

УДК 81'37

DOI <https://doi.org/10.52726/as.humanities/2025.4.17>

В. М. КУДЛЯК

кандидат технічних наук, старший науковий співробітник відділу створення і використання інтелектуальних мережних інструментів,

Національний центр «Мала академія наук України», м. Київ, Україна

Електронна пошта: masterds56@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-3500-1639>

О. О. ПАРХОМЕНКО

провідний програміст відділу створення і використання інтелектуальних мережних інструментів,

Національний центр «Мала академія наук України», м. Київ, Україна

Електронна пошта: oleksiy_parkhomenko@ukr.net

<https://orcid.org/0000-0003-4386-1049>

Т. І. БЄЛАН

провідна інженерка відділу створення і використання інтелектуальних мережних інструментів,

Національний центр «Мала академія наук України», м. Київ, Україна

Електронна пошта: t.belan08@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-8138-9614>

Є. А. ШАПОВАЛОВ

кандидат економічних наук,

науковий співробітник відділу інформаційно-дидактичного моделювання,

Національний центр «Мала академія наук України», м. Київ, Україна

Електронна пошта: Evgeny.ukr@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0000-3759-3506>

В. В. ЄМЕЦЬ

науковий співробітник відділу інформаційно-дидактичного моделювання,

Національний центр «Мала академія наук України», м. Київ, Україна

Електронна пошта: evvenv@ukr.net

<https://orcid.org/0000-0002-4352-7190>

**ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ DEEP ZOOM ТА БІБЛІОТЕКИ
OPENSEADRAGON ДЛЯ ВИСОКОДЕТАЛІЗОВАНОЇ РЕПРЕЗЕНТАЦІЇ
УКРАЇНСЬКОГО ЖИВОПИСУ КІНЦЯ ХІХ – ПОЧАТКУ ХХ СТОЛІТТЯ**

Стаття присвячена комплексному аналізу застосування технологій Deep Zoom та OpenSeadragon у контексті цифрової репрезентації українського живопису кінця ХІХ – початку ХХ століття. Розглянуто історико-культурні чинники, що визначили художню еволюцію періоду, а також технічні аспекти створення ієрархічних зображень надвисокої роздільної здатності. Художники цього періоду зосереджені на двох ключових напрямках: зображенні реалій українського побуту та осмисленні національного характеру через поетизацію природи й традицій. Історико-культурний контекст впливає на експериментальність художників у фактурі: густі лессировки, пастозні мазки, комбінована техніка – усе це створює фактурну складність для простої фіксації традиційною фотографією, що підкреслює важливість високодеталізованої цифрової репрезентації.

Простежено перспективи використання цифрових масштабованих репродукцій у музейній справі, мистецтвознавчих дослідженнях та реставраційній практиці. Окрема увага приділена принципам XML-структури DZI-файлів, механізмам генерування тайлів, а також інтеграції з веб-платформами на основі бібліотеки OpenSeadragon. Технології Deep Zoom та OpenSeadragon відкривають новий рівень представлення українського живопису кін-

ця XIX – початку XX століття. Гігапиксельні зображення дозволяють аналізувати фактуру, мазки, колористику та композиційні рішення з точністю, недоступною для стандартних цифрових копій. Оцифрування культурної спадщини забезпечує збереження, дистанційний доступ, інтерактивність та підтримку наукових досліджень. Інтеграція DZI-структур із веб-інструментами формує основу для цифрових музеїв, освітніх платформ та інновацій у реставраційній практиці.

Ключові слова: український живопис, Deep Zoom, OpenSeadragon, цифрова спадщина, гігапиксельні зображення, музейні технології, цифрова гуманітаристика.

Поставлення проблеми. Оцифрування культурної спадщини є одним із ключових напрямів сучасної музейної та наукової діяльності, особливо з огляду на зростання потреби у відкритому доступі до художніх колекцій. Українська живописна традиція кінця XIX – початку XX століття характеризується винятковим багатством стилістичних технік, складними фактурними рішеннями та тонкими колористичними нюансами, що робить її особливо складною для якісного цифрового відтворення [Marengo: 1-14]. Технології Deep Zoom та OpenSeadragon дозволяють створювати масштабовані репродукції, які зберігають усі особливості авторської манери, відкриваючи нові можливості для мистецтвознавців, реставраторів та широкої аудиторії.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. За останні роки дослідження у сфері цифрової репрезентації культурної спадщини зміщуються від окремих технічних демонстрацій до комплексних робочих процесів, де Deep Zoom та OpenSeadragon виступають перевіреними інструментами для подання високодеталізованого контенту в мережі. Одночасно зростає інтерес до методик документування полотен за допомогою гігапиксельної фотографії та фотограмметрії [Alonso], що дозволяє отримувати мікродеталі живопису для консервації та досліджень. Широке розповсюдження IIIF як інфраструктури для доставлення плиток зображень значно полегшило інтеграцію Deep Zoom-вьюерів у музеї та бібліотеки, що підвищує інтероперабельність і відтворюваність проєктів. Паралельно дослідники і практики звертаються до віртуальних виставок і мультимодальних платформ як засобу масової популяризації й дистанційного доступу до мистецтва, що особливо актуально для українського контексту цифрової трансформації та збереження культурної спадщини під час кризи. У методологічному плані публікації підкреслюють необхідність стандартизації метаданих, документації

