



ЗБЕРЕЖЕННЯ КУЛЬТУРНОЇ СПАДЩИНИ ТА ДОСТУП ДО ЦИФРОВИХ РЕСУРСІВ

CULTURAL HERITAGE PRESERVATION AND ACCESS TO DIGITAL RESOURCES

УДК 004.65:[94:008:719(477)]-049.34:004:930.25

DOI: 10.31866/2617-796X.8.2.2025.347861

Світлана Хрущ,

*кандидат наук із соціальних комунікацій, доцент
кафедри інформаційної діяльності та зв'язків з громадськістю,
Київський національний університет
культури і мистецтв,
Київ, Україна
svetlanida@knukim.edu.ua
<https://orcid.org/0000-0001-9349-7762>*

ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ БАЗАМИ ДАНИХ ДЛЯ ЗБЕРЕЖЕННЯ ЦИФРОВОГО СЛІДУ ІСТОРИЧНИХ ТА СОЦІОКУЛЬТУРНИХ ПОДІЙ

У статті досліджено роль систем управління базами даних у збереженні цифрового сліду історичних та соціокультурних подій. Розглянуто сучасні методи організації та зберігання мультимедійної інформації, стандарти метаданих, а також приклади міжнародних і українських цифрових архівів. Дослідження спрямоване на вирішення проблеми переходу від традиційних фізичних методів до складних технологічних рішень для забезпечення довгострокової стійкості культурної спадщини.

Мета дослідження – розглянути конкретні підходи та технології реалізації баз даних для збереження цифрового сліду історичних та соціокультурних подій, продемонструвати їх практичне застосування у відновленні, систематизації та збереженні культурної спадщини з використанням сучасних ІТ-рішень. Обґрунтувати архітектурно-методологічну модель, необхідну для ефективного управління великими, гетерогенними масивами цифрового сліду.

Методи дослідження. Теоретичний аналіз наукових джерел, систематизація інформації, огляд сучасних технологій баз даних, прикладний аналіз наявних цифрових архівів і культурних інформаційних систем. Порівняльний аналіз архітектурних парадигм (SQL vs. NoSQL); моделювання процесів (ETL-протоколи); методи інтелектуального аналізу даних (Data Mining) та обробки природної мови (NLP) для вилучення знань; вивчення метаданих і стандартів опису культурної інформації.

Наукова новизна. Наукова новизна полягає в обґрунтуванні необхідності та переваг поліглотної архітектури стійкості (Polyglot Persistence) як найбільш ефективної моделі для роботи з Big Data у сфері культурної спадщини. Запропоновано комплексний підхід, що поєднує реляційні СУБД (для структурованих метаданих), документні NoSQL бази (для неструктурованого контенту) та графові СУБД (для моделювання мережових взаємозв'язків). Обґрунтовано інтеграцію ETL-процесів та міжнародних стандартів (Dublin Core,

CIDOC CRM) для забезпечення інтероперабельності, а також застосування інтелектуальних технологій машинного навчання (LDA, BERT-based) для тематичного моделювання.

Висновки. Реалізація баз даних із використанням сучасних СУБД і стандартів метаданих значно підвищує надійність збереження, пошуку та взаємодії з цифровим слідом минулого, відкриваючи нові горизонти в цифрових гуманітарних науках та просвітницькій діяльності. Для ефективного архівування цифрового сліду критично необхідний перехід від монолітних RDBMS до комбінованої NoSQL-архітектури для досягнення необхідної горизонтальної масштабованості та забезпечення інтелектуального аналізу з використанням сучасних методів ML / NLP. Висновки підтверджують перспективність використання сучасних IT-технологій для довготривалого збереження історико-культурної інформації з урахуванням семантичних зв'язків і мультимедійного контенту.

Ключові слова: бази даних; культурна спадщина; цифровий слід; цифрове збереження; реляційні бази даних.

Вступ. В умовах інтенсивної цифрової трансформації збереження історичних та соціокультурних подій переходить від фізичних методів до спеціалізованих цифрових сховищ. Цей перехід критично залежить від систем управління базами даних (СУБД), які функціонують як фундаментальний інструментарій для інкорпорування, систематизації та архівації гіпермасштабних обсягів цифрового сліду. СУБД забезпечують надійну, структуровану основу для зберігання гетерогенних даних (текстових, мультимедійних), гарантуючи ефективний доступ та довготривалу стійкість культурних наративів, що запобігає втратам внаслідок фізичної деградації. Вони пропонують рівень надійності, каталогізації та індексації, з яким традиційні методи не можуть конкурувати. На відміну від фізичних записів, які вразливі до середовищних факторів, цифрові архіви після належної підтримки залишаються неушкодженими та доступними тривалий час. Однак, незважаючи на беззаперечні переваги, залежність від цифрових сховищ породжує низку методологічних та епістемологічних викликів. Занепокоєння щодо втрати контекстуальних нюансів, ризиків технологічного старіння та забезпечення рівномірного доступу ставлять під сумнів абсолютну надійність цифрового збереження. Крім того, цей підхід створює значні операційні проблеми, які вимагають вирішення питань автентичності, цілісності й походження збережених даних в умовах зростання кіберзагроз.

Цифрові бази даних значно покращують доступ і сприяють глобальному обміну історичною інформацією, руйнуючи географічні та політичні бар'єри. Вони пропонують потужні функції пошуку, що дають змогу дослідникам з усього світу швидко знаходити інформацію, сприяючи міжнародній співпраці та прискорюючи продуктивність досліджень, чим підвищують зручність використання спадщини для майбутніх поколінь.

У науковій літературі дослідження цифрової спадщини охоплюють питання оцифрування, збереження, аналізу та популяризації культурних й історичних об'єктів у цифровому форматі. Дослідження тематики використання баз даних для збереження цифрового сліду історичних та соціокультурних подій за останні десятиліття активно набуває популярності серед вітчизняних і зарубіжних науковців. В. Волинець (2021) досліджує особливості функціонування цифрових колекцій культурної спадщини та методологічні підходи до цифрових технологій у культуро-

