

Голові разової спеціалізованої вченої ради
Національного технічного університету
«Дніпровська політехніка»
д.т.н., професору Володимиру ГНАТУШЕНКУ

ВІДГУК
офіційного рецензента
кандидатки технічних наук, доцентки **Каштан Віти Юріївни** на
дисертаційну роботу
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
в галузі знань 12 – Інформаційні технології

Актуальність роботи. Культурні цінності давно є об'єктами злочинів, зокрема вивезення їх із держави. Ідентифікація творів живопису, встановлення їх авторства та справжності стає актуальним завданням в сучасному світі, де цінності мистецтва набувають все більшого значення. 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.

Для запобігання незаконному вивезенню картин за кордон проводиться митна та музейна експертизи з використанням різних методів дослідження творів мистецтва, зокрема аналіз історичних, мистецтвознавчих, фінансових та інших відомостей і документів, що підтверджують справжність. Одним з варіантів вирішення цієї задачі може бути створення та використання інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень при ідентифікації культурних цінностей, яка б містила в собі не тільки базу даних з описом різних ознак, характеристик та атрибутикою предметів мистецтва, але і могла б робити висновки про ступінь культурної й історичної цінності досліджуваного об'єкта. Проведений аналіз робіт по даному напрямку дозволяє зробити висновок, що, незважаючи на розвиток сучасних інформаційних технологій та спроби проектування подібних систем, на сьогоднішній день не існує остаточного та всебічного рішення даної проблеми.

За останній час було запропоновано більш сучасні та ефективні інструменти для ідентифікації та класифікації творів живопису. За останні роки великої популярності набрало використання штучних нейронних мереж.

Таким чином, дослідження, розробка і використання моделей і методів організації, обробки та аналізу даних при ідентифікації і класифікації творів живопису, підвищення якості та ефективності розв'язання цих задач є актуальними та важливими.

Наукові результати та їх новизна. Отримані наукові результати розв'язують актуальну науково-прикладну задачу підвищення якості та точності ідентифікації і класифікації творів живопису в інтелектуальній системі підтримки прийняття рішень за рахунок розробки відповідних математичних моделей та методів. У дисертаційній роботі започатковано новий комплексний формалізований підхід до обробки та аналізу даних в інтелектуальній системі підтримки прийняття рішень при ідентифікації творів живопису, що дозволило реалізувати автоматизований контроль двоетапної процедури експертизи для встановлення авторства та справжності картин.

При цьому отримано такі *основні наукові результати*:

1. Вперше розроблено двоетапну процедуру автоматизованої експертизи для встановлення авторства та справжності картин, застосування якої дозволило підвищити ефективність ідентифікації твору живопису та знизити людський фактор при попередній експертизі.

2. Набула подальшого розвитку інтелектуальна система підтримки прийняття рішень класифікації творів живопису за атрибутом часу його створення в режимі real time, що підвищило ефективність роботи експерту та скорочення часу при встановленні віку твору живопису при попередній експертизі та при прийнятті рішення щодо подальшого його аналізу.

3. Вперше розроблено архітектуру інтелектуальної системи прийняття рішень на етапі (музейна експертиза), що виконує автоматичний збір візуальних ознак та аналіз Fine-Grained ознак із зображення картини, формування вектору провенансу та ідентифікацію картини на ім'я автора, стилю, жанру та часу створення на основі мереж глибокого навчання для автоматичної класифікації картин з урахуванням їхнього провенансу. Це дозволило підвищити якість та ефективність роботи інтелектуальної системи прийняття рішень для ідентифікації та класифікації творів живопису.

4. Удосконалено метод класифікації картин з урахуванням провенансу у векторному представленні та з можливістю розрізнення характерних особливостей художників одного жанру, однієї часової епохи з використанням уявлення знань у вигляді графової структури, де виділення ознак на

зображеннях картин виконується за допомогою Searching and Learning Discriminative Regions (SDR, LDR пошук і вивчення дискримінаційних регіонів). На відміну від інших підходів це створило передумови для прийняття ефективних рішень щодо експертизи творів за мінімально можливий час.

5. Для формалізації провенансу та його використання як атрибута під час ідентифікації картин отримали подальший розвиток згорткові нейронні мережі з функцією ваги, яка діє в мультизадачному режимі. Це дозволяє, на відміну від інших систем, проводити повну музейну експертизу творів живопису.