зйомки та робочих процесів (від оцифрування до розміщення в мережі) для забезпечення надійності досліджень і довготривалого зберігання цифрових архівів. Тож сучасна література формує зрілу екосистему практик – від технічних гайдів і кейс-стаді до міждисциплінарних платформ – що робить застосування Deep Zoom + OpenSeadragon обґрунтованим і перспективним підходом для високодеталізованої репрезентації українського живопису кінця XIX – початку XX ст.

Мета статті: проаналізувати можливості використання технології Deep Zoom та бібліотеки OpenSeadragon для створення високодеталізованих цифрових репрезентацій українського живопису кінця XIX – початку XX століття, а також обґрунтувати їхню ефективність у збереженні, дослідженні й популяризації культурної спадщини завдяки інтерактивній роботі з великими зображеннями.

Виклад основного матеріалу дослідження. Українське мистецтво кінця XIX – початку XX століття виникає в умовах посилення культурно-національних процесів. Під впливом суспільних змін формується нова художня інтелігенція, яка прагне самостійності у творчих підходах та орієнтується на поєднання народних традицій із сучасними на той час європейськими тенденціями. Київська рисувальна школа, Львівська школа мистецтв, Одеське художнє училище та приватні студії стають місцем підготовки митців нового покоління.

Художники цього періоду зосереджені на двох ключових напрямках: зображенні реалій українського побуту та осмисленні національного характеру через поетизацію природи й традицій. Наприклад, Микола Пимоненко створює глибоко психологічні та соціально точні жанрові сцени, Іван Труш досягає вишуканості у пленерному трактуванні світла, а Федір Кричевський формує українську версію модерну, де символізм поєднується зі складною композицією [Google Arts & Culture].

Історико-культурний контекст впливає на експериментальність художників у фактурі: густі лессировки, пастозні мазки, комбінована техніка – усе це створює фактурну складність для простої фіксації традиційною фотографією, що підкреслює важливість високодеталізованої цифрової репрезентації.

Український живопис кінця XIX – початку XX століття характеризується винятковою багатогранністю, яка відображає як соціально-культурні трансформації того часу, так і художні пошуки митців у різних стилях. Художня мова того періоду не обмежується якимось одним напрямком; натомість реалізм, романтизм, імпресіонізм і модерн співіснують, формуючи унікальний культурний синтез. Така стилістична різноманітність не лише підкреслює багатство української мистецької традиції, але й створює складну структуру, яку важливо досліджувати на рівні деталей.

Реалісти прагнули до максимальної документальної точності, передаючи повсякденне життя селян, святкові обряди, релігійні сцени, а також портрети людей у традиційному одязі. У їхніх полотнах увага до деталей, до дрібних елементів побуту та архітектури, є критично важливою для розуміння соціального контексту епохи. Романтичні тенденції у той же час акцентували на емоційному сприйнятті пейзажу та портретів, надаючи значення світлу, кольорним контрастам та внутрішньому настрою композиції.

Імпресіоністи, що з'являються в українському мистецтві на початку XX століття, концентруються на передачі ефемерних світлових явищ, мінливості атмосфери, природних кольорних переходів і відчуття руху часу. В їхніх роботах основний акцент зміщується з точності контурів на динаміку кольору, світла і тіні, що робить відтворення оригінальної картини без втрати деталей надзвичайно складним завданням.

Модерністичні пошуки в українському живописі відзначаються експериментами з формою, композицією та кольоровою гамою. Художники активно використовують декоративні мотиви, орнаментальні елементи, стилізовані контури і складні кольорові гармонії, що ускладнює завдання дослідника, який прагне повністю відтворити нюанси їхньої творчості [Міністерство культури та інформаційної політики України].