логії. М. Кулиняк (2022) вивчає впровадження цифрових технологій для збереження та популяризації культурної спадщини, зокрема 3D-сканування і моделювання. Процеси диджиталізації культурної спадщини в Україні в контексті розвитку цифрової культури досліджував Т. Горбул (2023). У своїй статті Л. Приходько (2019) аналізує збереження цифрової культурної спадщини та розвиток цифрових архівів з акцентом на обсягах і структурі цифрових даних. Огляд цифрових проєктів з міської культурної спадщини з використанням технологій баз даних представив Є. Рачков (2020), зауваживши, що перспективи застосування технологій баз даних для збереження та дослідження міської культурної спадщини досі залишаються актуальною темою дискусій. На сучасному етапі важливо не тільки розширювати тематику та функціональні можливості баз даних, а й інтегрувати їх з іншими інформаційними технологіями, такими як геоінформаційні системи, 3D-моделювання, доповнена та віртуальна реальність, візуальний сторителінг та інше. Автори праці «Електронні документи в складі цифрової спадщини» О. Шевченко та В. Спрінсян (2022), присвяченої дослідженню нормативно-правових питань і стандартів збереження цифрової спадщини, обґрунтували інтеграцію електронних документів в інформаційний простір за допомогою сучасних технологій, що сприяють цифровізації культурних надбань, освіти й науки України, акцентуючи, що електронні документи є важливим складником цифрової документальної спадщини, з урахуванням світового законодавчого досвіду й активної участі України в забезпеченні вільного доступу до цієї спадщини. Окрім зазначених учених, важливий внесок у галузі цифрової гуманітаристики та інформаційних технологій у культурі роблять співробітники Національної бібліотеки України ім. В. І. Вернадського і провідних університетів, які займаються оцифруванням, створенням цифрових архівів і семантичним описом історико-культурної інформації (Цифрова спадщина, б.д.).

Публікації на тему культурної спадщини в Україні висвітлюють міжнародний досвід і специфіку національної практики, що допомагає як теоретично, так і практично формувати ефективні стратегії цифрового збереження. Не меншої уваги заслуговують дослідження, які присвячені стандартизації метаданих і технологіям інтеграції різних типів цифрових ресурсів. Актуальність теми зумовлена радикальною зміною природи історичного джерела. Сучасні події та культурні феномени більшою мірою фіксуються та документуються не традиційними архівними методами, а через цифровий слід (Digital Footprint), який генерують користувачі на вебплатформах, у соціальних мережах і мобільних застосунках. Цей слід – це неструктурований, ефемерний, великий за обсягом масив даних (Big Data), що містить унікальні свідчення про колективні емоції, соціальні реакції та культурну динаміку. Ці дані, що фіксуються в соціальних мережах, є первинним і критично важливим компонентом цифрового сліду (Mayer-Schönberger and Cukier, 2013).

Проблема полягає в тому, що цей критично важливий для майбутніх історичних і культурологічних досліджень матеріал є вразливим до швидкого технологічного старіння, видалення (самоархівування), а також має складні правові й етичні обмеження щодо збору та зберігання. Наявні архівні установи стикаються з методологічною та технологічною неготовністю до ефективного збору, каталогізації та забезпечення довгострокової цілісності цього нового типу джерел. Традиційні реляційні СУБД (RDBMS) не відповідають потребам у горизонтальній масштабо-

ваності та гнучкості схеми, необхідних для роботи з Digital Preservation (Giaretta, 2011). Додатковими викликами є етико-правові колізії щодо GDPR та забезпечення автентичності ефемерного контенту.

Ключовими роботами в галузі цифрової архівації, Big Data в гуманітарних науках та управління цифровою спадщиною є книга В. Маєр-Шенбергера та К. Кукієра (Mayer-Schönberger and Cukier, 2013) про природу Big Data. Автори провели дослідження епістемології Big Data, її впливу на суспільство та проблеми «права на забуття». Загалом їх наукові праці є теоретичною базою для обґрунтування великих обсягів даних.

Монографія Л. Флоріді (Floridi, 2013) «Етика інформації» є фундаментальним дослідженням у сфері інформаційної етики та приватності в цифровому середовищі. У ній детально розглянуто етичні наслідки застосування інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) для індивідуального життя та суспільних інститутів. Автор розробляє першу структуровану етичну рамкову основу (Ethical Framework) для вирішення дилем, що виникають внаслідок швидкого розвитку ІКТ, охоплюючи питання цифрового розриву й етичного впливу штучного інтелекту. Основна мета публікації полягає в систематичному поясненні сутності, проблемного поля, методологічних підходів та інструментарію інформаційної етики. Цей теоретичний базис є ключовим для обґрунтування етичних аспектів збору, обробки та довгострокового збереження даних цифрового сліду історичних і соціокультурних подій. Структура книги містить фундаментальні теоретичні питання, необхідні для розуміння етичного виміру цифрової епохи.

Стаття П. Лімана та Х. Воріана (Lyman and Varian, 2000) «Скільки інформації?» (How Much Information?) пропонує первинну оцінку загального обсягу інформації, що генерується та зберігається у світі, демонструючи її експоненційне зростання. У ній емпірично встановлено, що динаміка зростання обсягу даних випереджає прогрес у потужності комп'ютерних технологій. Це диспропорційне зростання створює фундаментальні виклики для архітектури даних, зокрема в контексті довгострокового зберігання, ефективного пошуку та обробки інформаційних масивів, що є критичним для сфери цифрової спадщини. У свою чергу деталізацію технологій довгострокового збереження цифрових об'єктів у своїй праці здійснив провідний фахівець зі стандартів довгострокового збереження Д. Гаріетта (Giaretta, 2011), що стало фундаментальним кроком для розроблення стійких АБД. Стаття В. Карнатакі (Karnataki, 2013) «NoSQL бази даних – вступ» («NoSQL Databases – A Primer») є вступним оглядом, що пояснює концептуальні відмінності NoSQL баз даних від реляційних систем. Автор акцентує на їхніх архітектурних перевагах, таких як горизонтальне масштабування та гнучкість схеми, що критично важливо для аналізу великих даних (Big Data). Зрештою, стаття допомагає інженерам даних обрати оптимальну NoSQL модель, ґрунтуючись на вимогах до доступності та консистентності даних.

Усі вищевказані вчені заклали теоретичні основи для роботи з великими даними та їхнім довгостроковим збереженням. Отже, ефективні СУБД мають підтримувати постійну доступність, дозволяючи майбутнім поколінням досліджувати та інтерпретувати історичні події без погіршення якості даних або втрати контексту. У статті досліджено ключову роль систем управління базами даних у захисті колективної культурної

пам'яті, розглянуто, як вони фіксують та впорядковують цифрові записи, складнощі, пов'язані зі збереженням автентичності та цілісності даних, а також стратегії, що забезпечують довгостроковий доступ до історичної інформації, що зрештою демонструє їхній незамінний внесок у збереження культурної спадщини в цифрову епоху.

Результати дослідження. Історія використання систем управління базами даних для збереження цифрового сліду історичних та соціокультурних подій в Україні розпочалась із загального процесу диджиталізації культурної спадщини, який інтенсивно набув розвитку після здобуття незалежності у 1991 році. Відтоді держава та наукові інституції відкрили можливість формування власної національної інфраструктури збереження культурної спадщини, а саме долучалися до створення електронних архівів, цифрових бібліотек і реєстрів об'єктів спадщини. Важливою віхою стало прийняття у 1996 році Конституції України, що закріпила правові основи національного суверенітету й охорони культурної спадщини, дала імпульс розвитку власних інфраструктур збереження інформації та створила правову базу для подальшої цифровізації. Розвиток інформаційних технологій у 2000-х роках посприяв появі перших систем управління базами даних для архівування й каталогізації історичних і соціокультурних матеріалів в державних та наукових установах, що дало змогу структурувати та захищати ці дані від втрат. У 2010-х роках відбулось активне зростання інтересу до створення інтегрованих цифрових архівів, застосування геоінформаційних та семантичних технологій у проєктах збереження культурної спадщини (Приходько, 2019).

