

<https://doi.org/10.31891/2307-5732-2026-365-100>

УДК 687.016.5:004.93:004.8

**ДЯКОВА АЛЬОНА**

Хмельницький національний університет

<https://orcid.org/0009-0000-4049-7830>

[alonadiakovatksv@khmnu.edu.ua](mailto:alonadiakovatksv@khmnu.edu.ua)

**ЗАХАРКЕВИЧ ОКСАНА**

Хмельницький національний університет

<https://orcid.org/0000-0002-6542-9727>

[zakharkevych@khmnu.edu.ua](mailto:zakharkevych@khmnu.edu.ua)

## ЦИФРОВА РЕКОНСТРУКЦІЯ ТЕКСТИЛЬНИХ ОРНАМЕНТІВ НА ОСНОВІ НЕЙРОМЕРЕЖЕВОГО АНАЛІЗУ ЗОБРАЖЕНЬ

У статті розглянуто можливості застосування нейромережових методів комп'ютерного зору для аналізу та реконструкції історичних текстильних орнаментів. Дослідження спрямоване на подолання проблеми фрагментарності історичних тканин і складності відновлення їх первинної орнаментальної структури. Запропоновано підхід цифрової обробки зображень, що включає етапи попередньої підготовки даних. Отримані результати демонструють можливість формування безшовних текстильних патернів на основі частково збережених історичних зразків та їх подальшого використання у системах 3D-моделювання одягу. Практичне значення роботи полягає у створенні передумов для цифрового збереження текстильної культурної спадщини та інтеграції історичних орнаментів у сучасний цифровий дизайн одягу.

**Ключові слова:** нейромережі; текстильні орнаменти; комп'ютерний зір; реконструкція історичних тканин; цифровий дизайн одягу, CLO 3D

**DIAKOVA ALONA, ZAKHARKEVICH OKSANA**

Khmelnytskyi National University

### DIGITAL RECONSTRUCTION OF TEXTILE ORNAMENTS BASED ON NEURAL NETWORK IMAGE ANALYSIS

The article explores the potential of applying neural network-based computer vision methods to the analysis and digital reconstruction of historical textile ornaments. The relevance of the study is обусловлена the fragmented preservation of textile artifacts, the loss of integrity of decorative elements, and the complexity of reconstructing ornamental structures using traditional approaches. The use of digital technologies increases the objectivity of visual fabric analysis and enables the automation of image processing procedures.

The research substantiates an approach to the application of computer vision algorithms for the recognition and reproduction of ornamental motifs based on digital images of historical textiles, with further use of the results in digital clothing design. The paper summarizes contemporary applications of deep learning in tasks related to texture structure analysis, classification of visual elements, and processing of complex decorative compositions.

The principles of constructing a multi-stage digital image processing workflow are outlined, ensuring a consistent analysis of textile ornaments and forming the basis for their further reconstruction. The role of neural network models in detecting structural ornament elements, identifying symmetry patterns, and forming repeating compositional units is emphasized. The source base of the study includes digital archives of museum collections, historical illustrative materials, and digitized fabric fragments.

The practical significance of the research lies in expanding the possibilities of digital preservation of cultural heritage and creating conditions for integrating historical ornaments into digital clothing design environments, particularly CLO 3D. The proposed approach establishes a foundation for the further development of digital textile design and the implementation of artificial intelligence tools in design practice.

**Keywords:** neural networks; textile ornaments; computer vision; reconstruction of historical textiles; digital fashion design; CLO 3D.

Стаття надійшла до редакції / Received 17.03.2026

Прийнята до друку / Accepted 14.04.2026

Опубліковано / Published 28.05.2026



This is an Open Access article distributed under the terms of the [Creative Commons CC-BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

© Дякова Альона, Захаркевич Оксана

### Постановка проблеми у загальному вигляді

#### та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

Історичні текстильні артефакти рідко зберігаються у цілісному вигляді, оскільки знають пошкоджень, викривлень і втрати фрагментів унаслідок тривалої дії середовища (волога, освітлення, біологічні чинники тощо). Як наслідок, тканини демонструють деформації, механічні руйнування та вицвітання барвників, що істотно ускладнює реконструкцію їх структури й орнаментальних характеристик. За даними дослідження [1] з реставрації текстильних зображень, археологічні текстилі часто мають спотворення, складки, пошкодження та втрату кольору, що значно ускладнює їх класифікацію й відновлення.

У більшості випадків артефакти доходять до сучасності у фрагментарному стані, що перетворює реконструкцію початкового вигляду на складний і трудомісткий процес. Традиційні ручні методи реконструкції базуються на неповних даних і значною мірою залежать від інтерпретації дослідника. Навіть за наявності фізичного об'єкта інформація часто отримується через фотографії або технічні знімки (сканування, рентгенографія тощо), які самі містять додаткові спотворення.

У контексті досліджень [2], спостерігається алгоритми аналізу різних типів дефектів і не завжди коректно визначають їх локалізацію, що демонструє обмеження сучасних підходів аналізу зображень. Це зумовлює реконструкцію орнаментів не за первинними характеристиками, а на основі похідних візуальних даних із втратами інформації. Поєднання фрагментарності матеріалу та дефектності візуальних джерел призводить до того, що реконструкція набуває інтерпретаційного, а не об'єктивного характеру. Відновлення історичного одягу

або текстилю ґрунтується на поєднанні археологічних, письмових та іконографічних джерел, що підтверджує залежність реконструкцій від непрямих даних.

Відтворення рапортів і текстур артефактного текстилю здебільшого базується на візуальному сприйнятті дослідника, що формує низку системних обмежень: реконструкція геометрії орнаменту залежить від індивідуального досвіду; відсутні формалізовані критерії виділення структурних ознак (періодичність, масштаб, орієнтація); результати не відтворюються іншими дослідниками через відсутність стандартизованих алгоритмів.

Сьогодні нейронні мережі виступають базовим інструментом автоматизованого розпізнавання та класифікації у задачах комп'ютерного зору, забезпечуючи аналіз характеристик зображення без втручання наковця. Зокрема, згорткові нейронні мережі (CNN) застосовуються для класифікації та сегментації об'єктів, пошуку дефектів і виявлення структурних особливостей поверхонь, що підвищує точність обробки зображень [3]. Нейронні мережі здатні виявляти регулярності й повторювані структури без ручного маркування: вони детектують періодичні патерни тканин на рівні пікселів, автоматично визначають період орнаменту, виділяють патчі та обчислюють ознаки без ручної конфігурації параметрів, а також видобувають локальні повторювані патерни через фільтри згорткових шарів, формуючи репрезентативні шаблони для класифікації [4].

Застосування нейромереж поширюється і на аналіз матеріальних характеристик. CNN-архітектури можуть ідентифікувати типи волокон за поверхневим зображенням тканини з високою точністю класифікації, тоді як системи комп'ютерного зору використовують нейромережі для виявлення текстурних аномалій, що потребує великих навчальних вибірок і формалізованих датасетів [5]. Разом із тим стандартизація аналізу не гарантує повної об'єктивності: навчання моделей потребує значних обсягів даних і ресурсів, а їх функціонування у режимі «чорної скриньки» ускладнює інтерпретацію результатів і наукову верифікацію.

