

УДК 7.025'174

DOI <https://doi.org/10.24919/2308-4863/66-2-12>**Антоніна МИКОЛАЙЧУК,**
orcid.org/0000-0002-3536-7262

аспірантка

Національної академії образотворчого мистецтва і архітектури
(Київ, Україна) tvorcha97akyla@gmail.com

ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ПРАКТИКИ КОНСЕРВАЦІЇ-РЕСТАВРАЦІЇ

Застосування цифрових технологій у галузі консервації та реставрації є перспективним напрямом, оскільки сприятиме зростанню рівня точності при проведенні досліджень творів мистецтва без втручання у структуру оригіналу, спростить можливість їх порівняння, сприятиме збереженню автентичності культурної спадщини. Аналіз досліджень виявив ефективні практики застосування інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) в дослідженні, превентивній консервації, віртуальній чи практичній реставрації, зокрема естетичній реінтеграції пам'ятки (цифровій реконструкції втрат як монументального, так і станкового живопису). Існує, однак, нестача у розвідках, які б аналізували та систематизували такі підходи та методики. Метою статті є визначення основних напрямків використання інформаційно-комунікаційних технологій у практиці консерваторів-реставраторів.

Міжнародний досвід успішного впровадження інформаційно-комунікаційних технологій дав поштовх у 2018 р. створенню волонтерського українського проєкту для впровадження ІКТ в галузь реставрації творів мистецтва, метою якого стало вдосконалення інформаційно-аналітичного, освітнього та практичного аспектів реставрації на основі використання сучасних ІКТ. Також у 2018 р. розпочався британсько-американсько-німецький проєкт АРТ-ІСТ, метою якого стало спільне створення нових комп'ютерних інструментів для дослідження, реставрації та збереження пам'яток культурної спадщини, зокрема, станкового живопису. Окрім розробки багатовимірних мультимодальних наборів даних про спадщину, алгоритмів їх обробки, дослідницька програма також включала тематичні дослідження картин Лондонської Національної галереї. Названі проєкти є прикладом співпраці науковців та фахівців галузей науки ІКТ та збереження культурної спадщини, що збагачує реставраційну науку новими автоматизованими, доступними, надійними, зручними інструментами.

Висновки. Проведена розвідка вказує на широкі можливості комп'ютеризованого підходу до збереження культурної спадщини, що суттєво впливає на зростання рівня точності досліджень творів мистецтва, прийнятті науково обґрунтованих рішень щодо консерваційно-реставраційних втручань тощо. Застосування сучасних ІКТ в європейській та світовій реставраційній практиці, як і спільні проєкти щодо власних розробок, є необхідністю у відповідь на сьогоденні виклики. Цифрова революція в реставраційній науці неодмінно охопить все ширше коло досліджень, процесів і практик задля збереження багатой культурної спадщини України.

Ключові слова: консервація, реставрація, інформаційно-комунікаційні технології (ІКТ), естетична реінтеграція, віртуальна реконструкція, живопис, превентивна консервація.

Antonina MYKOLAICHUK,
orcid.org/0000-0002-3536-7262

PhD student

National Academy of Fine Arts and Architecture
(Kyiv, Ukraine) tvorcha97akyla@gmail.com

INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES FOR THE PRACTICE OF CONSERVATION-RESTORATION

The application of digital technologies in the field of conservation and restoration is a promising direction, as it will contribute to the increase in the level of accuracy when conducting research on works of art without interfering with the structure of the original. It will simplify the possibility of their comparison, and contribute to the preservation of the authenticity of cultural heritage. Research analysis revealed effective practices of using information and communication technologies (ICT) in research, preventive conservation, virtual or practical restoration, reintegration of the monument, digital reconstruction of losses of both monumental and easel painting, however, there is a lack of research that would analyze and systematize such approaches. The purpose of the article is to determine the main directions of using information and communication technologies in the practice of conservators-restorers.

The international experience of the successful implementation of information and telecommunication technologies gave impetus to the creation of a volunteer Ukrainian project in 2018 for the introduction of ICT in the field of restoration of works of art, the purpose of which was to improve the informational, analytical, educational and practical aspects of restoration based on the use of modern ICT. Also in 2018, the British-American-German ART-ICT project began, the goal of which

was the joint creation of new computer tools for research, restoration and preservation of cultural heritage monuments, in particular easel painting. In addition to the development of multi-dimensional multi-modal heritage datasets and algorithms for their processing, the research program also included case studies of paintings from the National Gallery, London. The named projects are a collaboration of scientists and experts in the fields of ICT science and cultural heritage preservation, which enriches restoration science with new automated, accessible, reliable, and convenient tools.