Техніка живописців стає дедалі більш складною і багатошаровою. Важливу роль у створенні образу відіграють фактура пензля, тонкі мазки, мікроскопічні деталі композиції та кольорні нюанси. Саме ці елементи утворюють значну частину художньої інформації, яку не завжди можна побачити навіть на високоякісних фотографіях або у стандартних цифрових зображеннях. Традиційні способи репродукції часто не здатні зафіксувати такі дрібниці, і втрати інформації можуть бути критичними для атрибуції, дослідження авторської техніки або виявлення реставраційних втручань.

Саме у цьому контексті технологія Deep Zoom демонструє свою надзвичайну ефективність. Вона дозволяє створювати гігапиксельні зображення, що зберігають не лише колір і форму, а й кожен деталь фактури, кожен мазок пензля, кожен нюанс поверхні. Така цифрова репрезентація дає змогу дослідникам і мистецтвознавцям виконувати аналіз на рівні окремих фрагментів полотна, спостерігати взаємодію кольорів, структуру фарбового шару та дрібні особливості техніки, недоступні при стандартному огляді. Це відкриває нові можливості для вивчення українського живопису, поєднуючи художню естетику та науковий аналіз у єдиному інформаційному просторі.

У сучасній музейній, архівній та реставраційній практиці питання достовірного цифрового відтворення мистецьких об'єктів посідає одне з ключових місць. Традиційні фотографії, навіть виконані з використанням високоякісного обладнання, залишаються суттєво обмеженими можливостями стандартних форматів і звичайних матриць. Навіть ультрависока роздільна здатність – зокрема 8K – не забезпечує достатнього рівня деталізації для фіксації мікроструктури фарбового шару, надтонких тріщин у лаковому покритті, зачисток, авторських виправлень чи інших дрібних особливостей, що мають вирішальне значення для наукових досліджень. Для мистецтвознавства, техніко-технологічного аналізу й атрибуції твору саме мікродеталі часто є визначальними, тому високодеталізовані цифрові копії перестають бути інструментом виключно візуальної презентації – вони перетворюються на повноцінний засіб дослідження.

У музеях та реставраційних лабораторіях високоточно оцифровані зображення

використовуються не лише для створення віртуальних галерей. Передусім вони виконують роль джерела первинної наукової інформації, яка дозволяє працювати з об'єктом без прямого фізичного контакту. Такий підхід мінімізує ризики механічних пошкоджень і забезпечує можливість багаторазового перегляду та аналізу деталей, що в реальних умовах можуть бути майже непомітними або взагалі недоступними [Cheban: 44–52].

Високодеталізовані цифрові репрезентації надають низку переваг, зокрема дозволяють досліджувати техніку письма на рівні окремих мазків пензля та мікроскопічних слідів інструментів, аналізувати стан збереження поверхні без необхідності демонтажу полотна чи його переміщення, проводити 3D-реконструкції рельєфу фарбового шару, фіксувати зміни, що відбуваються із твором під час реставраційних втручань або тривалого експонування. Крім того, гігапиксельні панорами формують фундамент для створення цифрових архівів, призначених для довготривалого зберігання інформації та забезпечення доступності матеріалів для дослідників у майбутньому.

Окремої уваги заслуговує значення таких цифрових копій у контексті культурної безпеки. У випадку пошкодження, часткової втрати чи повної втрати оригінального твору мистецтва надвисокодеталізоване зображення виступає унікальним документом, що зберігає максимальний обсяг інформації про авторську техніку, колористику, фактуру і структурні особливості поверхні. Подібні цифрові записи виконують функцію страхового матеріалу, який може стати основою для подальших реконструкцій або відновлювальних робіт.

У підсумку високодеталізована цифрова репрезентація стає не лише інструментом технологічного прогресу, але й необхідною умовою сучасної наукової практики. Вона інтегрує можливості точного вимірювання, моніторингу стану, дистанційного доступу та збереження культурного надбання, формуючи нову парадигму роботизованого мистецтва у цифрову епоху.

Deep Zoom – це інноваційна технологія представлення зображень надвисокої роздільної здатності, яка дозволяє ефективно працювати з гігапиксельними файлами без перевантаження оперативної пам'яті або мережевого трафіку. Основна ідея полягає у поділі великого

зображення на набір невеликих квадратних елементів – тайлів, що зберігають інформацію про окремі фрагменти. Завдяки цьому браузер або клієнтська програма підвантажують лише ті ділянки зображення, які реально потрібні користувачу у поточний момент, а не весь файл цілком [Microsoft].

Технологія реалізується за допомогою концепції піраміди роздільностей (рис. 1).