Останнє десятиліття відзначається активним упровадженням комплексних державних цифрових платформ, які не тільки зберігають, а й обробляють, аналізують і популяризують історичну та соціокультурну спадщину (Міністерство культури України, б.д.). Наприклад, запуск масштабних державних проєктів цифрової трансформації сфери культури, таких як «єПам'ятка» (Міністерство культури та стратегічних комунікацій України, б.д.), що об'єднують дані культурної спадщини та забезпечують їх збереження і доступність через сучасні СУБД та відкриті дані. Особливої уваги заслуговує Національна бібліотека України імені В. І. Вернадського (НБУВ), яка, реагуючи на виклики цифрової трансформації, ініціювала розвиток науково-дослідного напрямку «Цифрова гуманітаристика (Digital Humanities)» (Цифрова спадщина, б.д.). Ця діяльність охоплює комплексне застосування інформаційно-комунікаційних технологій для вивчення, збереження та представлення культурної спадщини. У межах цього напрямку здійснюється оцифрування культурної та історичної спадщини з подальшим структуруванням та формуванням спеціалізованих баз даних і цифрових колекцій (Digital Collections). Одночасно створюють бази даних і знань та розробляють електронні довідники й підготовлюють електронні мультимедійні наукові видання. НБУВ також концентрується на методології аналізу даних – проводить джерелознавчий аналіз та формування корпусів текстів. Для вивчення наукових масивів застосовують методи статистичного та бібліометричного аналізу, а візуалізацію даних використовують для графічного представлення отриманих результатів досліджень (Цифрова спадщина, б.д.). Така динаміка відображає загальносвітові тенденції, адаптовані до специфіки України, що сприяє збереженню національної ідентичності й створенню платформи для подальшого наукового та освітнього використання цифрових ресурсів історії та культури. Отже, питання використання СУБД для збереження цифрового сліду історичних і соціокультурних подій є логічним продовженням загальної еволюції інформаційних технологій в Украї-

ні, поєднуючи історичну спадщину з новітніми цифровими практиками для збереження, дослідження і популяризації культурних надбань.

Системи управління базами даних (СУБД) відіграють вирішальну роль у зборі й організації цифрових записів подій за допомогою систематичного збору, структурування та підтримки даних, отриманих з різних джерел і видів діяльності. Процес починається з ідентифікації та визначення ключових подій – екземплярів або транзакцій, цифрові сліди яких мають бути зафіксовані. Кожна подія фіксується як запис даних, що містить певні атрибути, такі як позначки часу, актори та контекстуальні деталі, тим самим створюючи структуроване представлення реальних подій у базі даних (Sprague, 1995). СУБД використовує спеціалізовані дії з проектування та моделі даних, щоб забезпечити ефективне зберігання зібраної інформації, підтримку майбутнього пошуку та збереження цілісності даних (Hoffe, Rames and Tori, 2020). Ці системи додатково визначають термін дії подій через архівування важливих історій подій. Це означає, що зберігаються лише певні записи відповідно до політик організації та нормативних вимог. Організація таких цифрових записів досягається за допомогою схем, таблиць і зв'язків, які сприяють складним запитам, агрегації та аналізу, дозволяючи зацікавленим сторонам реконструювати послідовності подій, виявляти закономірності й отримувати практичну інформацію у взаємопов'язаних сферах, таких як бізнес-операції, охорона здоров'я або управління архівами (Elsaadany et al., 2017; Saffady, 2021). До того ж СУБД підтримують обмін даними, сумісність та інтеграцію з іншими системами, зміцнюючи інституційну пам'ять і дотримання стандартів ведення обліку (Smallwood, 2013). Щоб повною мірою реалізувати ці переваги, потрібна постійна увага до проектування баз даних, до управління даними та до регулярних аудитів, що гарантує надійність системи, безпечність і здатність реагувати на мінливі організаційні та регуляторні потреби.

Забезпечення автентичності та цілісності збережених культурних даних стикається з багатогранним набором проблем, особливо в умовах постійної цифровізації та взаємопов'язаності сховищ. Несанкціоновані зміни можуть підірвати довіру до архівних систем, загрожуючи науковим дослідженням та інтересам громадськості. Цей ризик посилюється порушеннями кібербезпеки, які сприяють маніпуляціям або несанкціонованій модифікації цифрових записів, підриваючи їхню надійність та походження. Вразливість цифрових архівів посилюється в періоди конфліктів, коли сховища стають потенційними цілями для військових дій та інформаційної війни, що призводить до втрати або спотворення незамінних культурних матеріалів. Крім того, цифрова нерівність та інфраструктурні недоліки в постраждалих регіонах перешкоджають можливості захищати й точно зберігати дані (Nguyen, 2024). Ці виклики вимагають дієвих, багатогранних втручань, які охоплюють збільшення інвестицій у кібербезпеку, покращення навчання персоналу та інтеграцію як цифрових, так і матеріальних стратегій збереження, щоб забезпечити постійну автентичність та цілісність культурних даних.

Цифровий слід класифікується як цифровий об'єкт спадщини (Digital Cultural Heritage), що вимагає застосування принципів OAIS Reference Model. Архівацію цифрового сліду розглядають як реалізацію моделі OAIS (Open Archival Information System), де дані цифрового сліду набувають статусу Information Package (SIP, AIP,

DIP). Це є необхідною умовою для забезпечення презерваційної метаінформації та довгострокової стійкості (Giarretta, 2011).

У межах цього дослідження проведено комплексний аналіз реалізації баз даних у проєктах цифрової спадщини. Систематизацію прикладів використання СУБД для збереження цифрового сліду історичних та соціокультурних подій в Україні та світі подано в таблиці 1.