Conclusions. The conducted research points to the wide possibilities of a computerized approach to the preservation of cultural heritage, which significantly affects the growth of the level of accuracy of studies of works of art, the adoption of scientifically based decisions regarding conservation and restoration interventions, etc. The use of modern ICT in European and global restoration practice, as well as joint projects regarding own developments, are a necessity in response to today's challenges. The digital revolution in the restoration science will certainly encompass an ever wider range of research, processes and practices for the preservation of Ukraine's rich cultural heritage.

Key words: *conservation, restoration, information and communication technologies (ICT), aesthetic reintegration, virtual reconstruction, painting, preventive conservation.*

Постановка проблеми. Традиційні підходи до процесів реставрації можна охарактеризувати високим впливом людського фактору, складністю фізико-математичного опису і значним обсягом оброблюваних даних (Цитович, 2018). Поряд з цим цінність, унікальність, сакральність творів мистецтва вимагають адекватних рішень стосовно поточного стану конкретної пам'ятки, вибору методів реставрації та порівняльної оцінки витрат на реставрацію, локалізації та аналізу втрат, пізніх записів та нашарувань, а також забезпечення можливості попередньої візуалізації очікуваного результату. Застосування цифрових технологій у галузі консервації та реставрації є перспективним напрямом сьогодення, оскільки сприятиме зростанню рівня точності при проведенні досліджень творів мистецтва, спростить можливість їх порівняння, сприятиме збереженню автентичності культурної спадщини.

Аналіз досліджень. Незаперечною істиною на сьогодні є перевага превентивної консервації пам'яток культури над консерваційно-реставраційними втручаннями, які завжди так чи інакше видозмінюють їх (Тимченко, 2014: 5-17). Офіційними міжнародними та державними документами чітко передбачено низку вимог до зберігання та експонування творів мистецтва різних груп (Тимченко, Миколайчук, 2023). У розвинених країнах постійно розробляються та вдосконалюються методи контролю, оскільки завдяки поглибленим дослідженням стає зрозумілим, що існує набагато більше чинників, які негативно впливають на стан збереження пам'яток, ніж це уявлялося раніше. Це впливає, зокрема, з досліджень науковців з Барселонського університету (Ferrer, 2020).

У сфері реставрації творів станкового живопису є спроби використання цифрових технологій для проектування відтворення втрачених частин пам'яток, що дозволяє збільшити кількість варіантів без втручання у структуру оригіналу, і згодом може замінити реставрацію на пам'ятці, що є насправді єдино вірним рішенням

за сучасними нормами реставраційної діяльності (Henriques et al., 2018; Kotoula, 2015; Muca, 2020; Meeus et al., 2020; Lizun, 2019; Muir, 2009).

Використанню комп'ютерного програмного забезпечення для технічного аналізу та цифрової реконструкції втрат як монументального, так і станкового живопису присвячені наукові публікації італійських реставраторів-дослідників (Муца, 2020), португальського реставраційного центру (Lizun, 2019); американських науковців (MacDonald-Korth, Rainer, 2014); публікації про східні реставраційні практики дослідників-реставраторів (Lizun, 2019).

Названі дослідження більшою мірою зорієнтовані на опис практичного застосування ІКТ (інформаційно-комунікаційних технологій) в кожному окремому випадку – дослідженні, превентивній консервації, віртуальній чи практичній реставрації, естетичній реінтеграції пам'ятки тощо. Попри те, що в наукових виданнях частішають дослідження, які певним чином дотичні до розгляду застосування ІКТ в галузі реставрації, існує нестача у розвідках, які б аналізували та систематизували такі підходи.

Метою статті є визначення основних напрямків використання інформаційно-комунікаційних технологій для практики консервації-реставрації.

Виклад основного матеріалу. Беручи до уваги комплексний підхід до збереження творів мистецтва, визначимо основні напрямки практики результативного застосування ІКТ в дослідженнях, документуванні, превентивній консервації, інтервенційній консервації-реставрації та експонуванні пам'ятки, на прикладі проектів у міжнародній та українській практиці консервації та реставрації творів станкового живопису.

