними без будь-яких перешкод
Київ Інтерактивний	Проєкт є частиною цифрових ініціатив Центру міської історії Східної та Центральної Європи, який використовує цифрові технології для зберігання та аналізу історичних джерел та відображення результатів історичних досліджень. Цей цифровий проєкт дозволяє вивчати повсякденне життя киян початку ХХ століття на основі інтерактивної карти міста та її баз даних
Конструктивізм-Харків	Окрім популяризації та поширення архітектурної спадщини Харкова в мережі, ця ініціатива має на меті просвітити місцеву громадськість про конструктивізм. Вебсайт пропонує необмежений доступ до мультимедійних текстів та інформації
Ukrainian Heritage Hub	Проєкт захищає українську культурну спадщину за допомогою блокчейн-технологій зберігання. На відміну від попередніх ініціатив, спрямованих на оцифрування культурних цінностей на місцевому рівні, ця програма охопить масштаб всієї країни
CityFace (МІСТО І ВІЙНА)	Метою цього мультидисциплінарного проєкту був аналіз та переоцінка багатьох аспектів української міської культурної спадщини великих міст

Отже, цифрова архівація є ключовим інструментом збереження культурної спадщини у війні: вона фіксує об'єкти під загрозою, створює основу для їх відновлення та вимагає спільних зусиль держави, міжнародних організацій і суспільства з використанням сучасних технологій.

Висновки. Дослідження підтверджує критичне значення цифрової архівації для збереження культурної спадщини України в умовах війни. Статистика 2022–2024 років показує зростання пошкоджених об'єктів на 131,7 %, що становить безпрецедентний виклик для національної культурної пам'яті.

Реалізовані проєкти цифрової архівації ефективно поєднують високотехнологічні методи документування з громадською участю та міжнародною підтримкою. SWOT-аналіз виявив як позитивні можливості, так і суттєві виклики, що підкреслює необхідність комплексного підходу.

Цифрові архіви є не лише інструментом збереження інформації, але й основою для майбутньої реконструкції пошкоджених об'єктів, документування воєнних злочинів та захисту національної ідентичності. Подальші дослідження мають зосередитись на вдосконаленні методологій цифрової архівації під час активних бойових дій та інтеграції цифрових архівів у стратегії постконфліктного відновлення.

Abstract. The article analyzes modern digital archiving methods as effective tools for preserving historical, cultural, and documentary artifacts during armed conflicts. It highlights the advantages of digital technologies for creating backups, ensuring long-term storage, and providing broad access to materials. Based on international experience and Ukrainian practices during the Russian-Ukrainian war, the author outlines key challenges, technical and organizational solutions, and data protection measures. Practical recommendations are proposed for developing a national system of digital archiving amid ongoing conflict.

Keywords: digital archiving; cultural heritage; historical heritage; digital technologies.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Петрова І., Кострюліна П. Цифрові ресурси українських архівів / за ред. Н. Рябухи та ін. *Культура та інформаційне суспільство XXI століття: матеріали міжнар. наук.-теорет. конф. молодих учених*, м. Харків, 18–19 квіт. 2024. Харків: ХДАК, 2024. С. 176–177.
2. Nguyen C. D. Digital cultural heritage in the crossfire of conflict: cyber threats and cybersecurity perspectives. *Insights*. 2024. Vol. 37. URL: <https://insights.uksg.org/articles/10.1629/uksg.647>
3. Малишев О. О. Пам'яткоохоронне законодавство Теодеріха Великого та значення Остготського Ренесансу в контексті історії становлення права культурної спадщини. *Журнали Національної академії наук України*. URL: <http://jnas.nbuv.gov.ua/article/UJRN-0001262686>
4. Ортіков У. Х. Роль інформаційних технологій та іноземної мови у вивченні історико-культурної спадщини. *Scholar*. 2024. № 3. С. 667–670. URL: <https://scholar.google.com/citations?user=aBFb5HsAAAAJ&hl=en>
5. Макхью Дж. Л. Проектування сталості під примусом: нестабільність і збереження спадщини в Україні. 2023. № 12. С. 168–183. URL: <https://reunido.uniovi.es/index.php/RM/article/view/19593>
6. Жолікер К. Збереження української культурної спадщини онлайн та місія збереження цифрової культурної спадщини. *Museum and Society*. 2023. № 21(2). С. 58–64. DOI: 10.29311/mas.v21i2.4302.
7. Бадж Г. Культурна спадщина під час збройного конфлікту. Резолюція Ради Безпеки ООН 2347 (2017), її сфера застосування та наслідки. *HALSHS sciences humaines et sociales*. URL: <https://shs.hal.science/halshs-03591787>
8. Спільна оцінка адаптивних повторних втручань культурної спадщини в перспективі циклічної економіки: тематичне дослідження історичних будівель у Салерно (Італія). *J. Urban Manag.* 2024. № 13(2). С. 107–139. DOI: 10.1016/j.jum.2023.12.002.
9. Майєтті Ф. Збільшення спадщини за допомогою цифрових інструментів для сталого розвитку – концептуальна основа. *MDPI*. 2023. Vol. 15. DOI: 10.3390/su151511799.
10. Кулешов С., Бойко В. «Робота архівних установ в умовах дії особливих правових режимів»: дискусійні нотатки укладачів методичних рекомендацій. *Архіви України*. 2024. № 2(333). С. 160–174.

УДК 004.8:004.421.2

АЛГОРИТМІЧНІ СТРУКТУРИ ТА МЕТОДИ ОБРОБКИ ДАНИХ У ПОБУДОВІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ АГЕНТІВ

В. О. Шендрік, Н. А. Потапова

Анотація. У статті розглянуто алгоритмічні структури та методи обробки даних, що використовуються під час побудови інтелектуальних агентів. Представлено огляд еволюції архітектур від класичних ієрархічних систем до генеративних моделей, які реалізують адаптивне навчання та прогнозування. Показано приклад спрощеної реалізації генеративного агента на основі алгоритмів підкріплення, який здатен формувати власні рішення. Розкрито роль машинного навчання, обробки даних і генеративного моделювання у створенні автономних інтелектуальних систем.

Ключові слова: інтелектуальний агент, генеративний алгоритм, машинне навчання, оптимізація, штучний інтелект.

Вступ. Інтелектуальні агенти є центральною ланкою у розвитку систем штучного інтелекту. Вони поєднують алгоритмічні механізми ухвалення рішень з адаптивними моделями, здатними до навчання та самоорганізації. Ранні дослідження у цій сфері зосереджувалися на структурованих ієрархічних системах, де кожен рівень виконував чітко визначені завдання. Проте з розвитком нейромереж і генеративних моделей з'явилися алгоритми, що дозволяють агентам створювати нові варіанти поведінки та прогнозувати результати своїх дій.

Сучасні інтелектуальні агенти використовуються не лише у класичних програмних системах, а й у робототехніці, медичних експертних системах, кібербезпеці, логістиці та системах рекомендацій. Їх алгоритмічні структури стають усе складнішими, оскільки вони мають враховувати стохастичну природу даних і невизначеність середовища.