Таблиця 1

Країна / регіон	Сфера / тип події	Основна роль БД та архітектура	Ключові особливості й технології / стандарти
Центральний державний аудіовізуальний та електронний архів (ЦДАЕА) https://tsdaea.archives.gov.ua/diyalnist/			
Україна	Централізоване архівування, зберігання фондів.	Реляційні СУБД (PostgreSQL, MS SQL Server), спеціалізовані сховища.	Зберігання метаданих у структурованому вигляді, опис у форматі Dublin Core, підтримка PREMIS. Багаторівневе резервування, захист даних, унікальні ідентифікатори, індексація для пошуку.
Europeana https://pro.europeana.eu/project/3d-content-in-europeana			
Європа	Агрегація культурних фондів	Семантична БД на основі RDF (Resource Description Framework)	Об'єднання даних з використанням RDF і тріплетних сховищ для семантичного пошуку; застосування геоінформаційних систем (GIS); депозитарій мовних ресурсів із багатомовним доступом; менеджмент протоколу OAI-PMH; реєстри метаданих і послуг; анотування мультимедіа ресурсів; мобільні інтерфейси; інструменти ліцензування; платформи для аудіо-агрегації; аналіз лог-файлів; реєстр експертів і методів тестування.
Digital Public Library of America (DPLA) https://dp.la/			
США	Об'єднання цифрових колекцій для публічного користування	NoSQL БД (MongoDB) для контенту. Реляційні БД для метаданих.	Гнучке зберігання різномірних даних (тексти, зображення, аудіо, відео). Підтримка API для інтеграції.
Проект Venice Time Machine https://www.timemachine.eu/			
Італія	Реставрація міського простору, історична пам'ять.	Комбінація реляційних СУБД та геоінформаційних систем GIS (ArcGIS), 3D-моделювання.	Інтеграція manuscripta, карт та юридичних документів. 3D-моделювання та візуалізація. Застосування доповненої / віртуальної реальності (AR/VR), що призводить до моделювання гіпотетичних просторово-

Продовження табл. 1

			часових 4D-реконструкцій. Використання розподілених обчислювальних платформ для обробки великих даних. Семантичний аналіз (Рачков, 2020).
London Lives (1690–1800) https://www.londonlives.org/about/project			
Велика Британія	Соціальна історія XVIII століття	Структурована база даних. JSON (за допомогою Python), Elasticsearch.	Потужний пошуковий інтерфейс. Поєднання архівних документів, судових записів та перепису населення для наукової реконструкції. Оцифрування зображень, перекодування тексту, розмітка тексту, позначення тегами.
Smithsonian Institution Archives https://siarchives.si.edu/what-we-do			
США	Мікродані, експонати, цифрові колекції, комплексний аналіз.	Гібридний підхід (реляційні, NoSQL, графові БД, OAIS).	NoSQL (MongoDB, Cassandra). Збереження аналогових колекцій, оцифрування колекцій Born-Digital, управління цифровими активами та життєвим циклом, довідкова модель відкритих архівних інформаційних систем, довідкова модель OAIS.
The British Library Digital Collections https://www.bl.uk/collection			
Велика Британія	Цифрова бібліотека, рукописи, стародруки.	Гнучка система БД, об'єктні сховища.	Каталогізація стародруків, рукописів і мультимедіа. Зберігання великих за обсягом цифрових об'єктів у об'єктних сховищах для мультимедійних файлів, пов'язаних через унікальні ідентифікатори.
UNESCO Memory of the World https://www.unesco.org/en/memory-world			
Глобальний	Світові культурні артефакти	Гібридні СУБД. Семантичні технології.	Підтримка метаданих, семантичні зв'язки, довготривале зберігання. Централізоване збереження світових культурних артефактів з дотриманням міжнародних стандартів (PREMIS, METS).
National Archives UK Digital Repository https://www.nationalarchives.gov.uk/about/			
Велика Британія	Цифрові фонди. Управління	Комбінація СУБД (Oracle, PostgreSQL) та	Політики версіонування та контролю доступу. Використання стандартів PREMIS та METS для опису і

Продовження табл. 1

	контентом, політики доступу.	CMS. RESTful API, GraphQL.	і забезпечення довготривалого збереження цифрових фондів. Веб-сервіси та API для інтеграції даних. Забезпечення інтеграції з іншими платформами, відкритий доступ до даних, управління правами.
Australian National Data Service (ANDS) https://ardc.edu.au/			
Австра- лія	Наукові та культурні банки даних. Сервіси пошуку даних та ідентифікації. Дослідницькі дані та словники.	Гнучкі сховища на базі NoSQL (Cassandra, MongoDB).	Використання відкритих метаданих із застосуванням стандартів OAI-PMH для агрегування. Онлайн-сервіси пошуку даних та ідентифікації, розробки та пошуку словника. Сервіси постійних ідентифікаторів (PIDS), Research Data Australia та Research Vocabularies Australia. Австралійська національна стратегія та дорожня карта щодо постійних ідентифікаторів (PID) та Research Link Australia.
Digital Himalaya Project https://www.digitalhimalaya.com/			
Міжна- родний	Культурно-етнографічні дані. Мультимедійна антропологічна інформація.	Хмарні бази даних (Amazon S3, Azure Blob Storage). Реляційні СУБД (MySQL).	Зберігання мультимедійних даних. Реалізовані вебінтерфейси для тематичного та просторового пошуку. Розробка стратегій цифрового збору, зберігання та розповсюдження мультимедійної антропологічної інформації з Гімалайського регіону.
Наукова бібліотека ОНУ імені І. І. Мечникова http://www.lib.onu.edu.ua/			
Україна	Збереження історичних матеріалів (стародруків, рідкісних видань і рукописів).	Реляційна СУБД	Гнучка схема для опису об'єктів спадщини. Є об'єктом національного надбання (НН) України.
Harvard Library Digital Archives https://library.harvard.edu/services-tools/curiosity-digital-collections-gallery			
США	Великий обсяг цифрових колекцій	Семантичні бази даних (RDF / OWL)	Автоматизоване індексування. Використання семантичних БД для опису складних взаємозв'язків. Цифрові колекції CURIOSity – це спеціалізовані вебсайти зі спеціально розробленими функціями пошуку та перегляду.

Продовження табл. 1

Цифровий архів Львівської бібліотеки ім. В. Стефаника https://www.lsl.lviv.ua/index.php/uk/resursi-i-fondi/tsyfrovi-kolektsiyi/			
Україна	Локальна культурна спадщина	Реляційна БД з інтеграцією з GIS	Географічна прив'язка об'єктів забезпечується інтеграцією з просторовими базами даних (PostGIS, ArcGIS).
Historypin https://about.historypin.org/about/			
Міжнародний	Локальна історія, сторителінг користувачів.	Хмарні бази даних	Дає змогу користувачам завантажувати фото, відео та свідчення з тегуванням і часовими позначками. Інтерфейс прикладного програмування API. Вебсайт, застосунки для смартфонів, сервіси обробки даних, такі як Historypin API, навчальні матеріали, що надають школам, некомерційним вебсайтам і партнерам, а також сторінки й інструменти соціальних мереж.
Australian War Memorial Digital Archive https://www.awm.gov.au/about/organisation			
Австралія	Військові дії, документування.	Масштабовані СУБД	Застосовують системи резервного копіювання, реплікації і шифрування для контролю цілісності.
The Library of Congress Digital Collections https://www.loc.gov/research-centers/main/collections/digital-collections/			
США	Каталогізація мультимедіа та історичних документів	Комплексні бази даних + пошукові системи	Використання Elasticsearch / Solr для складних функцій пошуку, фільтрації і візуалізації.
Український інститут національної пам'яті (УІНП) https://uinp.gov.ua/pro-instytut/pravovi-zasady-diyalnosti			
Україна	Документування історичних подій. Візуальна культурна спадщина.	Сучасні СУБД та інструменти аналітики. Реляційні СУБД (MySQL, PostgreSQL).	Веде цифрові бази даних з використанням сучасних СУБД. Підтримка віртуальної реальності, зручність користувача. Централізовані сховища, інтеграція з вебінтерфейсами, геотегування для просторової прив'язки.