Суттєвою проблемою інтеграції є структурний розрив між гуманітарним знанням, яке описує орнамент, символіку та стилістику, і цифровими інженерними системами. CAD-середовища орієнтовані переважно на геометрію лекал і фізичну симуляцію, а не на семантичні ознаки текстилю. Дослідження цифрової моди показують, що використання комп'ютерного зору та штучного інтелекту у дизайні одягу зосереджене на генерації форм, симуляції та рекомендаційних системах, тоді як інтеграція культурно-історичних знань лишається фрагментарною [6]. Генеративні моделі здатні синтезувати одяг на основі стилістичних характеристик без парних прикладів завдяки самонавчанню і великим датасетам, однак вони орієнтовані передусім на візуальну автентичність, а не на виробничу чи екологічну інтеграцію [7]. Попри розвиток цифрового прототипування та параметричного керування властивостями матеріалів, алгоритмічне поєднання цих технологій із класифікацією історичних орнаментів залишається недостатньо формалізованим, що проявляється у відсутності єдиного ланцюга «класифікація → реконструкція → CAD-прототип → оцінка сталості».

Нейромережеві архітектури комп'ютерного зору (CNN, трансформерами, GAN) здатні аналізувати візуальні структури мистецьких об'єктів і формалізувати їх цифрове представлення. Їх використання у мистецтвознавчому аналізі демонструє можливість автоматизованого дослідження зображень та генерації нових візуальних репрезентацій на основі культурних артефактів. Методи видобування візуальних патернів дозволяють ідентифікувати регулярності та формувати ознаки для класифікації й опису орнаментальних структур. У контексті текстилю це забезпечує створення цифрових баз мотивів, незалежність доступу до них від фізичного стану артефактів і подальше використання даних у цифровому проєктуванні.

Цифровий тривимірний дизайн і виробництво на основі цифрових моделей сприяють скороченню витрат матеріалів і часу розробки завдяки віртуальному прототипуванню та персоналізації виробів. Технології цифрового виробництва дають змогу виготовляти одяг без класичних процесів крою й шиття, зменшуючи обсяг відходів і перевиробництво. Нейромережеві методи класифікації орнаментів і матеріалів підтримують ці процеси шляхом швидкого створення цифрових варіантів дизайну, автоматизованої генерації текстильних параметрів і скорочення кількості фізичних прототипів.

Отже, фрагментарність історичних текстильних артефактів, деградація матеріалів і обмежена інформативність візуальних джерел формують системні обмеження традиційної реконструкції. Пошкодження та деформації істотно ускладнюють аналіз структури й патернів, що обґрунтовує доцільність застосування цифрових обчислювальних методів як доповнення до класичних підходів. Суб'єктивність ручного відтворення зумовлює низьку відтворюваність результатів, тоді як нейромережеві методи переводять аналіз у формалізовану площину через автоматичне виділення ознак і повторюваність результатів на нових даних. Водночас їх обмеження пов'язані з інтерпретованістю моделей та якістю навчальних вибірок.

Нейромережеві методи класифікації та реконструкції текстильних орнаментів формують технологічний базис цифрового архівування культурної спадщини, автоматизації аналізу матеріалів і текстур, зниження ресурсних витрат завдяки цифровому прототипуванню, інтеграції штучного інтелекту у виробничі процеси легкої промисловості та становлення міждисциплінарної дослідницької парадигми.

#### **Аналіз досліджень та публікацій**

Праця [1] присвячена застосуванню глибокого навчання для автоматичної класифікації й відновлення зображень стародавніх текстилів. У роботі використовують комбіновану мережу YOLOv4-ViT для розпізнавання та класифікації елементів візерунків на зображеннях текстилю, що значно підвищує точність і швидкість обробки порівняно з традиційними методами. На основі результатів класифікації застосовують модель генеративних-змагальних мереж (GAN) для відновлення пошкоджених ділянок текстильних зображень, що дозволяє заповнювати пропущені частини й покращувати їхню візуальну цілісність.

Цей підхід покращує ефективність пошуку, класифікації та цифрового відновлення зображень стародавніх текстильних артефактів, що сприяє створенню надійної системи для збереження, перегляду й аналізу візуальних даних культурної спадщини.

Покращенню автоматичного виявлення дефектів у мереживних тканинах, які характеризуються складною текстурою та тонкими дрібними дефектами присвячено дослідження [8]. Для цього запропонована мережа DID-Former, що використовує подвійні зображення: бездефектне опорне та цільове зображення з потенційними дефектами. Модель інтегрує механізм представлення області об'єкта (ORR) для точного локалювання дефектів і диференціальну увагу (DID-attention) для виділення змін текстури між зображеннями. Запропонований підхід дозволяє зменшити вплив складних візерунків мережива, підвищити точність виявлення дрібних дефектів і знизити кількість хибнопозитивних результатів. Експериментальні результати підтверджують високу ефективність та надійність DID-Former у промислових умовах.

Автори Machado R.; Barros L.A.M. та ін. [9] у своєму дослідженні демонструють розробку автоматизованої системи розпізнавання та класифікації візерунків тканого полотна за допомогою передових технологій глибинного навчання. Автори пропонують використовувати архітектуру ResNet-50 та методику трансферного навчання, що дозволяє ефективно ідентифікувати типи плетіння без залучення ручної праці. Для підвищення точності моделі було застосовано аугментацію даних, яка допомагає системі стабільно працювати навіть за умов різного освітлення або зміни орієнтації тканини. Експериментальні результати продемонстрували вражаючу точність у 99,3%, що значно перевищує показники традиційних алгоритмів машинного навчання. Запропонований підхід має високий потенціал для впровадження у текстильну промисловість, оскільки він суттєво заощаджує час та мінімізує вплив людського фактора на контроль якості. Таким чином, робота закладає основу для створення надійних інтелектуальних систем моніторингу виробництва тканин.

Автоматизована система виявлення дефектів тканин у режимі реального часу розроблена з використанням штучного інтелекту та комп'ютерного зору, з метою заміни традиційного контролю на текстильному виробництві, який є дорогим, неефективним та схильним до людських помилок. Вона призначена для виявлення пошкоджень, розмиття кольору та складок на багатобарвних однотонних тканинах без візерунків. Для розпізнавання дефектів застосовано алгоритми глибокого навчання, оптимізовані для роботи в умовах обмежених ресурсів периферійного пристрою та порівняні з іншими моделями [10].

Автор наукової праці [11] присвятили роботу проблемам автоматичного виявлення повторюваних візерунків, таких як логотипи брендів, на зображеннях тканин за допомогою комп'ютерного зору. Автори зазначають, що традиційні методи та алгоритми глибокого навчання часто не підходять для текстильної промисловості через суворі вимоги до високої швидкості, субпіксельної точності та відсутності великих наборів даних для навчання.

