Голові разової спеціалізованої вченої ради

Національного технічного університету

«Дніпровська політехніка»

д.т.н., професору Володимиру ГНАТУШЕНКУ

**ВІДГУК**

офіційного опонента на кваліфікаційну наукову працю (дисертацію)

**Мартиненка Андрія Анатолійовича**

на тему

«Методи і моделі організації, обробки та аналізу даних в інтелектуальній системі підтримки прийняття рішень при ідентифікації творів живопису»

представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії

за спеціальністю 122 – «Комп’ютерні науки»

**Актуальність теми**

Більшість інформації зі світу людина отримує за допомогою органів зору. Тому недарма здавна люди намагалися зберегти зображення оточуючого їх світу, побуту та іншого за допомогою живопису. Таким чином отримані протягом століть зображення минулого є важливою ланкою пізнання як того, що дійшло до нас скрізь віки, так і сучасності. Тому ідентифікація, експертиза, митна експертиза та реєстрація культурних цінностей – це важливі ланки в системі обліку та контролю за збереженням пам’яток національної культури, їх переміщенням через митний кордон, а також у сфері регулювання правовідносин розпорядництва та пов’язаними з ними майновими комплексами усіх форм власності. Експертна діяльність активно сприяє науковому вивченню культурних цінностей – артефактів національної історії, матеріальних носіїв ідеалів народу, а також специфічного товару на світовому ринку. Проведення ідентифікації культурних цінностей і творів живопису, як один з етапів експертизи – складний процес, що не піддається чітко зафіксованому формальному опису, а часто має евристичний характер і залежить від професійного рівня та професійної інтуїції експерта. Культурні цінності давно є об’єктами злочинів, зокрема вивезення їх із держави. Фальсифікація приховує твори живопису від митного контролю; її виявлення потребує тривалої експертизи з використанням різноманітних методів аналізу і відповідно швидкого прийняття рішення. Важливим напрямком розвитку інформаційних технологій є розробка систем, призначених для підтримки процесів прийняття рішення. Конкретне застосування даних систем актуально під час вирішення широкого кола завдань, пов’язаних із культурними цінностями.

Інтелектуальна система підтримки прийняття рішень, яка може класифікувати твори живопису за різними критеріями, такими як стиль, епоха, автор, тощо, може бути корисною для аналізу, навчання та оцінки художніх творів, а також для виявлення підробок або схожості між різними творами. Для розробки такої системи потрібно використовувати моделі та методи, які можуть опрацьовувати візуальну інформацію, витягувати характеристики та атрибути зображень, порівнювати та класифікувати твори за допомогою сучасних алгоритмів машинного навчання та штучного інтелекту. Саме тому тема роботи є актуальною та затребуваною.

**Аналіз змісту дисертаційної роботи**

Дисертаційна робота складається зі вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел, додатків. Загальний обсяг роботи складає 156 сторінок тексту, що містять 148 сторінок основного тексту, анотації на 8 сторінках, 20 рисунків, 5 таблиць, списку використаних джерел, що налічує 183 найменування на 19 сторінках, 2 додатків на 8 сторінках.

У вступі до дисертації автором визначено актуальність теми, сформульовано мету дослідження та задачі, розв’язання яких забезпечує реалізацію мети роботи, об'єкт дослідження та предмет дослідження, подано наукову новизну та практичне значення результатів. Наявна інформація про публікації та апробацію результатів досліджень.

В першому розділі дисертації автором проаналізовано та описано питання експертизи та ідентифікації культурних цінностей при використанні систем підтримки прийняття рішень. Наведено розгляд проблеми встановлення дійсності і авторства творів живопису. Також в розділі розглянуто питання вибору та обґрунтування методів кластеризації творів живопису, та була виконана постановка завдання дослідження. Зазначено можливості інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень, для класифікації творів живопису за різними критеріями, такими як стиль, епоха, автор, тощо. Та доцільність використання сучасних моделей та методів, які можуть опрацьовувати візуальну інформацію, витягувати характеристики та атрибути зображень, порівнювати та класифікувати твори за допомогою сучасних алгоритмів машинного навчання та штучного інтелекту.

У другому розділі дисертації автором наведено математичну постановку задачі класифікації творів живопису, вибір і обґрунтування простору ознак, вибір та обґрунтування методу класифікації творів живопису. В розділі відображено комплексний формалізований підхід до розробки методу класифікації творів живопису на етапі митної експертизи. Встановлено, що найефективніше розв'язання поставленої задачі доцільно шукати у вигляді класифікатора, дія якого базується на зваженому алгоритмі k-найближчих сусідів.

У третьому розділі дисертації автором наведено розробку інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень під час проведення музейної експертизи оцифрованих творів живопису, системний аналіз проблеми повної музейної експертизи, провенанс творів живопису. У розділі розглянуто задачу автоматизованої класифікації картин за допомогою інтелектуальної системи ухвалення рішень на основі графа знань і Fine-Grained Image Analysis. Запропоновано рішення у вигляді класифікатора на основі згорткових нейронних мереж з функцією уваги, що діє в мультизадачному режимі.