Джерело: авторська розробка

На основі проведених досліджень визначено потребу в розмежуванні активного цифрового сліду (самодекларований контент) та пасивного цифрового сліду (автоматично генеровані лог-файли, метадані), кожен з яких вимагає специфічних протоколів збору та зберігання. Критичним етапом є забезпечення комплаєнсу з міжнародним та національним законодавством про захист персональних даних. Наприклад,

під час архівування цифрового сліду подій, пов'язаних із ВПО або військовими діями, для захисту чутливих даних необхідно впроваджувати технології псевдонімізації та анонімізації даних на рівні СУБД під час процесу ETL (процес обробки даних, що складається з трьох етапів: витягнення (Extract), перетворення (Transform) та завантаження (Load)), що відповідає вимогам GDPR (Floridi, 2013). Це потребує розробки спеціальних політик доступу, які регулюються на рівні бази даних.

Проблема масштабованості та гетерогенності даних вирішується через поліглотну архітектуру стійкості. Необхідний відхід від монолітної архітектури до поліглотної стійкості (Polyglot Persistence), де різні типи даних зберігаються в найбільш адаптованій для них СУБД (Fowler and Sadalage, 2012). Така модель передбачає інтеграцію кількох спеціалізованих СУБД, кожна з яких оптимізована для конкретного типу даних, що формують цифровий слід (таблиця 2).

Таблиця 2

Компонент цифрового сліду	Рекомендована модель СУБД	Обґрунтування застосування	Де використовується
Неструктурований контент (пости, коментарі, фото, метадані)	Документні NoSQL (MongoDB)	Висока гнучкість схеми, зберігання повних JSON-структур. Швидке індексування за вмістом. Зберігання повного JSON-документа твіту чи посту, охоплюючи текст, хештеги, посилання та вкладення.	Пости про руйнування культурних об'єктів. Аналіз відгуків про виставки та культурні події на Google Maps чи в соціальних мережах.
Соціальні комунікації, зв'язки та вплив (лайки, ретвіти, цитування)	Графові СУБД (Neo4j)	Ефективне моделювання складних зв'язків і мереж, мережевий аналіз (виявлення ключових акторів, кластеризація для виявлення координованих інформаційних кампаній).	Аналіз мереж комунікації та виявлення кластерів дезінформації в дискусіях у соціальних мережах. Дає змогу ідентифікувати ключових акторів (лідерів думок), які найбільш ефективно поширювали інформацію, що є цінним історичним свідченням.
Динаміка події (логи активності, швидкість публікацій, часові мітки)	Бази даних часових рядків	Оптимізація для високо-частотного запису та часової агрегації. Архівування логів, динаміка подій. Дають змогу точно зафіксувати пік інформаційної хвилі та порівнювати швидкість поширення інформації в різних медіасегментах.	Моніторинг динаміки публікацій про знищення об'єктів культурної спадщини (моніторинг піків активності). Дає можливість дискретизувати подію та оцінити її динаміку в часі, відокремлюючи органічну активність від штучної.

Джерело: авторська розробка

Ключова перевага полягає у використанні Document Stores (MongoDB), які підтримують парадигму Schema-on-Read (схема під час читання), що критично для роботи зі схемними, динамічними та гетерогенними масивами. Водночас графові СУБД (Neo4j) є незамінними для топологічного аналізу мереж (Topological Network Analysis); дають змогу обчислювати алгоритми центральності для виявлення координованих інформаційних кампаній (Robinson et al., 2015).

Збір даних здійснюється через селективне вебархівування та легальні API. ETL-протокол передбачає нормалізацію даних у стандартизовані формати (наприклад, GeoJSON) для забезпечення просторової інтероперабельності. Для семантичної сумісності обов'язковим є накладання метаданих (About DCMI, n.d.) та онтологій (Home, n.d.). Інтелектуальний аналіз реалізується через розробку конвеєрів обробки даних (Data Processing Pipelines) із застосуванням багатoshарових моделей ML. Методологія обробки природної мови (NLP), зокрема LDA, дає змогу здійснити тематичне моделювання та зменшення розмірності даних, що забезпечує кількісний аналіз якісних даних. Для автоматизованого вилучення ключових акторів і локацій застосовуються алгоритми Named Entity Recognition (NER) та Sentiment Analysis. У сфері Digital Preservation критично необхідним є впровадження політики контейнеризації на базі Docker / Kubernetes. Це забезпечує технологічну інкапсуляцію та емуляцію оригінального програмного середовища, гарантуючи автентичність функціоналу об'єктів культурної спадщини в майбутньому. Для автентичності самого контенту пропонується фіксація криптографічного хешу в DLT / блокчейні. Доступ для дослідників забезпечується через дослідницькі портали з інтегрованими інструментами візуалізації, що дає змогу гуманітаріям працювати з Big Data без знання SQL / NoSQL.

Цифровий слід, як об'єкт культурної спадщини, набуває особливої ваги в контексті сучасних історичних подій, зокрема таких, як Євромайдан (2013–2014 рр.) та повномасштабне вторгнення РФ в Україну (2022 р.), які зберігаються в основному у цифровому форматі. Активний цифровий слід утворюється із публікацій у соціальних мережах (Twitter, Facebook, Telegram), пасивний – із журналів активності мобільних мереж та геолокаційних даних. Це підтверджує унікальність і значущість цифрового сліду як первинного джерела інформації для наукового аналізу. Водночас є суттєві етичні та правові виклики, пов'язані з архівуванням приватних даних, прикладом чого слугує кейс Cambridge Analytica (About us, n.d.). Для дотримання стандартів конфіденційності, зокрема GDPR, застосовуються політики анонімізації та псевдонімізації персональних даних, зібраних із соцмереж.

Сучасні системи баз даних утворюють поліглотну архітектуру стійкості: реляційні СУБД (наприклад, PostgreSQL) застосовують для зберігання структурованих метаданих, тоді як документні NoSQL бази даних (MongoDB) використовують для збереження неструктурованого контенту, зокрема фото та відео. Графові СУБД (Neo4j) дають змогу моделювати складні мережеві взаємозв'язки між користувачами, людьми й організаціями, що є критично важливим для аналізу соціального впливу.