Аналіз літератури свідчить, що сучасні методи штучного інтелекту, комп'ютерного зору та глибокого навчання активно й успішно витісняють ручну працю в текстильній промисловості. Ці передові технології ефективно вирішують найрізноманітніші завдання: від високоточного виявлення дрібних дефектів чи розпізнавання складних візерунків у реальному часі до класифікації та цифрового відновлення стародавніх тканин. Загалом, впровадження таких автоматизованих систем дозволяє суттєво підвищити точність контролю якості та подолати обмеження традиційних методів та мінімізувати вплив людського фактора на виробництві.

Наявні підходи до автоматизованої обробки текстильних матеріалів частково забезпечують відповідність дослідження:

- більшість підходів орієнтовані на сучасні тканини та дефекти промислового виробництва і не враховують особливості стародавніх текстильних артефактів, таких як фрагментарність, зміна кольору з часом або пошкодження матеріалу.

- традиційні моделі для виявлення дефектів або класифікації складних візерунків працюють із великими та однорідними наборами даних, тоді як архівні зображення історичного одягу зазвичай обмежені, часто мають нерівномірне освітлення та варіативну якість.

- методи реконструкції зображень та системи класифікації сучасних тканин не інтегрують повний процес від ідентифікації структурних елементів орнаменту до генерації безперервного патерну, необхідного для 3D-проектування одягу.

Отже, даний підхід має поєднувати класифікацію, реконструкцію та генерацію текстур у єдину систему, яка відповідає специфічним потребам дослідження культурної спадщини та цифрового моделювання історичного одягу.

#### **Формулювання цілей статті**

Ціль дослідження полягає у розробці послідовності застосування нейромережових методів комп'ютерного зору для автоматизованого аналізу, класифікації та реконструкції історичних текстильних орнаментів з цифрових архівних джерел з подальшою генерацією текстур для використання у 3D-моделюванні історичного жіночого одягу.

Завданням дослідження виступає:

1. Проведення аналізу сучасних підходів комп'ютерного зору та нейромережових алгоритмів для обробки текстильних зображень, включаючи етапи цифрової обробки зображень.
2. Розробити багатоступеневу схему обробки зображень
3. Апробувати запропонований підхід на вибірці історичних зображень жіночого одягу та оцінити ефективність алгоритмів у відтворенні рапортів, орнаментальних мотивів та створення цифрових текстур для 3D-моделей.

### Виклад основного матеріалу

Реконструкція орнаментів історичних тканин є складним процесом, що зумовлений неповнотою збереженого матеріалу та пошкодженнями поверхневої структури текстилю.

Традиційні підходи до реконструкції передбачають відтворення орнаментальних структур шляхом тиражування збережених фрагментів із застосуванням графічних і спеціалізованих текстильних програмних продуктів, а також зіставлення з аналогічними історичними зразками. Процес ускладнюється тим, що орнамент текстилю визначається не лише композиційними графічними елементами, але й особливостями переплетення ниток, що вимагає фахових знань у галузі текстильних технологій. Водночас історичні текстильні орнаменти зберігають значний культурний потенціал та залишаються релевантним джерелом для використання у сучасному цифровому проектуванні одягу. Це пов'язано з кількома чинниками.

**По-перше**, більшість музейних колекцій представлена фрагментами або пошкодженими тканинами, що ускладнює створення повноцінних цифрових патернів.

**По-друге**, історичні текстильні архіви часто містять лише фотографії або описові матеріали, які не мають параметричних характеристик (структури переплетення, рапорту, масштабів орнаменту), необхідних для використання у САД-системах при моделюванні одягу.

**По-третє**, для ефективного використання таких орнаментів у цифровому дизайні потрібні систематизовані бази даних історичного текстилю з описом їх стилістичних та технологічних характеристик. Необхідність створення великих цифрових баз текстильних зразків для полегшення їх ідентифікації, реконструкції та подальшого відтворення [12, 13].

**Огляд цифрових технологій.** Комп'ютерний зір є одним із ключових напрямів штучного інтелекту, що дозволяє автоматично аналізувати візуальні характеристики зображень.

Системи комп'ютерного зору можуть аналізувати складні текстурні структури тканин та класифікувати різні типи орнаментів на основі візуальних ознак. Наприклад, автоматизовані системи інспекції тканин використовують алгоритми машинного навчання для ідентифікації патернів і виявлення дефектів у реальному часі під час виробництва [14].

Основою для генеративного дизайну, цифрового прототипування одягу та віртуальної симуляції тканин слугує комп'ютерний зір. Крім того, сучасні мультимодальні моделі, представлені, зокрема, у системах ChatGPT, Gemini та використовують глибокі нейронні мережі для аналізу тексту та зображень. У поєднанні з комп'ютерним зором такі системи можуть допомагати у: описі текстильних орнаментів; генерації дизайнерських ідей; автоматичному аналізі культурних візуальних даних.

Згорткові нейронні мережі (CNN) виконують послідовні операції згортки, завдяки чому система здатна виділяти базові візуальні елементи – точки, лінії, контури та текстурні структури – а на наступних рівнях формувати складні композиційні патерни [9].

Сучасні системи аналізу культурної спадщини виступають алгоритми комп'ютерного зору, що застосовуються для автоматичного розпізнавання елементів орнаменту та їх подальшої реконструкції [1].

У сучасних дослідженнях використовуються різні архітектури глибокого навчання для аналізу візуальних структур, функціональні можливості яких наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

**Архітектури глибокого навчання для аналізу візуальних структур текстильних орнаментів**

Архітектура/ платформа ШІ	Принцип роботи	Значення для аналізу орнаментів
CN-моделі	Згорткові мережі аналізують локальні візуальні ознаки зображення. Перші шари виділяють базові елементи (краї, контури), а глибші шари формують складні композиційні структури – текстури та орнаментальні мотиви [9]	Виявляють текстури дрібних орнаментальних елементів і повторювальних мотивів
Vision Transformer (ViT)	Трансформерні моделі використовують механізм self-attention, що дозволяє аналізувати глобальні взаємозв'язки між елементами зображення. Це особливо важливо для орнаментів, де композиція формується повторюваними геометричними структурами [15]	Дозволяють аналізувати складні композиції орнаментів, що формуються повторювальними геометричними структурами
Мультимодальні AI-платформи (ChatGPT, Gemini)	Великі мовно-візуальні моделі поєднують аналіз як текстових та візуальних даних. Платформи здатні інтерпретувати зображення, описувати структурні елементи сцени та виконувати візуально-текстовий аналіз [16]	Забезпечують комплексну інтерпретацію орнаментів, поєднуючи візуальні характеристики з текстовими описами

Одним із ключових завдань аналізу текстильних орнаментів є визначення рапорту – базової повторюваної одиниці орнаментальної композиції. Традиційні методи реконструкції рапорту базуються на ручному аналізі фрагментів тканини та графічному відтворенні, що значно ускладнює роботу з пошкодженими історичними зразками.