На верхньому рівні піраміди зображення існує у найменшій роздільності, що дозволяє відобразити загальний вигляд твору, а на нижчих рівнях зберігаються все детальніші копії, розбиті на квадратні тайли фіксованого розміру, зазвичай 256×256 пікселів. Кожний рівень містить усю інформацію попереднього, але з більшою деталізацією, що забезпечує плавне масштабування та високоточний огляд навіть окремих мазків або текстур поверхні.

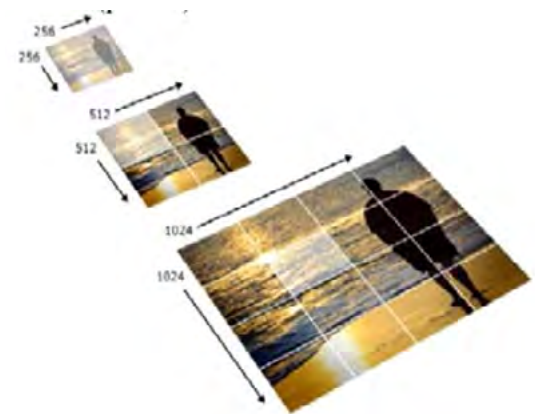


Рис. 1. Приклад структури Deep Zoom Image (DZI)

Для опису структури Deep Zoom Images (DZI) використовується XML-файл, який визначає параметри зображення та організацію тайлів.

Приклад XML-структури:

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<Image TileSize="256" Overlap="1"
Format="jpg" xmlns="http://schemas.microsoft.com/deepzoom/2008">
<Size Width="12000" Height="8500" />
</Image>
```

У цьому файлі задаються такі ключові параметри:

TileSize – розмір одного тайлу у пікселях;

Overlap – кількість пікселів перекриття між сусідніми тайлами, що запобігає появі видимих швів при масштабуванні;

Format – формат збереження тайлів, зазвичай JPEG або PNG;

Size – розміри повного зображення у пікселях.

Принцип роботи Deep Zoom включає кілька етапів. Спершу повне зображення конвертується у піраміду роздільностей, де кожен рівень представляє певну деталізацію. Потім кожен рівень ділиться на окремі квадратні тайли. Під час перегляду браузер або додаток запитує тільки ті тайли, які відповідають поточній видимій області на екрані, що значно економить ресурси та забезпечує швидке завантаження. Користувач при цьому отримує відчуття миттєвого масштабування і безшовного переходу між рівнями деталізації [7, с. 17–28].

Архітектура Deep Zoom також дозволяє ефективно працювати з великими обсягами даних. Файли розміром у сотні мегабайт можна переглядати на стандартному комп'ютері або в браузері без необхідності попередньо завантажувати весь файл. Завдяки такому підходу технологія широко використовується у віртуальних музеях, наукових архівах та цифрових бібліотеках, де збереження високої деталізації при обмежених ресурсах є критично важливим.

Таким чином, Deep Zoom поєднує високу ефективність зручного перегляду, оптимізацію ресурсів та точне збереження деталей, що робить цю технологію незамінною для дослідження, збереження та популяризації творів мистецтва, особливо тих, які потребують детального аналізу фактури, колориту та структури поверхні.

Генерація тайлів є ключовим етапом підготовки зображень для технології Deep Zoom, оскільки саме від цього процесу залежить точність відтворення деталей та ефективність подальшого перегляду. Незалежно від вибору програмного забезпечення, основна мета полягає у перетворенні великого оригінального зображення у структурований набір маленьких квадратних тайлів різних рівнів деталізації. Серед сучасних інструментів для професійної роботи з гігапксельними зображеннями особливою стабільністю та швидкістю відзначається бібліотека libvips, яка оптимізована для обробки великих обсягів даних і дозволяє економно використовувати оперативну пам'ять [8].

Типовий приклад команди для генерації Deep Zoom Image за допомогою libvips виглядає так:

```
vips dzsave painting.jpg dz_output --tile-size=256 --overlap=1
```

У цій команді параметри визначають ключові аспекти формування тайлів:

--tile-size=256 задає розмір одного тайлу у пікселях, що забезпечує оптимальне співвідношення між деталізацією і кількістю файлів;

--overlap=1 встановлює ширину перекриття між сусідніми тайлами у пікселях, що запобігає появі помітних швів при масштабуванні;

dz_output – це директорія, куди будуть збережені всі результати генерації, включаючи DZI-файл та структуроване дерево тайлів.

Процес генерації тайлів включає кілька ключових кроків. Перш за все, програма створює DZI-файл, який описує параметри зображення, включно з розмірами, форматом, розміром тайлу та кількістю рівнів масштабування. Далі автоматично генерується піраміда роздільностей, де кожен рівень представляє зменшену копію оригінального зображення з поступовим зростанням деталізації на нижчих рівнях. Кожен рівень ділиться на квадратні тайли, що зберігаються у спеціальній дерево-подібній структурі директорій, яка забезпечує легкий доступ до потрібного тайлу при перегляді.

Однією з важливих функцій libvips є оптимізація JPEG-компресії, яка дозволяє зменшити обсяг даних без помітної втрати якості. Це критично для гігапксельних зображень, обсяг яких може сягати сотень мегабайт або навіть кількох гігабайт. Завдяки оптимізації зберігається баланс між якістю відтворення дрібних деталей, таких як текстура фарбового шару або мазки пензля, і швидкістю завантаження тайлів у браузері або клієнтській програмі.

Крім того, генерація тайлів включає врахування множинних рівнів масштабування. Кожен рівень відповідає певній відстані перегляду або збільшенню, що дозволяє користувачу плавно збільшувати масштаб без необхідності завантажувати повне гігапксельне зображення одразу. Така організація даних є фундаментальною для забезпечення високої продуктивності веб-застосунків та віртуальних музеїв, де користувачі очікують миттєвого реагування на масштабування та панорування.

Таким чином, технологічний процес генерації тайлів є критично важливим для успішної інтеграції Deep Zoom у наукову, музейну або цифрову архівну практику. Він забезпечує точне відтворення оригінальної картини, ефективне використання ресурсів та можливість глибокого аналізу художніх об'єктів без фізичного контакту, зберігаючи при цьому максимальну інформацію про фактуру, кольорову палітру та авторські техніки.

Для перегляду та інтерактивної роботи з гігапксельними зображеннями, створеними за технологією Deep Zoom, критично важливо мати інструмент, який забезпечує плавне масштабування, панорування та навігацію. Одним із найбільш ефективних рішень у цьому контексті є OpenSeadragon – відкрита JavaScript-бібліотека, спеціально розроблена для роботи з високодеталізованими зображеннями у веб-браузері. Вона підтримує формати DZI, PIF, Zoomify та інші стандарти, що дозволяє інтегрувати різні джерела та архіви у єдину платформу для дослідження та презентації.

OpenSeadragon забезпечує інтерактивну візуалізацію на рівні окремих тайлів, завдяки чому користувач може збільшувати або зменшувати масштаб без необхідності завантаження всього гігапксельного файлу одразу. Це робить можливим аналіз тонких деталей полотна, таких як мазки пензля, текстура фарби, тріщини лаку чи інші мікродеталі, що мають наукове і мистецтвознавче значення. Бібліотека також підтримує функції панорування, навігатора та індикації видимої області, що суттєво підвищує зручність роботи з великими зображеннями.

Приклад ініціалізації OpenSeadragon виглядає так:

```
const viewer = OpenSeadragon({
  id: "openseadragon",
  prefixUrl: "https://cdnjs.cloudflare.com/ajax/
  libs/openseadragon/4.1.0/images/",
  tileSources: "dz_output.dzi",
  showNavigator: true,
  maxZoomPixelRatio: 5,
  visibilityRatio: 1.0,
  gestureSettingsTouch: { pinchRotate: true } });
```

У цьому прикладі параметри виконують такі функції:

id – ідентифікатор HTML-елемента, у якому буде відображатися візуалізатор;

prefixUrl – шлях до зображень елементів керування (кнопки масштабування, панорама тощо);

tileSources – посилання на DZI-файл або інший підтримуваний формат;

showNavigator – увімкнення міні-карти навігатора, що відображає поточну видиму область та дозволяє швидко орієнтуватися на великому полотні;

maxZoomPixelRatio – максимальне співвідношення між пікселями зображення і розміром екрану для деталізації;

visibilityRatio – визначає, яку частину екрану має займати активна область перегляду;

gestureSettingsTouch – параметри для сенсорних пристроїв, наприклад підтримка жесту pinch-to-zoom та обертання.

OpenSeadragon також дозволяє реалізувати додаткові функції аналітики та інтерактивного дослідження. Серед них – накладення позначок, порівняння двох зображень, інтеграція з базами метаданих, відображення шарів реставраційних змін, вимірювання відстаней або площ на полотні. Це робить бібліотеку незамінним інструментом для цифрових музеїв, наукових лабораторій та освітніх платформ, де користувачі можуть вивчати мистецтво на максимально деталізованому рівні.

Завдяки поєднанню пірамідальної структури тайлів, оптимізованої генерації DZI-файлів та функцій OpenSeadragon користувач отримує можливість безперервного масштабування і швидкої навігації навіть по гігапксельним зображенням, що займають сотні мегабайт або більше. Такий підхід не лише покращує доступність інформації, але й зберігає усі критичні деталі, необхідні для наукового аналізу, реставрації або вивчення художніх технік.

В підсумку OpenSeadragon забезпечує інтерактивний, швидкий і ресурсоефективний інструмент для візуалізації високодеталізованих цифрових копій, поєднуючи переваги сучасних веб-технологій із потребами мистецтвознавства та музейної практики.

Реалізація веб-сайту, що використовує технологію Deep Zoom, передбачає складну, але гнучку систему взаємодії між користувачем і контентом, а також можливість динамічного завантаження та обробки зображень високої роздільної здатності. Такий сайт виконує роль

цифрового архіву або віртуальної галереї, де відвідувач може переглядати гігапиксельні зображення, аналізувати їх деталі, взаємодіяти з додатковими даними та метаданими, не стикаючись із проблемами обмеженої пропускної здатності або ресурсів клієнтського пристрою [OpenSeadragon].

Архітектура подібної системи зазвичай включає кілька взаємопов'язаних компонентів. Перш за все, серверна частина відповідає за зберігання DZI-файлів та тайлів, формування структури каталогів і забезпечення швидкого доступу до окремих тайлів за запитами користувача. Сервер також може містити систему кешування, що прискорює повторні звернення до часто перегляданих частин зображення, забезпечуючи плавний досвід масштабування.

Другим компонентом є система керування контентом (CMS), що дозволяє адміністраторам і дослідникам завантажувати великі оригінали у форматах TIFF, PNG або високоякісних JPEG. Після завантаження серверний модуль автоматично обробляє ці файли, використовуючи інструменти генерації тайлів, наприклад `viprs dsave` або скрипти на кшталт `deerzoom.py`. Цей процес включає створення DZI-файлу, генерацію всіх рівнів масштабування та формування дерево-подібної структури директорій із тайлами, які одразу стають доступними для клієнтського інтерфейсу.

Клієнтська частина сайту, реалізована на основі бібліотеки OpenSeadragon, забезпечує інтерактивну роботу з гігапиксельними зображеннями. Користувач може плавно масштабувати і переходити між різними областями полотна, а також переглядати дрібні деталі, які важливі для мистецтвознавчих і наукових цілей. Інтерфейс може включати список галерей, навігаційні панелі, відображення метаданих та описів, а також налаштування режимів перегляду для оптимального досвіду на різних пристроях.