Так, у сфері превентивної консервації, у дослідженні науковців з Барселонського університету (Ferrer, 2020) йдеться про комп'ютерне моделювання мікроклімату для отримання мінімальної безпечної відстані між дерев'яною основою твору станкового живопису та внутрішньою поверхнею

зовнішньої стіни музейної будівлі. Комп'ютерна симуляція поєднання даних (сценарії поведінки теплових потоків та зміни мікроклімату в зазначених локаціях включали різну висоту основи, ширину проміжку, висоту приміщення) дала можливість дослідникам розробити детальні рекомендації для кожного вивченого випадку, з конкретним розрахунком оптимальної відстані між дерев'яною основою і стіною за вказаних умов.

В статті «Реконструкція втраченого: технічний аналіз та цифрова реконструкція для реставраційних заходів щодо портрету» (Lizun, 2019), присвяченій реставрації портрету сера Сонг Онг Сіанга (першого китайця в Сінгапурі, який став британським лицарем), написаному у 1936 р. німецьким художником Юліусом Веншером, йдеться про те, що в результаті глибокого комп'ютерного аналізу та спеціально розробленого процесу прийняття рішень, з акцентом на видалення всіх неоригінальних шарів та процесу хроматичної реінтеграції рис обличчя, була проведена успішна реставрація названого портрету.

Дещо відмінним є підхід американських реставраторів в рамках спільного проекту між Інститутом консервації Гетті (англ. Getty Conservation Institute, GCI) та містом Лос-Анджелес щодо розробки та реалізації комплексного плану захисту, збереження, інтерпретації та представлення муралу «América тропічна», створеного Давидом Альфаро Сікейросом в 1932 році в центрі Лос-Анджелеса (MacDonald-Korth, Rainer, 2014), шляхом вивчення та збереження, проектування та побудови захисного навісу та майданчика для громадського огляду у вигляді спеціального інтерпретаційного центру, у якому глядачам надано можливість ознайомитися з «повним» виглядом фрески у реконструйованому комп'ютерному відтворенні. Була проведена консерваційна обробка, що стабілізувала фрески, надавши можливість простежити оригінальні кольори, однак реконструкція втрат на самій пам'ятці не проводилась.

Віртуальна реставрація крізь призму фактичної реставрації розглянута детально у тематичному дослідженні фресок з Сибарису (Італія) (Муса, 2020). У дослідженні йдеться про роль, яку відіграють нові цифрові технології для відновлення та збереження фрагментованих пам'яток. Перш за все, використання інструментів комп'ютерної інженерії важливе у випадку, якщо артефакти втратили формальну цілісність, а їхній первозданий вигляд невідомий, як у випадку з римськими фресками із Сибарису. Створення віртуальних моделей стає основою для матеріальної та віртуальної реставрації пам'яток, особ-

ливо, коли мова йде про доповнену реальність для відвідувачів, у якій засобами ІКТ віртуально відтворено втрати пам'ятки. Віртуальна реконструкція дозволяє побачити пам'ятку такою, якою вона могла би бути. У такому випадку можна розробляти віртуальну модель, яка б оптимізувала «читабельність» зображень, збираючи інформацію під час консерваційно-реставраційних заходів та інтегруючи їх у дані архіву.

Комп'ютерне моделювання як продуктивний проміжний і/або завершальний етап реставрації або реконструкції картини описано португальськими вченими в статті «Картографування як інструмент ретушування творів живопису за допомогою програмного забезпечення» (Henriques et al., 2018). Дослідники представили робочий процес 3D-проєкту з підтримки графічних операцій, особливо цифрової кольорової ретуші, що виконується в процесі тонування зображень. Об'ємна кількість інформації, отриманої під час консерваційно-реставраційних операцій, може бути використана для створення комплексних баз даних, пов'язаних з кожним твором мистецтва, що дозволяє зберігати всю інформацію зі звітів про умови зберігання, консерваційно-реставраційні втручання, лабораторні та аналітичні звіти, а також графічну документацію пам'ятки. Так само, графічна документація може слугувати створенню та реєстрації просторового аналізу та карт ризиків для кожного твору мистецтва (Henriques et al., 2018).

У статті «Підходи до реінтеграції втрат фарби: теорія та практика збереження станкового живопису» (Muir, 2009: 19-28) дослідниця з Чикаго Кім Муір представляє огляд літератури з теорії та практики тонування в реставрації станкового живопису з початку ХХ ст. до сьогодення, простежуючи практичний та теоретичний розвиток трьох основних підходів до заповнення втрат: імітаційну реінтеграцію, тонування та відсутність реінтеграції.