Сучасні нейромережеві методи дозволяють автоматизувати цей процес. Генеративні моделі, потипу ChatGPT, Gemini, можуть навчатися на наборах орнаментальних мотивів і генерувати нові, що зберігають

геометричні характеристики оригінального текстилю. Наприклад, дослідження генерації традиційних текстильних мотивів Jamdani демонструє, що модель pix2pix може створювати повні орнаментальні композиції на основі часткового ескізу або фрагмента [17].

Крім того, сучасні мультимодальні моделі (ChatGPT, Gemini) можуть аналізувати симетрію та структуру орнаментів у зображеннях і формувати текстові або алгоритмічні описи рапорту. Це створює можливість інтеграції таких систем у цифрові дизайнерські середовища, де вони можуть використовуватись для автоматизованого відновлення та генерації текстильних патернів.

**Розробка багатоступеневої схеми обробки зображень.** Для дослідження історичних тканин, розпізнавання вишивки, мережива та структур матеріалу нейромережеві моделі потребують великої кількості якісних візуальних даних. Основними джерелами таких зображень є музейні цифрові архіви, історичні ілюстрації та оцифровані фрагменти тканин.

**Музейні цифрові колекції** є одним із найважливіших джерел візуальних даних для аналізу історичного текстилю. У межах програм цифрової гуманітаристики музеї створюють відкриті бази даних із високоякісними зображеннями тканин, костюмів, вишивки та декоративних елементів.

Наприклад, цифрові колекції музеїв можуть містити детальні фотографії текстильних артефактів, метадані про техніку виготовлення, матеріали, походження та історичний контекст. Це дозволяє дослідникам аналізувати орнаменти та структуру тканин без фізичного доступу до об'єкта [18].

Окрім фотографій музейних експонатів, важливим джерелом інформації про текстиль є історичні ілюстрації, графічні альбоми орнаментів та каталоги декоративного мистецтва.

Такі матеріали містять схематичні або стилізовані зображення текстилю, які часто відображають структуру орнаменту більш чітко, ніж фотографії зношених тканин. Ілюстрації використовуються для: аналізу геометрії орнаменту; визначення симетрій і рапортів; реконструкції пошкоджених елементів тканини.

У сучасних дослідженнях цифрових архівів етнічного мистецтва такі зображення оцифровуються і включаються до структурованих баз даних, які використовуються для створення нових текстильних дизайнів за допомогою нейромереж [19].

Оскільки значна частина історичних текстилів збереглася лише у вигляді фрагментів, їх оцифрування є важливим етапом дослідження. Сучасні технології дозволяють створювати високоточні цифрові копії таких об'єктів за допомогою мультиспектральної фотографії, 3D-сканування та методів reflectance transformation imaging (RTI).

**Цифрове сканування фрагментів** текстилю дозволяє виділяти мікроструктуру волокон і декоративні елементи, які не завжди помітні на звичайних фотографіях. Ці оцифровані фрагменти можуть бути використані для кластеризації та порівняння текстильних зразків; реконструкції первинної композиції орнаменту; навчання моделей штучного інтелекту для розпізнавання текстур і технік вишивки.

Цифровим дизайном текстилю використовується багатоступенева схема обробки зображень. Вона дозволяє автоматизувати аналіз орнаментів, реконструкцію пошкоджених фрагментів та створення цифрових текстур для 3D-моделювання одягу. Така схема включає етапи попередньої обробки зображень, сегментації елементів орнаменту, класифікації мотивів, реконструкції рапорту та генерації безшовної текстури. Основні етапи цього процесу систематизовано в таблиці 2.

Таблиця 2

Етапи цифрової обробки зображень у дизайні текстильних орнаментів

Етап обробки	Принцип	Призначення
Попередня підготовка зображення	Кадрування (для виділення області з орнаментом і видалення зайвого фону), нормалізація параметрів (дозволяє привести різні фотографії до однакових параметрів (роздільна здатність, масштаб, колірний простір), що важливо для навчання нейромережевих моделей), корекція кольору, фільтрація шумів. Підсилення текстурних елементів	Підвищення якості та чіткості зображення для подальшого аналізу
Сегментація орнаменту	Розділення зображення на окремі структурні елементи; виділення мотивів, декоративних деталей, вишивки, мережива, тощо. Наприклад, сучасні нейромережеві моделі для аналізу текстильних зображень демонструють точність сегментації понад 90 %, що дозволяє автоматично локалізувати складні текстурні структури тканин [20]	Локалізація орнаментальних компонентів
Класифікація елементів	Визначення типу декоративного мотиву, його стилістичних характеристик та геометричної будови орнаменту	Систематизація орнаментальних форм
Реконструкція рапорту	Визначення базової повторювальної одиниці композиції, відновлення структури орнаменту за фрагментами зі застосуванням генеративних алгоритмів	Відтворення цілісної орнаментальної композиції
Генерація безшовної текстури	Формування безперервного патерну на основі реконструйованого рапорту	Створення текстур для використання при 3D-моделюванні одягу

**Апробація запропонованого підходу.** Етапи цифрової обробки зображень, представлені в таблиці 2, забезпечують послідовну підготовку зображення та аналіз текстильних орнаментів, що є підґрунтям для подальшого дослідження. Використання цих процедур дозволяє систематизувати дані та підготувати їх для практичного застосування на історичних артефактах. У наступному етапі формуються вибірки зображень жіночого одягу, які слугуватимуть вихідними даними для аналізу комп'ютерним зором та алгоритмами штучного інтелекту. До такої вибірки входять історичні картини, фотографії костюмів, матеріали цифрових архівів музеїв, а також збережені текстильні артефакти, на яких чітко простежуються декоративні елементи тканини, як-от: орнаменти, вишивка або мереживо. Такі візуальні матеріали слугують вихідними даними для подальшого аналізу текстильних орнаментів із застосуванням методів комп'ютерного зору та алгоритмів штучного інтелекту.

**Структура дослідження відображає основні етапи аналізу:**

1. **Відбір історичного зображення одягу (Зображення історичного орнаменту)** – подається вихідний візуальний матеріал, який використовується для аналізу. Це можуть бути: фотографії музейних текстильних артефактів; скани історичних тканин; фрагменти вишивки або мережива; оцифровані орнаментальні ілюстрації.

Зображення проходять попередню обробку: нормалізацію розміру, корекцію кольору та видалення шумів, що необхідно для стабільної роботи алгоритмів комп'ютерного зору. У дослідженнях текстильного аналізу такі зображення використовуються як навчальні та тестові дані для моделей машинного навчання.