Практичне значення та практична цінність отриманих результатів.

Дисертаційну роботу Мартиненка Андрія Анатолійовича виконано на кафедрі програмного забезпечення комп'ютерних систем Національного технічного університету «Дніпровська політехніка», де добувач є співвиконавцем науково-дослідних робіт:

– «Методи, моделі та технології обробки даних в комп'ютерних системах загального та спеціального призначення» (державний реєстраційний номер 0121U113718);

– «Високопродуктивні багатопроцесорні системи: особливості конструювання, дослідження оцінок ефективності, застосування до розв'язування прикладних задач» (державний реєстраційний номер 0122U201569).

Результати проведених досліджень застосовуються у навчальному процесі Національного технічного університету «Дніпровська політехніка» на факультеті інформаційних технологій на кафедрі програмного забезпечення комп'ютерних систем при викладанні дисциплін: «Машинне навчання»; «Сучасні методи і системи підтримки прийняття рішень»; «Моделі та методи штучного інтелекту в комп'ютерних науках».

Запропоновані у дисертаційній роботі рішення впроваджені в митній справі Дніпровській митниці Держмитслужби та Дніпровському художньому музеї при проведенні експертизи.

Результати впровадження підтверджені відповідними актами.

Оцінка змісту, ступеню завершеності та обґрунтованості положень дисертаційної роботи.

У вступі здобувачем визначено актуальність теми, сформульовано мету дослідження та задачі, розв'язання яких забезпечує реалізацію мети роботи, подано наукову новизну та практичне значення результатів. Найважливіша інформація про публікації та апробацію результатів досліджень.

В першому розділі автором описано та проаналізовано 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.

В другому розділі наведено математичну постановку задачі класифікації творів живопису, вибір і обґрунтування простору ознак, вибір та обґрунтування методу класифікації творів живопису.

В третьому розділі наведено розробку інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень під час проведення музейної експертизи оцифрованих творів живопису, системний аналіз проблеми повної музейної експертизи, провенанс творів живопису.

В четвертому розділі наведено результати експериментального дослідження митної експертизи творів живопису. Розроблено архітектуру автоматизованої системи класифікації картин з використанням Knowledge Graph і Fine-Grained Image Analysis для інтелектуальної системи прийняття рішень на етапі музейної експертизи. Система класифікації картин виконує автоматизований збір візуальних ознак та аналіз Fine-Grained ознак з оцифрованого зображення картини, формування вектору провенансу та ідентифікацію картини за ім'ям автора, стилем, жанром і часом створення на основі мереж глибокого навчання для автоматизованої класифікації картин з урахуванням їхнього провенансу.

Запропоновано застосування Knowledge Graph для формалізації провенансу та його використання як атрибута під час ідентифікації картин за допомогою Fine-Grained Image Analysis, реалізованої в архітектурі згорткових нейронних мереж глибокого навчання.

Для організації навчання класифікатора пропонується використовувати функцію втрат на основі кутової неузгодженості між внутрішньомережевими уявленнями об'єктів класифікації.

Також 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.

Все вищезазначене дозволяє зробити висновок про високий ступінь достовірності та обґрунтованості результатів роботи Мартиненка Андрія Анатолійовича.

Повнота викладення результатів дисертаційної роботи в наукових виданнях. Наукові результати та положення повністю відображено в 13 публікаціях (8 статей у фахових періодичних виданнях України, з яких 3 – категорії А (індексується в Scopus та Web of Science), 5 – категорії Б; 5 тезах доповідей у матеріалах міжнародних наукових конференцій).

Результати роботи достатньо висвітлено та апробовано на всеукраїнських та міжнародних конференціях. Кількість публікацій, їх повнота та обсяг у достатній мірі відображають особистий внесок автора і відповідають вимогам, що висувуються до дисертації на здобуття наукового ступеня доктора філософії.

Повний обсяг роботи складає 156 сторінок, з яких 148 сторінок – основний текст. Список використаних джерел містить 183 найменування.

Оформлення роботи та дотримання вимог академічної доброчесності. Дисертаційна робота написана науково правильною мовою на високому технічному рівні з використанням сучасної термінології. Робота написана українською мовою.