Процеси збору даних охоплюють використання інструментів вебархівування (Heritrix, Archive-It) і доступ до API платформ (Twitter API v2) для отримання відкритих даних. ETL-процеси забезпечують комплексну обробку даних: збір,

трансформацію (в уніфікований JSON-формат) та завантаження до бази даних, гарантують якість і унікальність інформації. Для стандартизації опису використовують міжнародні метадані, такі як Dublin Core та CIDOC CRM, що забезпечують інтероперабельність між музеями, бібліотеками й архівами.

Сучасні інтелектуальні технології (включно з методами машинного навчання) застосовуються для тематичного моделювання (LDA, BERT-based), аналізу тональності, часових рядів і графового аналізу, що дає змогу ідентифікувати ключові теми, настрої та лідерів думок у великих масивах цифрових даних. У дослідницьких інтерфейсах наголос робиться на інтеграцію хронологічних і географічних даних з можливістю одночасного перегляду, що відкриває нові перспективи для наукової роботи з цифровим слідом.

Отже, бази даних, у яких інформація організована у вигляді структурованих таблиць, метаданих та зв'язків між об'єктами, дають змогу не лише зберігати великі обсяги різномірних даних, а й забезпечують ефективний пошук, фільтрацію і аналіз інформації. У контексті цифрового сліду історичних та соціокультурних подій це надає можливість зберігати різномірні матеріали (тексти, фотографії, аудіо, відео) зі збереженням контекстної інформації (час, місце, авторство); підтримувати інтеграцію різноманітних джерел, що формують цілісну картину подій; гарантувати цілісність та автентичність даних за допомогою контрольних механізмів і резервного копіювання; застосовувати максимально відкриті й стандартизовані формати даних (XML, JSON, RDF) для забезпечення сумісності між системами; проводити аналітику та візуалізацію цифрового сліду для наукових і просвітницьких цілей.

Висновки. Системи управління базами даних є важливим та ефективним інструментарієм для переходу історичного та культурного збереження від традиційних фізичних методів до цифрових сховищ. Вони забезпечують систематичні й структуровані рамки для збору, організації та довгострокового зберігання різноманітних типів даних (текстів, мультимедіа, сторителінгів із соцмереж), гарантуючи довготривалу стійкість культурних наративів проти фізичної втрати чи технологічного старіння.

Для ефективного управління великими, гетерогенними масивами цифрового сліду критично необхідний перехід до поліготної архітектури стійкості. Цей гібридний підхід є єдиним, який забезпечує необхідну горизонтальну масштабованість та дає змогу застосовувати спеціалізовані рішення.

Реляційні СУБД (PostgreSQL, MS SQL Server) зберігають функціональність як основне сховище для структурованих метаданих, тоді як NoSQL бази (MongoDB, Cassandra) забезпечують гнучкість для роботи з неструктурованим мультимедійним контентом.

Застосування графових СУБД (Neo4j) є фундаментально важливим для топологічного аналізу мереж у соціокультурній сфері. Вони дають змогу ефективно моделювати складні взаємозв'язки між користувачами, подіями й організаціями, що надає можливість дослідникам здійснювати аналіз соціального впливу, виявляти приховані зв'язки, ідентифікувати лідерів думок та координовані дії у великих масивах цифрового сліду.

Цілісність архівних систем залежить від суворості ETL-процесів (витягнення, трансформації, завантаження), які мають охоплювати уніфікацію даних у стандартизовані формати (наприклад, JSON). Неухильне використання міжнародних стандартів метаданих, таких як Dublin Core та CIDOC CRM, є обов'язковою умовою для забезпечення семантичної сумісності й ефективного обміну інформацією між різними культурними інституціями (архівами, бібліотеками, музеями тощо).

Сучасні цифрові архіви мають функціонувати як аналітичні платформи. Інтеграція методів машинного навчання, зокрема LDA (Latent Dirichlet Allocation) для тематичного моделювання та BERT-based технік для аналізу тональності, дає змогу здійснювати глибокий і кількісний аналіз й автоматично ідентифікувати ключові теми та настрої у великих масивах. Дослідницькі інтерфейси мають бути реалізовані через вебсервіси, що використовують пошукові системи (Elasticsearch, Solr) у поєднанні з базами даних для забезпечення складних функцій пошуку, фільтрації та візуалізації.

Ефективність обґрунтованої архітектурної моделі підтверджують численні міжнародні та національні проекти. Подальші дослідження мають бути зосереджені на розробленні уніфікованих протоколів збору даних у кризових ситуаціях та на вивченні потенціалу технологій розподіленого реєстру (DLT / Blockchain) для незмінного підтвердження автентичності цифрового сліду.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

- Волинець, В., 2021. Цифрові технології у сфері культури: теоретизація проблеми цифрових даних і культурної спадщини. *Цифрова платформа: інформаційні технології в соціокультурній сфері*, [e-journal] 4 (2), с.195-205. <https://doi.org/10.31866/2617-796X.4.2.2021.247481>
- Горбул, Т.О., 2023. Діджиталізація культурної спадщини в Україні: аналіз особливостей в контексті розвитку цифрової культури. *Культурологічний альманах*, [e-journal] 4, с.212-218. <https://doi.org/10.31392/cult.alm.2023.4.29>
- Кулиняк, М., 2022. Цифрова культурна спадщина як феномен цифрової культури. *Культурологічний альманах*, [e-journal] 3, с.218-227. <https://doi.org/10.31392/cult.alm.2022.3.28>
- Міністерство культури та стратегічних комунікацій України, б.д. *Державний реєстр нерухомих пам'яток України*. [online] Доступно: <<https://e-pamiatka.gov.ua/>> [Дата звернення 15 вересня 2025].
- Міністерство культури України, б.д. *Проекти цифрової трансформації*. [online] Доступно: <<https://mcsc.gov.ua/czyfrovyy-rozvytok/derzhavnyy-reyestr-neruhomyh-pamyatok-ukrayiny/>> [Дата звернення 15 вересня 2025].
- Приходько, Л., 2019. Збереження цифрової культурної спадщини – імператив XXI століття (за документами ЮНЕСКО і Європейського Союзу). *Архіви України*, [e-journal] 2, с.67-92. <https://doi.org/10.47315/archives2019.319.067>
- Рачков, Є.С., 2020. Технології баз даних у збереженні та дослідженні міської культурної спадщини. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія «Історія»*, [e-journal] 57, с.28-57. <https://doi.org/10.26565/2220-7929-2020-57-02>