2. **Опис елементів, що розпізнані ШІ** – представляє результати аналізу зображення алгоритмами комп'ютерного зору, що дозволяють виділити структурні елементи орнаменту, декоративні мотиви та текстурні характеристики тканини. Система може ідентифікувати: геометричні мотиви (ромби, зірки, хвилі); рослинні орнаменти; елементи вишивки; структуру переплетення ниток; межі окремих декоративних деталей, тощо. Отримані дані формують основу для подальшої генерації більш точного та цілісного зображення рапорту, вишивки, мережива чи інших декоративних елементів, забезпечуючи відновлення повної орнаментальної композиції навіть за наявності фрагментарних даних.

3. **Згенерований рапорт / тип симетрії** – відновлена структура орнаменту, що відтворює базовий повторювальний мотив тканини з урахуванням виявлених елементів.

4. **Приклад застосування у CLO 3D** – демонстрація використання реконструйованого орнаменту у середовищі 3D-моделювання одягу шляхом створення текстури та її накладання на цифрову модель тканини.

Таким чином в таблиці 3 демонструється повний ланцюг цифрового опрацювання історичного текстильного орнаменту – від вихідного зображення до його застосування у системах 3D-моделювання одягу.

Таблиця 3

**Результати розпізнавання та реконструкції історичних текстильних орнаментів для 3D-моделювання одягу**

Джерело	Зображення історичного орнаменту	Опис елементів розпізнані ШІ, (Gemini)	Згенерований рапорт, (ChatGPT)	Приклад застосування у CLO 3D
1	2	3	4	5
[21]		На зображенні представлена сукня з гладкої блискучого шовкового атласу блакитно-сірого відтінку, що формує чіткі драпіровані складки та добре відбиває світло. Ліф і рукави оздоблені тонким світлим мереживом з ажурною рослинною структурою, яке розміщене по лінії декольте, манжетах і декоративних елементах спідниці. Додатковими текстильними деталями виступають шовкові банти, стрічки та драпіровані елементи, які створюють багатошарову композицію костюма.		
[22]		Барокова золота вишивка на блакитному На тканині сукні чітко простежується золотий орнаментальний візерунок вишивки, виконаний у вигляді рослинних мотивів. Орнамент рівномірно повторюється по всій поверхні тканини, формуючи регулярний рапорт, що характерно для декоративних шовкових або парчевих матеріалів. Золоті елементи контрастують зі світлою основою тканини та створюють ефект рельєфності, подібний до вишивки або тканого жакардового малюнка.		
[23]		Орнамент сукні є класичним зразком вікторіанського вишивного текстилю. Він поєднує в собі натуралістичні рослинні мотиви зі складною колірною схемою, створюючи візуально багатий, але стриманий ефект, ідеальний для денного вбрання заможної жінки тієї епохи. Технічно це, швидше за все, машинний циліндричний друк, що відображає індустріальний прогрес XIX століття.		

1	2	3	4	5
[24]		Це високоякісний зразок мережива голкою (імовірно, Venetian Needlepoint тип) з багатим рослинно-геометричним орнаментом. За стилем і технікою виконання воно може бути датоване початком ХХ століття (орієнтовно 1900-1920-ті роки), коли були популярні "tea gowns" (вечірні сукні для чаювання) та "whitework" (білі сукні), рясно оздоблені мереживом. Його можна було використовувати як вертикальну вставку на ліфі сукні або манжетах.		
[25]		Мереживо ручної роботи, ймовірно, типу «хонітон», виконане у витонченій техніці плетіння з деталізованими рослинними мотивами у формі троянд та листя. Воно утворює широкую багатошарову берту навколо декольте та пишні манжети, створюючи повітряний контраст із важким шовковим атласом сукні. Візерунок має благородний відтінок айворі та виражені фестончасті краї, що підкреслюють аристократичний стиль вікторіанської епохи 1840-х років.		
[26]		Вишуканий симетричний бордюр із рельєфною вишивкою металізованими нитками двох відтінків. Орнамент представляє звивисту виноградну лозу з деталізованими листям та великими, щільними гронами стилізованих ягід або квітів, виконаних щільною гладдю.		
[27]		Металізоване мереживо, представляє собою складний, симетричний бордюр із рельєфним рослинним орнаментом у вигляді листя та стилізованих квітів. Центральним елементом візерунка є чергування щільних суцвіть, що нагадують грона винограду або квіти бузку, та витончених, звивистих стебел. Нижній край композиції завершується витонченим ажурним зубчастим фестоном, що додає мереживу завершеності та розкоші.		
[28]		Це витончений ансамбль, який поєднує в собі історичну елегантність та майстерність ручної роботи. Мереживо має квітковий візерунок, який виглядає дуже ніжно і витончено. Virізняється густим квітковим орнаментом з переплетеними стеблами та дрібними суцвіттями, що створюють суцільне ажурне полотно. Нижній край виробу оформлений декоративними фестонами, які надають стрічці завершеного та елегантного вигляду.		

Аналіз показав, що нейромережеві моделі ефективно класифікують орнаменти за трьома основними категоріями: геометричні мотиви; рослинні; комбіновані, тощо.

Нейромережевий аналіз дозволив автоматично визначати структуру повторюваних одиниць орнаменту, що включає: дзеркальну симетрію; трансляційну симетрію; діагональний рапорт; модульні сітки.

Якість реконструкції можна оцінювати за кількома критеріями:

- точність відновлення повторюваного модуля. Нейромережа відновлює рапорт навіть із частково пошкоджених або фрагментарних зразків.
- коректність безшовного патерну для подальшого застосування у 3D-моделюванні.
- ефективність автоматизованої реконструкції

Результати нейромережевої реконструкції інтегровані у цифрове моделювання:

- безшовні патерни застосовуються для формування матеріалів у 3D-середовищі;
- орнамент накладається на окремі частини;

– тестування орнаменту на різних силуетах у CLO 3D.

Використання нейромережових моделей реконструкції у цифровому відтворенні історичних орнаментів має наступні переваги для сталого дизайну:

1. Історичні мотиви інтегруються у сучасні колекції без втрати автентичності.
2. Зменшення фізичного прототипування, цифрові моделі зменшують необхідність у тканинних пробах та фізичних макетах.
3. Формування цифрових баз даних орнаментів накопичення структурованих патернів для подальшого автоматизованого застосування у дизайні одягу, що забезпечує повторюваність та стандартизацію процесу.

#### **Висновки з даного дослідження**

##### **і перспективи подальших розвідок у даному напрямі**

Дослідження показує, що основною проблемою дослідження історичних текстильних артефактів є їх фрагментарний стан та деградація матеріалів, що суттєво ускладнює визначення первинної структури тканини, орнаменту та повторюваних композиційних елементів. Традиційні методи реконструкції базуються на ручному аналізі та інтерпретації дослідника, що знижує відтворюваність результатів і підвищує суб'єктивність відновлення орнаментів.

У роботі обґрунтовано можливість використання нейромережових методів для аналізу історичних текстильних орнаментів на основі цифрових зображень музейних колекцій, історичних ілюстрацій та оцифрованих фрагментів тканин. Використання алгоритмів комп'ютерного зору дозволяє автоматизувати етапи попередньої обробки зображень, сегментації декоративних елементів, класифікації орнаментальних мотивів та визначення рапорту.