Міжнародний досвід успішного впровадження ІКТ на основі співпраці фахівців та науковців сфер інформаційних технологій та мистецьких дисциплін дав поштовх створенню спільного українського проєкту для впровадження ІКТ в галузь реставрації творів мистецтва. До складу робочої групи проєкту (Mukolaichuk et al., 2019) у 2018 році увійшли представники Київського національного університету імені Тараса Шевченка, Національної академії образотворчого мистецтва і архітектури та Державного університету телекомунікацій. Метою проєкту стало поліпшення інформаційно-аналітичного, освітнього та практичного аспектів реставрації творів мистецтва

на основі використання сучасних ІКТ (Цитович, 2018) з урахуванням світового досвіду.

До лютого 2022 р. учасниками проєкту здійснено розробку та апробацію нової цифрової програми – застосунку ART-M21 (Mykolaichuk et al., 2020), яка дозволяє точно обраховувати площу втрат ґрунту і фарбового шару на пам'ятках станкового живопису.

При розробці програми було використано метод аналізу даних. Для апробації застосування розроблюваної комп'ютерної програми було відібрано зображення реставрованих пам'яток станкового живопису, представлених українським народним іконописом (народна ікона «Святий Власій» (к. XIX – п. XX ст.), народна ікона «Моління про чашу» (XIX ст.), з Батуринського історичного заповідника «Гетьманська столиця», ікона «Успіння Пресвятої Богородиці» (XIX ст.) з приватної збірки у м. Київ, ікона «Христос-вчитель» (к. XIX – п. XX ст.) з Білоцерківського краєзнавчого музею), а також картину українського художника Розвадовського В. К. «Міст через пересохла русло» (перша чверть XX ст.), оскільки автором статті проводилися консерваційно-реставраційні заходи щодо названих творів мистецтва. Алгоритм аналізу даних названих пам'яток включав такі послідовні етапи: 1) отримання даних; 2) підготовка даних; 3) модельне навчання; 4) тестування точності моделі; 5) отримання і візуалізація результатів моделювання.

На першому етапі цифрові проєкції творів мистецтва виходять з результатів різного виду фотографій, таких як спектрографи, схематичні зображення різних технологічних шарів, етапи реставраційних процесів і т. д. Отриманий набір проєкцій вимагає попередньої обробки для приведення їх до єдиного розміру і роздільної здатності. Узагальнена цифрова модель являє собою набір даних. Застосовуючи метод кластеризації до зображення, ми отримуємо вихідний набір даних для подальшого моделювання. У цьому наборі вже є розподіл цільових ділянок з відповідними характеристиками, що дозволяє навчити модель та оцінити її надійність. Після цього модель використовується для визначення площі втрачених ділянок всієї роботи (Mykolaichuk et al., 2020). Застосування ІТ-технологій значно скорочує час і зусилля, витрачені на цей процес, і дає більш точні результати. Як приклад імплементації, такі розробки полегшать видалення слідів попередніх реставраційних втручань. Так само можна вирішувати більш складні завдання обробки зображень для автоматизації віртуальної реставрації творів мистецтва.

У навчальній програмі магістратури на кафедрі техніки та реставрації творів мистецтва Національної академії образотворчих мистецтв і архітектури є дисципліна «Експертиза творів образотворчих мистецтв», програма якої передбачає комплексне вивчення творів мистецтва і написання експертно-атрибуційного дослідження твору живопису. Застосування ІТ-технологій для кращого прочитання авторських підписів і їх підробок вже використовується для експертизи і атрибуції творів живопису реставратором вищої категорії Володимиром Цитовичем (Тимченко, 2017; Цитович, 2018). В рамках нашого дослідження ми розглядаємо особливості впровадження комп'ютерної програми, використання різних режимів визначення тонового і колірного контрасту з метою поліпшення можливості ідентифікації напіврозбірливих елементів зображень і підписів.

Також була здійснена часткова апробація визначення площі кракелюрів з використанням машинного навчання в області комп'ютерного бачення (Boyun, 2013) для оцінки втрат об'єктів станкового живопису. Для більшої точності та продуктивності роботи алгоритму зображення ікони було розбито на частини. Оскільки втрати досить чітко виділяються (завдяки нанесенню реставраційного ґрунту на місця втрат, що в нашому випадку є вигірним для кращого контрасту), одним із варіантів визначення пошкоджень є так званий *thresholding*, де суть методу полягає в переведенні зображення в більш контрастне. Однак необхідність встановлювати порогове значення є досить значним ускладненням роботи програми, тому після консультацій учасниками проєкту було вирішено використати алгоритм кластеризації *k*-середніх для визначення втрат живописного шару. Після визначення названих задач для подальшого вдосконалення роботи програми, було прийнято рішення подальшого покращення роботи програми та апробації внесених змін до її кодів, написаних мовами програмування Java і Python. Для цього було проведено додаткові дослідження зображень ікон та картин.