Для забезпечення зручності додавання нових робіт передбачено інтерактивну форму завантаження, яка підтримує великі обсяги даних і автоматично запускає процес генерації тайлів. Така інтеграція дозволяє створити динамічний цифровий архів мистецтва, що постійно поповнюється новими роботами, не вимагаючи ручного втручання в структуру файлів чи серверні налаштування [OpenSeadragon Community].

Розглянемо повне, чітке й науково-орієнтоване описання скриншоту та інструкцію користування сайтом, створеним на основі технології Deep Zoom з використанням OpenSeadragon (рис. 2).

На скриншоті зображено веб-сторінку, побудовану за принципом гігантського масштабованого полотна, що складається з сотень дрібних мініатюр – репродукцій творів живопису.

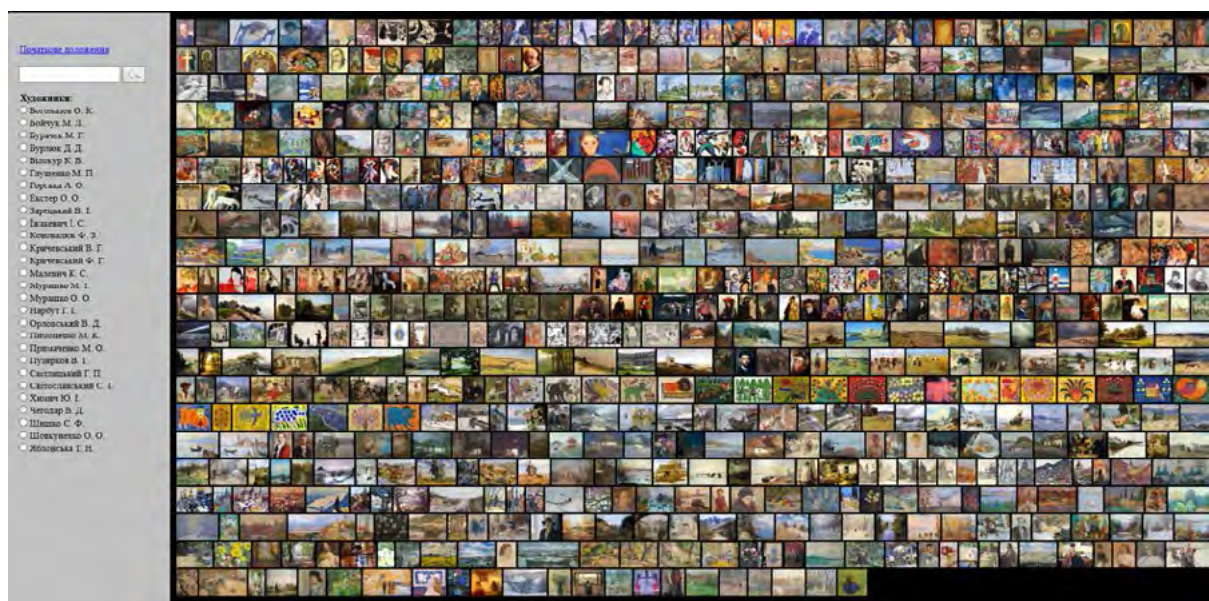


Рис. 2. Скриншот веб-сторінки сайту на основі технології Deep Zoom

Це типова реалізація Deep Zoom, де всі зображення об'єднані в одну мозаїчну панель з можливістю безперервного наближення.

Ліва панель (панель керування). Зліва розташована вертикальна сіра панель, яка виконує роль меню фільтрації та керування. На ній видно:

1. Кнопка «Початкове положення» – дозволяє швидко повернути масштаб і позицію огляду до початкового вигляду мозаїки.

2. Поле пошуку – невелике текстове поле для введення ключових слів, імен художників або назв картин.

3. Список художників.

Під пошуком розміщено дуже довгий список українських художників: Богомазов О. К., Бойчук М. Л., Бурачек М. Г., Васильківський С. І., Глушенко М. П., Світличний П. П., Примаченко М. О., Шевченко О. О. та багато інших (понад 40 позицій).

Користувач може обрати конкретного художника – після цього на мозаїчному полотні лишаються тільки роботи цього автора.

Центральна частина – Мозаїка Deep Zoom. У центральній частині екрана знаходиться величезне поле з сотнями маленьких зображень, розташованих щільною сіткою.

Мозаїка виглядає як один гігантський «колаж», але за допомогою Deep Zoom можна наблизити будь-яку мініатюру до великого формату з високою деталізацією.

Висновки. Отже, технології Deep Zoom та OpenSeadragon відкривають новий рівень представлення українського живопису кінця XIX – початку XX століття. Гігапксельні зображення дозволяють аналізувати фактуру, мазки, колористику та композиційні рішення з точністю, недоступною для стандартних цифрових копій.

Оцифрування культурної спадщини забезпечує збереження, дистанційний доступ, інтерактивність та підтримку наукових досліджень. Інтеграція DZI-структур із веб-інструментами формує основу для цифрових музеїв, освітніх платформ та інновацій у ресурсній практиці.

ЛІТЕРАТУРА

1. Marengo, M. (2022). Documenting Paintings with Gigapixel Photography. *Heritage Science*, с. 1–14.
2. Alonso, G. (2021). Gigapixel Museum: Практичні методи зйомки високодеталізованих зображень: <https://gigapixel-museum.com>.
3. Google Arts & Culture. (2024). Дослідження користувацького досвіду цифрових музейних платформ: <https://artsandculture.google.com>
4. Міністерство культури та інформаційної політики України. (2023). Цифровізація Музейного фонду України: <https://mkip.gov.ua>.
5. Cheban, O. (2020). Outstanding Representatives of Modern Movements in Ukrainian Art of the Late 19th – Early 20th Century. *Journal of Cultural Studies*, с. 45–52.
6. Microsoft. (2020). Deep Zoom: технологія багаторівневого масштабування зображень: <https://docs.microsoft.com>.
7. Remondino, F. (2011). Heritage Recording and 3D Modeling. *MDPI*, с. 17–28.
8. IIIF Consortium. (2023). IIIF. Як це працює: <https://iiif.io>.
9. OpenSeadragon. (2024). Офіційна документація: базові принципи та використання: <https://openseadragon.github.io>.
10. OpenSeadragon Community. (2023). Практичні інструменти для генерації DZI: <https://github.com/openseadragon>.

REFERENCES

1. Marengo, M. (2022). Documenting Paintings with Gigapixel Photography. *Heritage Science*, pp. 1–14.
2. Alonso, G. (2021). Gigapixel Museum: Practical Methods for Capturing High-Resolution Images: <https://gigapixel-museum.com>.
3. Google Arts & Culture. (2024). User Experience Research of Digital Museum Platforms: <https://artsandculture.google.com>.
4. Ministry of Culture and Information Policy of Ukraine. (2023). Digitization of the Museum Fund of Ukraine: <https://mkip.gov.ua>.