Аналіз показав, що нейромережові моделі здатні ефективно класифікувати текстильні орнаменти за основними типами (геометричні, рослинні та комбіновані) та визначати структуру їх повторюваних композиційних елементів. Алгоритми автоматично ідентифікують типи симетрії орнаменту, зокрема дзеркальну, трансляційну та діагональну, що дозволяє реконструювати рапорт навіть у випадку фрагментарних або частково пошкоджених зразків тканини.

Отримані результати підтвердили, що автоматизована реконструкція орнаментів забезпечує високу точність відновлення повторюваних модулів та дозволяє формувати безшовні текстильні патерни, придатні для використання у цифровому моделюванні одягу. Інтеграція згенерованих орнаментів у середовище CLO 3D продемонструвала можливість їх практичного застосування у процесі створення цифрових моделей тканин та тестування текстильних дизайнів на різних силуетах одягу.

Запропонований підхід до реконструкції орнаментів сприяє розвитку сталого цифрового дизайну, оскільки використання цифрових прототипів і віртуального моделювання зменшує потребу у фізичних зразках тканин і експериментальних макетах. Це дозволяє скоротити матеріальні витрати, оптимізувати процес створення колекцій та підвищити ефективність використання історичних текстильних мотивів у сучасному виробництві.

Подальші дослідження можуть бути спрямовані на створення масштабних цифрових баз фрагментів історичного текстилю і розробку спеціалізованих нейромережових моделей для точнішого аналізу орнаментів, симетрій та рапортів. Перспективним є вдосконалення генеративних алгоритмів для автоматичної реконструкції пошкоджених фрагментів тканин і визначення структурних характеристик текстилю. Важливим напрямом також є інтеграція результатів нейромережевого аналізу у CAD-системи 3D-моделювання одягу для використання історичних орнаментів у цифровому дизайні.

#### **Література**

51. Sha, S., Li, Y., Wei, W. et al Image classification and restoration of ancient textiles based on convolutional neural network / Sha Sha, Yi Li, Wantong Wei, Yating Liu, Cheng Chi, Xuwei Jiang, Zhongmin Deng, Lei Luo // International Journal of Computational Intelligence Systems. – 2024. – vol. 17 № 11 <https://doi.org/10.1007/s44196-023-00381-9>
52. Ivanova D., Aversa M., P. Henderson and J. Williamson. ARTeFACT: Benchmarking segmentation models on diverse analogue media damage / Daniela Ivanova; Marco Aversa; Paul Henderson; John Williamson, All Authors // IEEE/CVF Winter Conference on Applications of Computer Vision (WACV), Tucson, AZ, USA, 2025. – P.7439-7449, <https://doi.org/10.1109/WACV61041.2025.00723>
53. Зінченко О. В. Звенігородський О. С. Кисіль Т. М. Згорткові нейронні мережі для вирішення задач комп'ютерного зору / Зінченко О. В. Звенігородський О. С. Кисіль Т. М. // Вісник Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій. – 2022. - № 2. – С.4-12 <https://doi.org/10.31673/2412-4338.2022.020411>
54. Koulali Imane; M. Taner Eskil Unsupervised textile defect detection using convolutional neural networks / Koulali Imane; M. Taner Eskil // Applied Soft Computing. – 2021. – vol. 113(A). –pp 107913. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2021.107913>
55. OH Abu Quwsar, et al. Fabricnet: a fiber recognition architecture using ensemble convnets. / Abu Quwsar Ohi; M. F. Mridha; Md. Abdul Hamid, Muhammad Mostafa Monowar, Faris A. Kateb // IEEE Access. – 2021. – vol.9. – P.13224-13236. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3051980>
56. Ilham Kachbal. Said El Abdellaoui. Computer vision for fashion: a systematic review of design generation, simulation, and personalized recommendations / Ilham Kachbal. Said El Abdellaoui // Information. – 2026. – vol.17 (1). <https://doi.org/10.3390/info17010011>