Доопрацювання програми ART-M21 триває: в додаток до існуючих можливостей, мовою програмування Python написаний код для машинного навчання моделі логістичної регресії, дерев рішень та класифікації відповідних даних, а також використання згорткової нейронної мережі для класифікації частин зображення (Li and Zhao, 2019), що дозволяє дати точні результати втрат на основі фотофіксації пам'ятки.

За допомогою розробки різних варіантів програми, можна з достатньою точністю вказати

відсоток втрат основи (дерева, полотна, картону), ґрунту, фарбового шару по відношенню до загальної площі твору живопису. Точне об'єктивне визначення відсотку втрат є важливим у загальному визначенні стану збереженості пам'ятки (оскільки спосіб вимірювання кількості втрат з розділенням поверхні твору на окремі ділянки та з наступним підсумовуванням втрат потребує великих затрат у часі, є незручним на практиці, несе в собі велику міру ймовірності та рідко застосовується реставраторами). Так, точність обчислення мінімального порогового відсотку автентичної частини пам'ятки, на авторитетну думку відомого українського вченого, реставратора вищої категорії Цитовича В. І., є принциповим питанням (Цитович, 2004), адже в залежності від його значення, пам'ятка може перейти з розряду автентичної цілісності в розряд автентичної руїни.

Наступним кроком до подальшої імплементації названої програми в практику є віртуальне заповнення втрат. Цей метод може бути використаний самостійно як етап до фізичного заповнення втрат, скажімо, при нейтральному заповненні втрат (без реконструкції втраченого зображення) при підборі найбільш прийняттого відтінку тонування, або у випадку необхідності віртуальної реконструкції твору мистецтва. Питання комп'ютерної реконструкції втрат станкового живопису та інших рухомих і нерухомих пам'яток активно обговорюються в міжнародному науковому середовищі.

Опираючись на такого роду дослідження, вчені працюють над створенням комп'ютерної реінтеграції, симулятивного комп'ютерного відтворення втрат. В аналізованих дослідженнях відмічаємо успішну практику використання комп'ютерного програмного забезпечення для технічного аналізу та цифрової реконструкції втрат як монументального, так і станкового живопису.

Майже одночасно із названим волонтерським українським проєктом розпочався проєкт британсько-американсько-німецький ART-ICT з бюджетом близько 800 тисяч фунтів стерлінгів, грантодавцем якого виступила державна британська грантова компанія UKRI (UK Research and Innovation) (Art Through the ICT Lens, 2022). Співпраця вчених з Університетського Коледжу Лондона, Великобританія (провідна дослідницька організація), університету Дюка, США (співпраця, партнер проєкту) та корпорації Bruker Corporation, Німеччина (партнер проєкту) та Національної Галереї Лондона також об'єднала дослідників ІКТ та науковців із питань збереження культурної спадщини.

Метою проєкту стало спільне створення нових комп'ютерних інструментів для дослідження, реставрації та збереження пам'яток культурної спадщини, зокрема, станкового живопису.

Такі застосунки, приміром, мали надати засоби для точного визначення розширених характеристик та комп'ютерного відтворення (візуалізації) художніх матеріалів пам'ятки, що актуально для реставрації та збереження творів старих майстрів. Також увага науковців була прикута до таких аспектів як втрати, неоригінальні матеріали, пізніші втручання (реставрація чи нанесення художником нового зображення на старіше) тощо.

Реставраційно-консерваційні заходи щодо збереження пам'яток все більше характеризуються впровадженням сучасних неструктурних методів дослідження творів мистецтва та накопичують великі обсяги даних. Для прикладу, проєкт ART-ICT, запроваджений дослідниками ІКТ та вченими в галузі збереження культурної спадщини для спільного створення нових інструментів автоматичного аналізу та обробки сигналів, здатних «з'єднувати» дані рентгенівських та інших видів зображень як для дослідження, так і реставрації, консервації чи віртуального заповнення втрат для подальшого експонування тощо.