У четвертому розділі автором наведено результати експериментального дослідження митної експертизи творів живопису та наведено розробку інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень під час проведення музейної експертизи оцифрованих творів живопису, системний аналіз проблеми повної музейної експертизи, провенанс творів живопису. Наведені в розділі результати експериментальних досліджень підтвердили ефективність розробленого методу розв'язання задачі автоматизованої класифікації картин за ім'ям автора, стилем, жанром і часом створення для підтримки ухвалення рішень експертами мистецтвознавцями під час проведення повної музейної експертизи оцифрованих творів живопису. Розроблено концептуальну модель інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень ідентифікації культурних цінностей та структуру й алгоритм її роботи. Наведено інструменти практичної реалізації відповідної системи.

Висновки до дисертації складаються з 7 пунктів, де зазначено основні наукові та практичні результати роботи.

Додаток Б містить акти про впровадження результатів дисертаційних досліджень Мартиненка А.А.

**Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій**

В дисертаційній роботі при обґрунтуванні наукових положень використано методи теорії математичного моделювання для математичної постановки задачі та розробки методів її розв’язання; теорії графів для розробки архітектури системи класифікації та ідентифікації творів живопису; теорії штучних нейронних мереж для розробки інтелектуальної системи класифікації та ідентифікації творів живопису, теорії обробки експериментальних даних та теорії прийняття рішень для обробки модельних та експериментальних даних.

Наукові положення та висновки дисертаційної роботи обґрунтовані з достатнім рівнем, є достовірними, відповідають вимогам наукової новизни. Адекватність отриманих автором теоретичних результатів підтверджена проведеними експериментальними дослідженнями на реальних даних та актами про впровадження.

**Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях**

Матеріали дисертаційної роботи повною мірою викладені у 13 публікаціях, з них – 8 статей у фахових періодичних виданнях України з технічних наук, з яких 3 – категорії А (індексується в Scopus та Web of Science), 5 – категорії Б; 5 тезах доповідей у матеріалах міжнародних наукових конференцій.

**Достовірність і новизна наукових положень, висновків і рекомендацій**

У дисертаційній роботі на основі отриманих теоретичних і експериментальних досліджень розв’язана задача розробки моделей та методів організації, обробки та аналізу даних в інтелектуальній системі підтримки прийняття рішень при ідентифікації культурних цінностей за рахунок використання сучасних штучних нейронних мереж.

Експериментальні дослідження проводилися в лабораторних умовах і на реальних об'єктах. Ефективність запропонованих рішень була досліджена під час експериментів із базою зображень, що містить фото картин світових, європейських та українських художників.

Основні наукові положення представлено у фахових наукових виданнях, що підтверджує їх достовірність та новизну.

**Значимість отриманих результатів для практичного використання**

Запропоновані у роботі рішення впроваджено в митній справі Дніпровській митниці Держмитслужби.

Результати проведених досліджень застосовуються у низці дисциплін при навчальному процесі у Національному технічному університеті «Дніпровська політехніка» на факультеті інформаційних технологій на кафедрі програмного забезпечення комп'ютерних систем.

**Зауваження по роботі**

1. В тексті роботи мають місце деякі стилістичні неточності та незначні відхилення від вимог при оформленні роботи.
2. На сторінках 99 – 100 отримані результати, виражені в термінах точності класифікації, дублюються в табл. 4.5. та на рис. 4.4.
3. В роботі не повною мірою опрацьовано та проаналізовано практичне застосування запропонованих рішень. Та неповною мірою розглянуто подальший розвиток отриманих результатів.
4. Незначна частина матеріалу другого та третього розділу має відомий та описовий характер і відповідно може бути скорочена.

Проте, відмічені зауваження не носять принципового характеру та не впливають на загальне позитивне враження від роботи.

**ВИСНОВОК**

У дисертаційній роботі Мартиненка А.А. на тему «Методи і моделі організації, обробки та аналізу даних в інтелектуальній системі підтримки прийняття рішень при ідентифікації творів живопису» вирішується актуальна задача створення математичних моделей, методів, схем та алгоритмів, орієнтованих на розв’язання задач використання інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень при ідентифікації творів живопису, як одного з видів культурних цінностей. У дисертаційній роботі на основі отриманих теоретичних і експериментальних досліджень розв'язано задачу розробки моделей та методів організації та обробки даних в інтелектуальній системі підтримки прийняття рішень при ідентифікації творів живопису за рахунок використання сучасних штучних нейронних мереж.

Робота відповідає вимогам актуальності, наукової новизни та практичної цінності. Викладення матеріалу – логічне та послідовне. Роботи автора, які опубліковані в фахових виданнях та виданнях, що входять до наукометричних баз, відображають основні наукові положення, висновки та рекомендації дисертації. Результати наукових досліджень мають апробацію на міжнародних науково-технічних конференціях. Оформлення дисертаційної роботи відповідає вимогам ДСТУ.

Вважаю, що робота відповідає змісту та компетентностям освітньо-наукової програми доктора філософії, за якою навчався здобувач, вимогам пунктів 6, 7, 8 і 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022р. №44, а її автор – Мартиненко Андрій Анатолійович заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 «Комп’ютерні науки» галузі 12 «Інформаційні технології».

Офіційний опонент:

професор кафедри інформатики

****Харківського національного університету

радіоелектроніки,

д.т.н., професор Сергій МАШТАЛІР