57. Dong M. et al. Towards intelligent design: A self-driven framework for collocated clothing synthesis leveraging fashion styles and textures / M. Dong, D. Zhou, J. Ma and H. Zhang // In: ICASSP 2024-2024 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP). IEEE. – 2024. p. 3725-3729. <https://doi.org/10.1109/ICASSP48485.2024.10446336>
58. Jiao W., Cai X., Tian Y., Zuo M. Dual-image differential transformer for periodic lace surface defect detection / W. Jiao, X. Cai, Y. Tian, M. Zuo // Engineering Applications of Artificial Intelligence. – 2025. – Vol. 148 <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2025.110386>
59. Iqbal Hussain M. A., Khan B., Wang Z., Ding, S. Woven fabric pattern recognition and classification based on deep convolutional neural networks. / Muhammad Ather Iqbal Hussain, Babar Khan, Zhijie Wang, Shenyi Ding // Electronics. – 2020. – vol.9(6). – p.1048. <https://doi.org/10.3390/electronics9061048>
60. Machado R.; Barros L.A.M.; Vieira V.; Silva F.D.d.; Costa H.; Carvalho V. Textile defect detection using artificial intelligence and computer vision—a preliminary deep learning approach. / Rúben Machado, Luis A. M. Barros, Vasco Vieira, Flávio Dias da Silva, Hugo Costa, Vitor Carvalho // Electronics. – 2025. – vol.14(18). – p.3692. <https://doi.org/10.3390/electronics14183692>
61. Ayyurek E, Marcuzzo M, Zangari A, Giudice L, Bigaglia G, Pistellato M, Albarelli A, Gasparetto A. Repeated pattern detection on fabric: A survey and novel approach. / 11. Ayyurek E, Marcuzzo M, Zangari A, Giudice L, Bigaglia G, Pistellato M, Albarelli A, Gasparetto A. // PLoS One. – 2026. – vol.21(2) <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0340797>
62. [Grömer K.](https://www.nhm.at/en/research/prehistory/research/textile_research?utm_source=chatgpt.com) Textile research / [Karina Grömer](https://www.nhm.at/en/research/prehistory/research/textile_research?utm_source=chatgpt.com) // nhm Naturhistorisches museum wien. [Electronic resource]: Access mode: [https://www.nhm.at/en/research/prehistory/research/textile\\_research?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.nhm.at/en/research/prehistory/research/textile_research?utm_source=chatgpt.com)
63. Gigilashvili D., Lukesova H., Gulbrandsen C.F. et al. Computational techniques for virtual reconstruction of fragmented archaeological textiles / Davit Gigilashvili, Hana Lukesova, Casper Fabian Gulbrandsen, Akash Harijan, Jon Yngve Hardeberg // Heritage Science. – 2023. – Vol. 11(259). <https://doi.org/10.1186/s40494-023-01102-3>
64. Çelik H. İ., Dülger L. C., Öztaş B., Kertmen M., Gültekin E. A novel industrial application of CNN approach: real time fabric inspection and defect classification on circular knitting machine / [Halil İbrahim Çelik](#), [Lale Canan Dülger](#), [Burak Öztaş](#), [Mehmet Kertmen](#), [Elif Gültekin](#) // Textile and Apparel. – 2022. – Vol.32(4). – P.344-352. <https://doi.org/10.32710/tekstilvekonfeksiyon.1017016>
65. Wang Fuhai, et al. Source localization and power estimation through RISs: performance analysis and prototype validations / *Fuhai Wang, Tiebin Mi, Chun Wang, Rujing Xiong, Zhengyu Wang, Robert Caiming Qiu* // arXiv preprint. – 2025. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2512.11420>
66. Jon Victor OpenAI Hustles to Beat Google to Launch ‘Multimodal’ LLM [Electronic resource]: Access mode: <https://www.theinformation.com/newsletters/ai-agenda/openai-hustles-to-beat-google-to-launch-multimodal-llm>
67. Shawon M. T. R., Tanvir R., Shifa H. F., Kar S., M. Jubair I. / MD Tanvir Rouf Shawon; Raihan Tanvir; Humaira Ferdous Shifa; Susmoy Kar; Mohammad Imrul Jubair // Jamdani motif generation using conditional GAN. *23rd International Conference on Computer and Information Technology (ICCIT)*, DHAKA, Bangladesh. – 2020. - pp. 1-6. <https://doi.org/10.1109/ICCIT51783.2020.9392654>
68. Chai-Arayalert S.; Puttinaovarat S.; Saetang W. Phygital experience platform for textile exhibitions in small local museums / Supaporn Chai-Arayalert, Supattra Puttinaovarat, Wanida Saetang // Heritage. – 2025. – Vol. 8(1)35. <https://doi.org/10.3390/heritage8010035>
69. Li M. Research on the digitalization and application path of ethnic art image archives in textile product design / Miao Li // Textile & Leather Review. – 2026. – Vol.9. – P.255-270. <https://doi.org/10.31881/TLR.2026.255>
70. Kavitha C., Ranganayaki T. Pixelsegnet-CNN: a hybrid deep learning framework with optimized pre-processing for high-precision textile defect segmentation / Kavitha C., Ranganayaki T. // International Journal of Applied Mathematics. – 2025. – Vol.38 №5. – P.366-381 <https://doi.org/10.12732/ijam.v38i5s.322>
71. La reine Marie-Antoinette dit 'à la Rose' (1755-1793) LLM [Electronic resource]: Access mode: <https://pop.culture.gouv.fr/notice/joconde/000PE007435>
72. Королева Єлизавета I мала понад 20 шпигунів по всій Європі – вчений розкрив секретне dossier [Електронний ресурс]: Режим доступу: <https://life.pravda.com.ua/society/u-korolevi-yelizaveti-i-bula-merezhahshpiguniv-u-yevropi-vcheni-otrimali-sekretne-dosye-302412/>
73. Историчні костюми (1830-1920) Європи [Електронний ресурс]: Режим доступу: <https://www.dreamstime.com/historical-costumes-europe-europehistorical-image375600566>
74. Victoria Museum: вінтажні сукні, віяла та тростини з секретом [Електронний ресурс]: Режим доступу: <https://tykyiv.com/ce-kyiv/victoria-museum-vintazhni-sukni-viiala-ta-trostini-z-sekretom/>
75. A Wedding Dress Of Spitalfields Silk [Electronic resource]: Access mode: <https://spitalfieldslife.com/2018/05/16/a-wedding-dress-of-spitalfields-silk-x/>
76. Authentic Replicas of the Dresses of Empress-Queen Elisabeth [Electronic resource]: Access mode: <https://www.temptprincess.hu/monika-czedly-fashion-designer/>
77. Імператриця Сісі у весільній сукні 1857 року [Електронний ресурс]: Режим доступу: [https://www.reddit.com/r/fashionhistory/comments/1aub63/empress\\_sisi\\_in\\_her\\_wedding\\_dress\\_from\\_1857/?tl=uk](https://www.reddit.com/r/fashionhistory/comments/1aub63/empress_sisi_in_her_wedding_dress_from_1857/?tl=uk)
78. Preview Of Queen Victoria's Palace Exhibition Marking The 200th Anniversary Of Her Birth [Electronic resource]: Access mode: <https://www.gettyimages.com/detail/news-photo/queen-victorias-stuart-ball-costume-at-buckingham-palace-on-news-photo/1156017819>