Окрім розробки багатовимірних мультимедальних наборів даних про спадщину, алгоритмів їх обробки, дослідницька програма також включала тематичні дослідження картин Національної галереї. Також в рамках проєкту відбувалося навчання аспірантів, проводилися семінари та інші заходи, спрямовані на залучення ширшого кола як науковців так і громадськості, популяризації та підтримки запропонованих ідей.

Названі проєкти, як український, так і британський, є прикладом співпраці науковців та фахівців мало дотичних галузей науки, однак, як показують результати, така співпраця є перспективною, адже вона збагачує реставраційну науку новими автоматизованими, доступними, надійними, зручними інструментами. Очевидно, створені інструменти, зображення та ідеї нададуть музеям та галереям нові інноваційні засоби для інтерпретації та представлення своїх колекцій широкій публіці. А науковці в галузі комп'ютерних наук отримують можливість розробки, апробації та використання комп'ютерних програм, застосунків, баз даних тощо для дослідження, реставрації, візуалізації творів мистецтва. Це, безумовно, вплине як на нові напрямки досліджень у галузі ІКТ, так і на подальші спільно створені міждисциплінарні дослідження ІКТ у сфері культурної спадщини.

Слід зауважити, що в Україні подібна співпраця розпочата дещо раніше ніж у Великій Британії, без грантової підтримки, та призупинена, на жаль, на приблизно півторарічний період через війну.

Суттєві напрацювання британських колег є приводом певного оптимізму для українських вчених. Наш проєкт потребує: з одного боку, державної і/або грантової підтримки, з іншого – долучення, окрім навчальних закладів, також зацікавлених музейних установ.

Висновки. Проведені нами пошуки вказують на широкі можливості використання ІКТ як додаткового, а подекуди і основного методу в дослідженні пам'ятки, при виборі необхідних консерваційно-реставраційних втручань, враховуючи при цьому естетичні та етичні питання. Застосування цифрових технологій у галузі консервації та реставрації суттєво впливає на зростання рівня точності при проведенні досліджень творів мистецтва. Це стосується, зокрема, підрахунку площі втрат, який впливає на подальшу програму консерваційно-реставраційних заходів. ІКТ також дозволяють виконувати віртуальну реставрацію, обирати найбільш ефективний варіант відтворення втрачених або модифікованих деталей на пам'ятці або ж (що є більш правильним) експонувати поруч з автентичним об'єктом (у фраг-

ментованому стані) проєкти його реконструкції (у гіпотетичному цілісному стані).

Використання ІКТ у реставрації свідчить про якісно новий етап у виявленні та точному обліку збереженої автентичної частини будь-якої пам'ятки. Це безпосередньо вплине на вирішення питання пролонгованого в часі збереження культурної спадщини, оскільки надасть змогу відслідковувати до найменших дрібниць динаміку стану окремих пам'яток та передбачати можливі проблеми у майбутньому. Фактично, використання ІКТ забезпечує дотримання проголошеного світовою спільнотою курсу на скорочення присутності реставратора у пам'ятці, на зменшення обсягу консерваційно-реставраційних втручань.