Тема, зміст та отримані наукові результати роботи відповідають спеціальності 122 – Комп'ютерні науки в галузі знань 12 – Інформаційні технології.

Аналіз наукових праць, що опубліковані автором, та зміст дисертаційної роботи, дозволяє стверджувати, що наукові та практичні результати отримані здобувачем особисто. В дисертаційній роботі не виявлено текстових запозичень та використання наукових результатів науковців без посилань на відповідні джерела.

Відсутність порушень академічної доброчесності підтверджує наявний звіт про результати перевірки на академічний плагіат дисертації Мартиненка Андрія Анатолійовича.

Дискусійні положення та зауваження до змісту дисертації.

Враховуючи позитивні аспекти дисертаційного дослідження, важливо відзначити наступні зауваження:

1. В розділі 1 не повною мірою проведено аналіз існуючих систем підтримки прийняття рішень ідентифікації та класифікації творів живопису. Висновок до першого розділу надто загальний і має бути більш конкретним. Він не надає чіткої інформації про ключові результати аналізу літературних джерел і стану розвитку проблеми.

2. В розділі 2 частина матеріалу має описовий аналітичний характер, який можна було б частково перенести до розділу 1. Важливо враховувати конкретні приклади та аргументацію для висловленого твердження щодо ефективності методу зважених k-найближчих сусідів порівняно з іншими методами, наприклад, SVM. Наведення конкретних прикладів значно б покращило обґрунтування думки та зробили б висновки більш переконливими.

3. В розділі 3 наведено приклади полів даних, пов'язаних з провенансом, але не описано конкретних інструкцій чи методів для структурування та зберігання цих даних. Бажано б додати більше деталей про можливі методи збереження і структурування інформації про провенанс. Також потрібно було б розширити опис процесу побудови графа знань ArtGraph для аналізу провенансу творів. Автором не розглянуто підходи, методи та алгоритми, які використовуються для інтеграції і очищення даних з різних джерел, а також для побудови взаємозв'язків між вузлами.

4. В розділі 4 автору варто було б більш детально описати алгоритм проведення експериментальних досліджень.

5. В роботі необхідно було надати більше інформації про ресурси та обмеження, пов'язані зі збільшенням користувацької бази інтелектуальної системи.

6. При тестуванні системи не вказано обмеження методу та не описано наслідки неправильної ідентифікації об'єктів як творів живопису або невірної ідентифікації.

7. В тексті роботи мають місце деякі незначні відхилення від правил та вимог оформлення роботи та нумерації посилань на використані джерела інформації.

Вищезазначені зауваження мають окремий характер, суттєво не впливають на високий науковий рівень та практичну цінність дисертаційної роботи.

Висновок про відповідність дисертаційної роботи вимогам, які пред'являються до наукового ступеня доктора філософії. Робота Мартиненка Андрія Анатолійовича на тему «Методи і моделі організації, обробки та аналізу даних в інтелектуальній системі підтримки прийняття рішень при ідентифікації творів живопису» є завершеною науково-дослідницькою роботою, що містить нові науково обґрунтовані результати. У дисертаційній роботі було вирішено актуальну науково-прикладну задачу створення математичних моделей, методів, схем, та алгоритмів, орієнтованих на розв'язання задач ідентифікації та класифікації творів живопису, як одного

з видів культурних цінностей, при використанні їх в інтелектуальних системах підтримки прийняття рішень.

Тема і зміст роботи відповідають спеціальності 122 – Комп’ютерні науки, а наукові та практичні результати, отримані в дисертаційній роботі є значущими для галузі знань інформаційні технології.

Зважаючи на актуальність теми дисертації, обґрунтованість наукових результатів, висновків та рекомендацій, їх наукову новизну та практичну цінність, повноту викладу матеріалу в наукових публікаціях, відсутність порушень академічної доброчесності, вважаю, що дисертація Мартиненка Андрія Анатолійовича відповідає вимогам «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 та вимогам наказу МОН України №40 від 12.01.2017р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертації», а її автор, Мартиненко Андрій Анатолійович, заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 – Комп’ютерні науки.

Рецензентка:

кандидатка технічних наук, доцентка,
доцентка кафедри інформаційних технологій
та комп’ютерної інженерії

Національного технічного університету
«Дніпровська політехніка»



Віта КАШТАН