- Цифрова спадщина, б.д. *ResearchUA*. [online] Доступно: <<https://research.nbuv.gov.ua/heritage>> [Дата звернення 15 вересня 2025].
- Шевченко, О.В. та Спрінсян, В.Г., 2022. Електронні документи в складі цифрової спадщини сучасного суспільства. *Бібліотекознавство. Документознавство. Інформологія*, [e-journal] 3, с.49-55 <https://doi.org/10.32461/2409-9805.3.2022.266968>
- About DCMI, n.d. *DublinCore*. [online] Available at: <<https://www.dublincore.org/about/>> [Accessed 12 September 2025].
- About us, n.d. *Cambridge Analytica*. [online] Available at: <<https://cambridgeanalytica.org/about/>> [Accessed 15 September 2025].
- Elsaadany, A.M, Alaeddin, F.H., Badran, M.F. and Alsuhaibani, H.S., 2017. How i do it: A practical database management system to assist clinical research teams with data collection, organization, and reporting. *The Arab Journal of Interventional Radiology*, [online] 1 (1), pp.10-14. <<https://scispace.com/pdf/how-i-do-it-a-practical-database-management-system-to-assist-2f69w90cvv.pdf>> [Accessed 15 September 2025].
- Floridi, L., 2013. *The Ethics of Information*. Oxford: Oxford University Press.
- Fowler, M. and Sadalage, P., 2012. *The future is: NoSQL Databases Polyglot Persistence*. [online] February 8. Available at: <<https://martinfowler.com/dokumento.jp/articles/nosql-intro-original.pdf>> [Accessed 15 September 2025].
- Giaretta, D., 2011. *Advanced Digital Preservation*. [e-book] Berlin: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-16809-3>
- Hoffe, J.A., Rames, V. and Topi, H., 2020. *Modern Database Management*. [online] London: Pearson. <https://api.pageplace.de/preview/DT0400.9781292263410_A39573136/preview-9781292263410_A39573136.pdf> [Accessed 15 September 2025].
- Home, n.d. *CIDOC CRM*. [online] Available at: <<https://cidoc-crm.org/>> [Accessed 15 September 2025].
- Karnataki, V., 2013. NoSQL Databases – A Primer. *Netwoven*, [online] September 8. Available at: <<https://netwoven.com/data-engineering-and-analytics/data-engineering/nosql-databases-a-primer/>> [Accessed 15 September 2025].
- Lyman, P. and Varian, H.R., 2000. Reprint: How Much Information? *Journal of Electronic Publishing*, [e-journal] 6 (2). <https://doi.org/10.3998/3336451.0006.204>
- Mayer-Schönberger, V. and Cukier, K., 2013. *Big Data: A Revolution That Will Transform How We Live, Work, and Think*. Boston: Houghton Mifflin Harcourt.
- Nguyen, C.D., 2024. Digital Cultural Heritage in the Crossfire of Conflict: Cyber Threats and Cybersecurity Perspectives. *Insights: the UKSG journal*, [e-journal] 37 (1), pp.1-7. DOI: 10.1629/uksg.647
- Robinson, L., Cotten, S.R., Ono, H., Quan-Haase, A., Mesch, G., Chen, W., Schulz, J., Hale, T.M. and Stern, M.J., 2015. Digital inequalities and why they matter. *Information, Communication & Society*, [e-journal] 18 (5), pp.569-582. <https://doi.org/10.1080/1369118X.2015.1012532>
- Saffady, W., 2021. *Records and Information Management: Fundamentals of Professional Practice*. [online] Lanham: Rowman & Littlefield. Available at: <<https://surl.li/nzafbh>> [Accessed 15 September 2025].
- Smallwood, R.F., 2013. *Managing Electronic Records: Methods, Best Practices, and Technologies*. Hoboken: Wiley. Available at: <<https://surl.li/embdte>> [Accessed 15 September 2025].
- Sprague, R.H., 1995. Electronic Document Management: Challenges and Opportunities for Information Systems Managers. *MIS Quarterly*, [e-journal] 19 (1), pp.29-49. <https://doi.org/10.2307/249710>

REFERENCES

- About DCMI, n.d. *DublinCore*. [online] Available at: <<https://www.dublincore.org/about/>> [Accessed 12 September 2025].
- About us, n.d. *Cambridge Analytica*. [online] Available at: <<https://cambridgeanalytica.org/about/>> [Accessed 15 September 2025].
- Elsaadany, A.M, Alaeddin, F.H., Badran, M.F. and Alsuhaibani, H.S., 2017. How i do it: A practical database management system to assist clinical research teams with data collection, organization, and reporting. *The Arab Journal of Interventional Radiology*, [online] 1 (1), pp.10-14. <<https://scispace.com/pdf/how-i-do-it-a-practical-database-management-system-to-assist-2f69w90cqv.pdf>> [Accessed 15 September 2025].
- Floridi, L., 2013. *The Ethics of Information*. Oxford: Oxford University Press.
- Fowler, M. and Sadalage, P., 2012. *The future is: NoSQL Databases, Polyglot Persistence*. [online] February 8. Available at: <<https://martinfowler.com/articles/nosql-intro-original.pdf>> [Accessed 15 September 2025].
- Giaretta, D., 2011. *Advanced Digital Preservation*. [e-book] Berlin: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-16809-3>
- Hoffe, J.A., Rames, V. and Topi, H., 2020. *Modern Database Management*. [online] London: Pearson. <https://api.pageplace.de/preview/DT0400.9781292263410_A39573136/preview-9781292263410_A39573136.pdf> [Accessed 15 September 2025].
- Home, n.d. *CIDOC CRM*. [online] Available at: <<https://cidoc-crm.org/>> [Accessed 15 September 2025].
- Horbul, T.O., 2023. Didzhytalizatsiia kulturnoi spadshchyny v Ukraini: analiz osoblyvostei v konteksti rozvytku tsyfrovoy kultury [Digitization of cultural heritage in Ukraine: analysis of features in the context of digital culture development]. *Culturological almanack*, [e-journal] 4, pp.212-218. <https://doi.org/10.31392/cult.alm.2023.4.29>
- Karnataki, V., 2013. NoSQL Databases – A Primer. *Netwoven*, [online] September 8. Available at: <<https://netwoven.com/data-engineering-and-analytics/data-engineering/nosql-databases-a-primer/>> [Accessed 15 September 2025].
- Kulyniak, M., 2022. Tsyfrova kulturna spadshchyna yak fenomen tsyfrovoy kultury [Digital cultural heritage as a phenomenon of digital culture]. *Culturological almanack*, [e-journal] 3, pp.218-227. <https://doi.org/10.31392/cult.alm.2022.3.28>
- Lyman, P. and Varian, H.R., 2000. Reprint: How Much Information? *Journal of Electronic Publishing*, [e-journal] 6 (2). <https://doi.org/10.3998/3336451.0006.204>
- Mayer-Schönberger, V. and Cukier, K., 2013. *Big Data: A Revolution That Will Transform How We Live, Work, and Think*. Boston: Houghton Mifflin Harcourt.
- Ministry of Culture and Strategic Communications of Ukraine, n.d. *Derzhavnyi reiestr nerukhomykh pam'iatok Ukrainy* [State Register of Immovable Monuments of Ukraine]. [online] Available at: <<https://e-pamiatka.gov.ua/>> [Accessed 15 September 2025].
- Ministry of Culture of Ukraine, n.d. *Proekty tsyfrovoy transformatsii* [Digital Transformation Projects]. [online] Available at: <<https://mcs.gov.ua/cyfrovyyj-rozvytok/derzhavnyj-reyestr-neruhomykh-pamyatok-ukrayiny/>> [Accessed 15 September 2025].
- Nguyen, C.D., 2024. Digital Cultural Heritage in the Crossfire of Conflict: Cyber Threats and Cybersecurity Perspectives. *Insights: the UKSG journal*, [e-journal] 37 (1), pp.1-7. DOI: 10.1629/uksg.647