На сьогодні, коли росія намагається знищити все, що асоціюється з Україною, збереження нашої культурної спадщини є невідкладним завданням. Сучасні технології дозволяють оптимізувати дослідження, документування, консервативні чи реставраційні процеси, визначити умови збереження, музеїфікації чи експонування пам'ятки. Україна має не просто перемогти у війні, а й зберегти свою ідентичність, правдиву історію, самобутню культуру. А тому вивчення сучасних ІКТ в галузі збереження та реставрації культурної спадщини, аналіз їх успішного застосування у світовій та вітчизняній практиці є нагальною необхідністю.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Тимченко Т. Р. Експертиза творів образотворчого мистецтва: живопис (історія та методологія): навч. посіб. Київ : НАКККіМ, 2017. 120 с.
2. Тимченко Т., Миколайчук А. Превентивна консервація творів мистецтва у системі сучасної вищої освіти консерваторів-реставраторів. *Українська академія мистецтва*. 2023. № 33. С. 245–251. URL: <https://doi.org/10.32782/2411-3034-2023-33-28> (дата звернення: 04.08.2023).
3. Тимченко Т. Р. Викладання техніко-технологічних дисциплін у КДХІ у 1920–1930-х роках. *Українська академія мистецтва*. 2014. № 23. С. 5–17.
4. Цитович В. І. Експертиза творів образотворчого мистецтва: живопис (методологія та практика): навч. посіб. Київ : НАКККіМ, 2018. 232 с.
5. Цитович В. Реставрація: між парадигмою і теорією. *Пам'ятки України*. 2004. Ч. 2. С. 30–57.
6. Art Through the ICT Lens: Big Data Processing Tools to Support the Technical Study, Preservation and Conservation of Old Master Paintings. ART-ICT. URL: <https://art-ict.github.io/artict/home.html> (date of access: 03.08.2023).
7. Boyun V. Perception and Image Processing in Real Time Systems. *Artificial Intelligence* (3), 2013. P. 114–125.
8. Ferrer S. et al. Microclimate numerical simulation to obtain the minimum safe distances between a painted wood panel and the inner face of an exterior wall. *Heritage Science*. № 8 (1), 2020. Pp. 1–16. doi: 10.1186/s40494-020-00376-1.
9. Henriques F., Bailão A., Bordalo R., Gac A., Gonçalves A., Cardeira L.,... Candeias A. (2018). Mapping lacunae for retouching paintings with computer graphics software. In *4th International Meeting on Retouching of Cultural Heritage - RECH4*, Split, Croatia, 20-21 October 2017. Porto: IIC, 2018. P. 130–136. URL: <http://hdl.handle.net/10400.14/27457> (date of access: 03.08.2023).
10. Kotoula E. Virtualizing conservation: exploring and developing novel digital visualizations for preventive and remedial conservation of artefacts : Doctoral Thesis. 2015. 707 p. URL: <http://eprints.soton.ac.uk/id/eprint/381464> (date of access: 04.08.2023).
11. Li S., Zhao X. Image-Based Concrete Crack Detection Using Convolutional Neural Network and Exhaustive Search Technique. *Advances in Civil Engineering*. 2019. P. 1–12.
12. Lizun D. Reconstructing the Lost: Technical Analysis and Digital Reconstruction Supporting the Treatment of a Portrait of Sir Song Ong Siang. *Collections Care: Staying Relevant in Changing Times, ASEAN & Beyond* : Conference Proceedings, 23-25 October 2019. 2019. P. 152–166.
13. MacDonald-Korth E., Rainer L. The Getty Conservation Institute Project to Conserve David Alfaro Siqueiros's Mural América Tropical. *Getty Research Journal*. 6. (2014). P. 103–114. doi:10.1086/675793.

14. Meeus L. et al. Assisting classical paintings restoration: efficient paint loss detection and descriptor-based inpainting using shared pretraining. *Optics, Photonics and Digital Technologies for Imaging Applications VI; 113530H* : Proc. SPIE 11353, 1 April 2020. doi:10.1117/12.2556000.
15. Muca S. Virtual conservation-restoration vs. actual conservation-restoration in the conservation of fragmentary artefacts: the case study frescoes from Sybaris - Copia (Italy). *Protection of Cultural Heritage*. 2020. No. 8. P. 211–222. URL: <https://doi.org/10.35784/odk.1087>.
16. Muir K. Approaches to the reintegration of paint loss: theory and practice in the conservation of easel paintings. *Studies in Conservation*. 2009. No. 54. P. 19–28.
17. Mykolaichuk R. et al. Information Technology in Conservation and Restoration of Art Works: Perspectives of Ukrainian Universities Project. *Electronic Imaging & the Visual Arts. EVA 2019 Florence*. – Florence: Firenze University Press, 2019. P. 124–131. doi: 10.36253/978-88-6453-869-3.
18. Mykolaichuk R., Lavrynovych V., Mykolaichuk A., Tymchenko T., Somyk-Ponomarenko I. Image Segmentation in Loss Detection for Conservation and Restoration of Old Paintings. *2020 IEEE 2nd International Conference on Advanced Trends in Information Theory (ATIT), Kyiv, Ukraine, 2020*. P. 390–394, doi: 10.1109/ATIT50783.2020.9349254.