5. Cheban, O. (2020). Outstanding Representatives of Modern Movements in Ukrainian Art of the Late 19th – Early 20th Century. *Journal of Cultural Studies*, pp. 45–52.
6. Microsoft. (2020). Deep Zoom: Technology of Multilevel Image Scaling: <https://docs.microsoft.com>
7. Remondino, F. (2011). Heritage Recording and 3D Modeling. *MDPI*, pp. 17–28.
8. IIIF Consortium. (2023). IIIF: How It Works: <https://iiif.io>.
9. OpenSeadragon. (2024). Official Documentation: Basic Principles and Usage: <https://openseadragon.github.io>.
10. OpenSeadragon Community. (2023). Practical Tools for Generating DZI: <https://github.com/openseadragon>.

V. M. KUDLIAK

*Candidate of Engineering Sciences, Senior Researcher at the Department of Creation and Use of Intelligent Network Tools,
Scientific Research Center "Junior Academy of Sciences of Ukraine", Kyiv, Ukraine
E-mail: masterds56@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-3500-1639>*

O. O. PARKHOMENKO

*Lead Programmer at the Department of Creation and Use of Intelligent Network Tools,
Scientific Research Center "Junior Academy of Sciences of Ukraine", Kyiv, Ukraine
E-mail: oleksiy_parkhomenko@ukr.net
<https://orcid.org/0000-0003-4386-1049>*

T. I. BELAN

*Lead Engineer at the Department of Creation and Use of Intelligent Network Tools,
Scientific Research Center "Junior Academy of Sciences of Ukraine", Kyiv, Ukraine
E-mail: t.belan08@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-8138-9614>*

E. A. SHAPOVALOV

*Candidate of Economics, Research Fellow at the Department of Information and Didactic Modeling,
Scientific Research Center "Junior Academy of Sciences of Ukraine", Kyiv, Ukraine
E-mail: Evgeny.ukr@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0000-3759-3506>*

V. V. EMETS

*Research Fellow at the Department of Information and Didactic Modeling,
Scientific Research Center "Junior Academy of Sciences of Ukraine", Kyiv, Ukraine
E-mail: evvevv@ukr.net
<https://orcid.org/0000-0002-4352-7190>*

**USING DEEP ZOOM TECHNOLOGY AND OPENSEADRAGON LIBRARY
FOR HIGH-DETAIL REPRESENTATION OF UKRAINIAN PAINTING
FROM THE LATE 19TH TO EARLY 20TH CENTURY**

The article is devoted to a comprehensive analysis of the application of Deep Zoom and OpenSeadragon technologies in the context of digital representation of Ukrainian painting of the late 19th and early 20th centuries. The historical and cultural factors that determined the high artistic evolution of the period are considered, as well as the technical aspects of creating hierarchical images over resolution. Artists of this period focused on two key areas: depicting the realities of Ukrainian life and understanding the national character through the poeticization of nature and tradition. The historical and cultural context influences the artists' experimentation in texture: thick glazes, pasty strokes, combined techniques – all this creates textural complexity for simple fixation by traditional photography, which emphasizes the importance of highly detailed digital representation. The prospects for the use of digital scaled reproductions in museum work, art historical research, and restoration practice are traced. Special attention is paid to the principles of XML structures of DZI files, tile generation mechanisms, as well as integration with web platforms based on the OpenSeadragon library. Deep Zoom and OpenSeadragon technologies open a new level of representation of Ukrainian painting of the late 19th and early 20th centuries. Gigapixel images do not allow analyzing texture, strokes, color and compositional solutions with an accuracy unavailable for standard digital copies. Digitization of cultural heritage ensures preservation, remote access, interactivity and support for scientific research. Integration of the DZI structure with web tools forms the basis for digital museums, educational platforms and innovations in restoration practice.

Key words: Ukrainian painting, Deep Zoom, OpenSeadragon, digital heritage, gigapixel images, museum technologies, digital humanities.

Дата першого надходження рукопису до видання: 28.11.2025
Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 15.12.2025
Дата публікації: 31.12.2025