## References

1. Sha, S., Li, Y., Wei, W. et al Image classification and restoration of ancient textiles based on convolutional neural network / Sha Sha, Yi Li, Wantong Wei, Yating Liu, Cheng Chi, Xuewei Jiang, Zhongmin Deng, Lei Luo // *International Journal of Computational Intelligence Systems*. – 2024. – vol. 17 № 11 <https://doi.org/10.1007/s44196-023-00381-9>
2. Ivanova D., Aversa M., P. Henderson and J. Williamson. ARTeFACT: Benchmarking segmentation models on diverse analogue media damage / Daniela Ivanova; Marco Aversa; Paul Henderson; John Williamson, All Authors // *IEEE/CVF Winter Conference on Applications of Computer Vision (WACV)*, Tucson, AZ, USA, 2025. – P.7439-7449, <https://doi.org/10.1109/WACV61041.2025.00723>
3. Зінченко О. В. Звенігородський О. С. Кисіль Т. М. Згорткові нейронні мережі для вирішення задач комп'ютерного зору / Зінченко О. В. Звенігородський О. С. Кисіль Т. М. // *Вісник Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій*. – 2022. - № 2. – С.4-12 <https://doi.org/10.31673/2412-4338.2022.020411>
4. Koulali Imane; M. Taner Eskil Unsupervised textile defect detection using convolutional neural networks / Koulali Imane; M. Taner Eskil // *Applied Soft Computing*. – 2021. – vol. 113(A). –pp 107913. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2021.107913>
5. OH Abu Quwsar, et al. Fabricnet: a fiber recognition architecture using ensemble convnets. / Abu Quwsar Ohi; M. F. Mridha; Md. Abdul Hamid, Muhammad Mostafa Monowar, Faris A. Kateb // *IEEE Access*. – 2021. – vol.9. – P.13224-13236. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3051980>
6. Ilham Kachbal. Said El Abdellaoui. Computer vision for fashion: a systematic review of design generation, simulation, and personalized recommendations / Ilham Kachbal. Said El Abdellaoui // *Information*. – 2026. – vol.17 (1). <https://doi.org/10.3390/info17010011>
7. Dong M. et al. Towards intelligent design: A self-driven framework for collocated clothing synthesis leveraging fashion styles and textures / M. Dong, D. Zhou, J. Ma and H. Zhang // In: *ICASSP 2024-2024 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP)*. IEEE. – 2024. p. 3725-3729. <https://doi.org/10.1109/ICASSP48485.2024.10446336>
8. Jiao W., Cai X., Tian Y., Zuo M. Dual-image differential transformer for periodic lace surface defect detection / W. Jiao, X. Cai, Y. Tian, M. Zuo // *Engineering Applications of Artificial Intelligence*. – 2025. – Vol. 148 <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2025.110386>
9. Iqbal Hussain M. A., Khan B., Wang Z., Ding, S. Woven fabric pattern recognition and classification based on deep convolutional neural networks. / Muhammad Ather Iqbal Hussain, Babar Khan, Zhijie Wang, Shenyi Ding // *Electronics*. – 2020. – vol.9(6). – p.1048. <https://doi.org/10.3390/electronics9061048>
10. Machado R.; Barros L.A.M.; Vieira V.; Silva F.D.d.; Costa H.; Carvalho V. Textile defect detection using artificial intelligence and computer vision—a preliminary deep learning approach. / Rúben Machado1, Luis A. M. Barros, Vasco Vieira, Flávio Dias da Silva, Hugo Costa, Vitor Carvalho // *Electronics*. – 2025. – vol.14(18). – p.3692. <https://doi.org/10.3390/electronics14183692>
11. Ayyurek E, Marcuzzo M, Zangari A, Giudice L, Bigaglia G, Pistellato M, Albarelli A, Gasparetto A. Repeated pattern detection on fabric: A survey and novel approach. / 11. Ayyurek E, Marcuzzo M, Zangari A, Giudice L, Bigaglia G, Pistellato M, Albarelli A, Gasparetto A. // *PLoS One*. – 2026. – vol.21(2) <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0340797>
12. Grömer K. Textile research / Karina Grömer // nhm Naturhistorisches museum wien. [Electronic resource]: Access mode: [https://www.nhm.at/en/research/prehistory/research/textile\\_research?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.nhm.at/en/research/prehistory/research/textile_research?utm_source=chatgpt.com)
13. Gigilashvili D., Lukesova H., Gulbrandsen C.F. et al. Computational techniques for virtual reconstruction of fragmented archaeological textiles / Davit Gigilashvili, Hana Lukesova, Casper Fabian Gulbrandsen, Akash Harijan, Jon Yngve Hardeberg // *Heritage Science*. – 2023. – Vol. 11(259). <https://doi.org/10.1186/s40494-023-01102-3>
14. Çelik H. İ., Dülger L. C., Öztaş B., Kertmen M., Gültekin E. A novel industrial application of CNN approach: real time fabric inspection and defect classification on circular knitting machine / Halil İbrahim Çelik, Lale Canan Dülger, Burak Öztaş, Mehmet Kertmen, Elif Gültekin // *Textile and Apparel*. – 2022. – Vol.32(4). – P.344-352. <https://doi.org/10.32710/tektstilvekonfeksiyon.1017016>
15. Wang Fuhai, et al. Source localization and power estimation through RISs: performance analysis and prototype validations / Fuhai Wang, Tiebin Mi, Chun Wang, Rujing Xiong, Zhengyu Wang, Robert Caiming Qiu // arXiv preprint. – 2025. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2512.11420>
16. Jon Victor OpenAI Hustles to Beat Google to Launch 'Multimodal' LLM [Electronic resource]: Access mode: <https://www.theinformation.com/newsletters/ai-agenda/openai-hustles-to-beat-google-to-launch-multimodal-llm>
17. Shawon M. T. R., Tanvir R., Shifa H. F., Kar S., M. Jubair I. / MD Tanvir Rouf Shawon; Raihan Tanvir; Humaira Ferdous Shifa; Susmoy Kar; Mohammad Imrul Jubair // *Jamdanı motif generation using conditional GAN*. *23rd International Conference on Computer and Information Technology (ICCIT)*, DHAKA, Bangladesh. – 2020. - pp. 1-6. <https://doi.org/10.1109/ICCIT51783.2020.9392654>
18. Chai-Arayalert S.; Puttinaovarat S.; Saetang W. Phygital experience platform for textile exhibitions in small local museums / Supapom Chai-Arayalert, Supattra Puttinaovarat, Wanida Saetang // *Heritage*. – 2025. – Vol. 8(1)35. <https://doi.org/10.3390/heritage8010035>
19. Li M. Research on the digitalization and application path of ethnic art image archives in textile product design / Miao Li // *Textile & Leather Review*. – 2026. – Vol.9. – P.255-270. <https://doi.org/10.31881/TLR.2026.255>
20. Kavitha C., Ranganayaki T. Pixelsegnet-CNN: a hybrid deep learning framework with optimized pre-processing for high-precision textile defect segmentation / Kavitha C., Ranganayaki T. // *International Journal of Applied Mathematics*. – 2025. – Vol.38 №5. – P.366-381 <https://doi.org/10.12732/ijam.v38i5s.322>
21. La reine Marie-Antoinette dit 'à la Rose' (1755-1793) LLM [Electronic resource]: Access mode: <https://pop.culture.gouv.fr/notice/joconde/000PE007435>
22. Queen Elizabeth I had more than 20 spies across Europe – a scholar has uncovered a secret dossier [Electronic resource]: Access mode: <https://life.pravda.com.ua/society/u-korolevi-yelizaveti-i-bula-merezha-shpiguniv-u-yevropi-vcheni-otrimali-sekretne-dosye-302412/>
23. Historical Costumes (1830–1920) of EuropeHistorical Costumes (1830–1920) of Europe [Electronic resource]: Access mode: <https://www.dreamstime.com/historical-costumes-europe-europehistorical-image375600566>
24. Victoria Museum: вінтажні сукні, віяла та тростини з секретом [Electronic resource]: Access mode: <https://tykyiv.com/ce-kyiv/victoria-museum-vintazhni-sukni-viiala-ta-trostini-z-sekretom/>
25. A Wedding Dress Of Spitalfields Silk [Electronic resource]: Access mode: <https://spitalfieldslife.com/2018/05/16/a-wedding-dress-of-spitalfields-silk-x/>
26. Authentic Replicas of the Dresses of Empress-Queen Elisabeth [Electronic resource]: Access mode: <https://www.temptprincess.hu/monika-czedly-fashion-designer/>
27. Empress Sisi in her wedding dress from 1857 [Electronic resource]: Access mode: [https://www.reddit.com/r/fashionhistory/comments/1aubu63/empress\\_sisi\\_in\\_her\\_wedding\\_dress\\_from\\_1857/?tl=uk](https://www.reddit.com/r/fashionhistory/comments/1aubu63/empress_sisi_in_her_wedding_dress_from_1857/?tl=uk)
28. Preview Of Queen Victoria's Palace Exhibition Marking The 200th Anniversary Of Her Birth [Electronic resource]: Access mode: <https://www.gettyimages.com/detail/news-photo/queen-victorias-stuart-ball-costume-at-buckingham-palace-on-news-photo/1156017819>