REFERENCES

1. Tymchenko T. R. Ekspertyza tvoriv obrazotvorchoho mystetstva: zhyvopys (istoriia ta metodolohiia). [The Expertise of the Artworks: Painting (History and Methodology)]. navchalnyi posibnyk. Kyiv : National Academy of Managerial Staff of Culture and Arts, 2017. 120 p. [in Ukrainian].
2. Tymchenko T., Mykolaichuk A. Preventyvna konservatsiia tvoriv mystetstva u systemi suchasnoi vyshchoi osvity konservatoriv-restavroriv. [Preventive conservation of works of art in the system of modern higher education of conservators-restorers.]. *Ukrainska akademiia mystetstva*. 2023. № 33. P. 245–251. URL:<https://doi.org/10.32782/2411-3034-2023-33-28> [in Ukrainian].
3. Tymchenko T. R. Vykladannia tekhniko-tekhnologichnykh dystsyplin u KDKhI u 1920–1930-kh rokakh. [Teaching of technical and technological disciplines at Kyiv State Art Institute in the 1920s and 1930s]. *Ukrainska akademiia mystetstva*. 2014. № 23. P. 5–17. [in Ukrainian].
4. Tsytovykh V. I. Ekspertyza tvoriv obrazotvorchoho mystetstva: zhyvopys (metodolohiia ta praktyka). [The Expertise of the Artworks: Painting (Methodology and Practice)]. Navchalnyi posibnyk. Kyiv : National Academy of Managerial Staff of Culture and Arts, 2018. 232 p. [in Ukrainian].
5. Tsytovykh V. Restavratsiia: mizh paradyhmoiu i teoriieiu. [Restoration: between paradigm and theory]. *Pamiatky Ukrainy*. 2004. Ch. 2. P. 30–57. [in Ukrainian].
6. Art Through the ICT Lens: Big Data Processing Tools to Support the Technical Study, Preservation and Conservation of Old Master Paintings. ART-ICT. URL: <https://art-ict.github.io/artict/home.html>.
7. Boyun V. (2013) Perception and Image Processing in Real Time Systems. *Artificial Intelligence* (3), 114–125.
8. Ferrer S. et al. (2020). Microclimate numerical simulation to obtain the minimum safe distances between a painted wood panel and the inner face of an exterior wall. *Heritage Science*, 8 (1), 1–16. doi: 10.1186/s40494-020-00376-1.
9. Henriques F. et al. (2018). Mapping lacunae for retouching paintings with computer graphics software. In *4th International Meeting on Retouching of Cultural Heritage - RECH4*, Split, Croatia, 20-21 October 2017. Porto: IIC, 2018. Pp. 130–136. <http://hdl.handle.net/10400.14/27457>.
10. Kotoula E. (2015). Virtualizing conservation: exploring and developing novel digital visualizations for preventive and remedial conservation of artefacts : Doctoral Thesis. 707 p. <http://eprints.soton.ac.uk/id/eprint/381464>.
11. Li S., Zhao X. (2019). Image-Based Concrete Crack Detection Using Convolutional Neural Network and Exhaustive Search Technique. *Advances in Civil Engineering*. Pp. 1–12.
12. Lizun D. (2019). Reconstructing the Lost: Technical Analysis and Digital Reconstruction Supporting the Treatment of a Portrait of Sir Song Ong Siang. *Collections Care: Staying Relevant in Changing Times, ASEAN & Beyond* : Conference Proceedings, 23–25 October 2019. Pp. 152–166.
13. MacDonald-Korth E., Rainer L. (2014). The Getty Conservation Institute Project to Conserve David Alfaro Siqueiros's Mural América Tropical. *Getty Research Journal*, 6. (2014). Pp. 103–114. doi:10.1086/675793.
14. L. Meeus et al. (2020). Assisting classical paintings restoration: efficient paint loss detection and descriptor-based inpainting using shared pretraining / *Optics, Photonics and Digital Technologies for Imaging Applications VI; 113530H* : Proc. SPIE 11353, 1 April 2020. doi:10.1117/12.2556000.
15. Muca S. (2020). Virtual conservation-restoration vs. actual conservation-restoration in the conservation of fragmentary artefacts: the case study frescoes from Sybaris — Copia (Italy). *Protection of Cultural Heritage*, 8. Pp. 211–222. <https://doi.org/10.35784/odk.1087>.
16. Muir K. (2009). Approaches to the reintegration of paint loss: theory and practice in the conservation of easel paintings. *Studies in Conservation*, 54. Pp. 19–28.
17. Mykolaichuk R. et al. (2019). Information Technology in Conservation and Restoration of Art Works: Perspectives of Ukrainian Universities Project. *Electronic Imaging & the Visual Arts. EVA 2019 Florence*. Pp. 124-131. doi: 10.36253/978-88-6453-869-3.
18. Mykolaichuk R. et al. (2020). Image Segmentation in Loss Detection for Conservation and Restoration of Old Paintings. *2020 IEEE 2nd International Conference on Advanced Trends in Information Theory (ATIT), Kyiv, Ukraine, 2020*. Pp. 390–394, doi: 10.1109/ATIT50783.2020.9349254.