- Prykhodko, L., 2019. Zberezhennia tsyfrovoi kulturnoi spadshchyny – imperatyv XXI stolittia (za dokumentamy YuNESKO i Yevropeiskoho Soiuzu) [The Preservation of Digital Cultural Heritage as the Imperative of the 21st century (on UNESCO and the European Union Documents)]. *Archives of Ukraine*, [e-journal] 2, pp.67-92. <https://doi.org/10.47315/archives2019.319.067>
- Rachkov, Ye.S., 2020. Tekhnolohii baz danykh u zberezhenni ta doslidzhenni miskoi kulturnoi spadshchyny [Database Technologies in the Preservation and Study of Urban Cultural Heritage]. *The Journal of V. N. Karazin Kharkiv National University. Series History*, [e-journal] 57, pp.28-57. <https://doi.org/10.26565/2220-7929-2020-57-02>
- Robinson, L., Cotten, S.R., Ono, H., Quan-Haase, A., Mesch, G., Chen, W., Schulz, J., Hale, T.M. and Stern, M.J., 2015. Digital inequalities and why they matter. *Information, Communication & Society*, [e-journal] 18 (5), pp.569-582. <https://doi.org/10.1080/1369118X.2015.1012532>
- Saffady, W., 2021. *Records and Information Management: Fundamentals of Professional Practice*. [online] Lanham: Rowman & Littlefield. Available at: <<https://surl.li/nzafbh>> [Accessed 15 September 2025].
- Shevchenko, O.V. and Sprinsian, V.H., 2022. Elektronni dokumenty v skladi tsyfrovoi spadshchyny suchasnoho suspilstva [Electronic documents are part of the digital heritage of modern society]. *Library Science. Record Studies. Informology*, [e-journal] 3, pp.49-55 <https://doi.org/10.32461/2409-9805.3.2022.266968>
- Smallwood, R.F., 2013. *Managing Electronic Records: Methods, Best Practices, and Technologies*. Hoboken: Wiley. Available at: <<https://surl.li/embdte>> [Accessed 15 September 2025].
- Sprague, R.H., 1995. Electronic Document Management: Challenges and Opportunities for Information Systems Managers. *MIS Quarterly*, [e-journal] 19 (1), pp.29-49. <https://doi.org/10.2307/249710>
- Tsyfrova spadshchyna [Digital Heritage], n.d. *ResearchUA*. [online] Available at: <<https://research.nbuv.gov.ua/heritage>> [Accessed 15 September 2025].
- Volynets, V., 2021. Tsyfrovii tekhnolohii u sferi kultury: teoretyzatsiia problemy tsyfrovyykh danykh i kulturnoi spadshchyny [Digital Technologies in the Field of Culture: Theorizing the Issue of Digital Data and Cultural Heritage]. *Digital Platform: Information Technologies in Sociocultural Sphere*, [e-journal] 4 (2), pp.195-205. <https://doi.org/10.31866/2617-796X.4.2.2021.247481>

UDC 004.65:[94:008:719(477)]-049.34:004:930.25

Svitlana Khrushch,

*PhD in Social Communications, Associate Professor
at the Department of Information Activities and Public Relations,
Kyiv National University of Culture and Arts,
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-9349-7762>
e-mail: svetlanida@knukim.edu.ua*

USE OF DATABASE MANAGEMENT SYSTEMS FOR PRESERVING THE DIGITAL FOOTPRINT OF HISTORICAL AND SOCIO-CULTURAL EVENTS

The article examines the role of database management systems in preserving the digital footprint of historical and sociocultural events. It considers modern methods of organising and storing multi-format information, metadata standards, and examples of international

and Ukrainian digital archives. The study aims to address the challenge of transitioning from traditional physical methods to complex technological solutions, ensuring the long-term sustainability of cultural heritage.

The purpose of this research is to explore specific approaches and technologies for implementing databases to preserve the digital footprint of historical and sociocultural events, demonstrating their practical application in the restoration, systematisation, and preservation of cultural heritage using modern IT solutions. To substantiate the architectural and methodological model necessary for the effective management of large, heterogeneous digital footprint arrays.

Research methodology. Theoretical analysis of scientific sources, systematisation of information, review of modern database technologies, and applied study of existing digital archives and cultural information systems. Comparative analysis of architectural paradigms (SQL vs. NoSQL); process modelling (ETL protocols); methods of intelligent data analysis (Data Mining) and natural language processing (NLP) for knowledge extraction; study of metadata and standards for describing cultural information.

Scientific novelty. The scientific novelty lies in substantiating the necessity and advantages of polyglot persistence architecture as the most effective model for working with Big Data in the field of cultural heritage. A comprehensive approach is proposed that combines relational DBMS (for structured metadata), document NoSQL databases (for unstructured content) and graph DBMS (for modelling network relationships). The integration of ETL processes and international standards (Dublin Core, CIDOC CRM) to ensure interoperability, as well as the use of intelligent machine learning technologies (LDA, BERT-based) for thematic modelling, is justified.

Conclusions. The implementation of databases using modern DBMS and metadata standards significantly increases the reliability of storage, search, and interaction with the digital footprint of the past, opening new horizons in digital humanities and educational activities. For the effective archiving of the digital footprint, it is critically essential to transition from a monolithic RDBMS to a combined NoSQL architecture to achieve the necessary horizontal scalability and ensure intelligent analysis using modern ML/NLP methods. The conclusions confirm the promise of using modern IT technologies for the long-term preservation of historical and cultural information, taking into account semantic relationships and multimedia content.

Keywords: databases; cultural heritage; digital footprint; digital preservation; relational databases.

Надійшла 22.09.2025

Прийнята 28.11.2025

Стаття була вперше опублікована онлайн 29.12.2025



This is an open access journal, and all published articles are licensed under a Creative Commons Attribution 4.0.