

ВІДГУК

офіційного опонента

Гороховатського Володимира Олексійовича

на дисертаційну роботу Філатова Валерія Володимировича

«Автоматизована система швидкого пошуку

схожих цифрових зображень на основі нечіткої логіки»,

представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії

за спеціальністю 123 – Комп'ютерна інженерія

Актуальність теми

У сучасному інформаційному середовищі, насиченому цифровим візуальним контентом, особливо у сфері новинних повідомлень, зростає потреба в ефективних методах автоматизованої класифікації та кластеризації зображень. Традиційно обробка новин зосереджувалася на текстовому аналізі, однак візуальний супровід (фотографії, ілюстрації) відіграє дедалі важливішу роль у сприйнятті та семантичному групуванні інформації. Врахування інформації із зображень дає можливість формувати «візуальні» кластери новин, які можуть бути більш інформативнішими за текстову складову.

Разом з тим новинні зображення часто зазнають спотворень (масштабування, обрізання, зміна кольору тощо) і надходять у великих обсягах у режимі, близькому до режиму реального часу, що створює серйозні виклики для традиційних методів оброблення. При цьому існуючі підходи, зокрема засновані на глибокому навчанні, потребують значних обчислювальних ресурсів і не завжди забезпечують прозорість прийняття рішень.

Таким чином, зараз актуальною є задача розроблення високопродуктивного, стійкого до спотворень методу класифікації та кластеризації зображень у динамічних новинних базах даних, який би дозволяв здійснювати швидкий пошук схожих візуальних об'єктів. Перспективним напрямом можна вважати поєднання чіткого та нечіткого підходів у побудові класифікаційного правила, що забезпечує баланс між

параметрами точності, інтерпретованості та швидкодії.

Тема пов'язана з виконанням науково-дослідних робіт кафедри «Комп'ютерна інженерія та програмування» НТУ «ХПІ». Здобувач брав участь у науково-дослідній роботі за темою К6003 «Розробка пропозицій щодо оптимального розміщення даних та управління ресурсами в розподілених інформаційно-управляючих системах» (№д/р 0124U001391), в якій здобувач був виконавцем окремих розділів.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертаційній роботі.

Наукові положення, висновки та рекомендації, сформульовані у дисертаційній роботі Філатова В.В., ґрунтуються на коректних теоретичних узагальненнях і підтверджені отриманими результатами обчислювальних експериментів, що засвідчує їх обґрунтованість як з теоретичного, так і з прикладного сенсу.

Достовірність отриманих у дисертації результатів забезпечується використанням узгодженого математичного апарату спектрального аналізу, теорії нечітких множин, методів кластерного моделювання та структурного оцінювання подібності зображень. Значущість і практична придатність розроблених підходів підтверджуються програмною реалізацією системи й апробацією її функціонування на реальних даних новинних баз.

Дослідження виконано з використанням сучасних методів математичного моделювання та інструментів комп'ютерної реалізації. Це дало можливість не лише формалізувати запропоновані методи, але й перевірити їх ефективність у прикладних умовах, що підтверджує наукову і практичну цінність результатів дисертації.

Достовірність результатів досліджень.

Достовірність проведених теоретичних досліджень підтверджується результатами відповідних експериментальних опрацювань автора.

Наукові результати дисертації застосовані під час створення автоматизованої системи швидкого пошуку схожих цифрових зображень на

основі нечіткої логіки, яка реалізована у вигляді функціонального програмного прототипу та апробована в умовах реального використання.

До основних нових наукових результатів дисертації слід віднести наступне:

– одержали подальший розвиток методи аналізу спектральних ознак зображень, які полягають у встановленні узагальненої леми щодо інваріантності амплітудного спектра двовимірного дискретного косинусного перетворення до ортогональних поворотів (на 90° , 180° , 270°) та дзеркальних відображень зображення по горизонтальній і вертикальній осях, що дало змогу обґрунтувати використання модуля ДКП-коефіцієнтів як стійкої ознаки для формування сигнатур в задачах кластеризації та ідентифікації зображень при симетричних афінних спотвореннях;

– вперше розроблений метод побудови спектральної сигнатури зображення, що заснований на агрегації амплітудних коефіцієнтів двовимірного дискретного косинусного перетворення у чотирьох спектральних каналах (градації сірого, червоний, зелений, синій) з використанням L1-, зваженої L1- та L2-норм, а також на доведеній лемі про інваріантність модуля спектра ДКП до ортогональних поворотів і дзеркальних відображень, що дало змогу сформуванню компактно, стійку до афінних симетрій сигнатуру для класифікації зображень без необхідності виявлення ключових точок;

– вперше розроблений комбінований метод класифікації зображень, який заснований на формуванні підкласу потенційно схожих зображень на основі прямокутної функції належності до спектральної сигнатури з урахуванням метрики міських кварталів та нечіткого критерію подібності на основі гаусових функцій належності, що дало змогу підвищити точність класифікації, зменшити кількість помилкових відмов і об'єднувати надлишкові кластери без повторного обчислення сигнатур при динамічному оновленні бази даних.

Значимість отриманих результатів для науки і практичного використання.

Практична цінність полягає у використанні результатів досліджень:

1) в ІТ-компанії ТОВ «МЕТА ЮЕЙ» (м. Київ), що спеціалізується на розробці та підтримці пошукової системи Meta.ua і суміжних вебсервісів, яка надала дані для апробації розроблених методів на практиці;

2) в Національному технічному університеті «Харківський політехнічний інститут» (м. Харків) при розробці і впровадженні матеріалів дисциплін у в навчальний процес кафедри «Комп'ютерна інженерія та програмування».

Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях.

Результати досліджень опубліковані у 11 роботах, серед яких: 2 статті в наукових виданнях України, що індексуються в наукометричній базі Scopus (Q3 відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank), 1 стаття в науковому фаховому виданні України, 8 публікацій у матеріалах міжнародних наукових конференцій.

Участь здобувача у роботах, що опубліковані у співавторстві, зазначена у дисертаційній роботі.

Опубліковані матеріали повністю відображають зміст дисертації та відповідають вимогам пункту 8 Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії, затвердженого Постановою КМУ від 12.01.2022 р. №44.

Оцінка змісту дисертаційної роботи

Дисертаційна робота Філатова В.В. складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел, 4-х додатків.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертації, показана її наукова і практична цінність, сформульовані мета і задачі дослідження, які необхідно вирішити для її досягнення, описано зв'язок дисертації з

науковими планами та темами, наведено апробацію дисертаційної роботи і публікації.

У першому розділі проаналізовано предметну область класифікації новинних зображень, наведено систематизований огляд засобів обробки візуального контенту, зокрема методів на основі глибокого навчання, дескрипторів і спектральних перетворень. Визначено обмеження існуючих підходів щодо швидкодії, стійкості до спотворень та ступеня інтерпретованості результатів. Здійснено формулювання наукової проблеми, сформульовано мету та задачі дослідження.

У другому розділі викладено теоретичні засади стосовно побудови спектральної сигнатури зображення на основі дискретного косинусного перетворення, розглянуто схему квантування спектральних коефіцієнтів, сформовано загальну модель класифікації та кластеризації зображень. Запропоновано підхід до задачі кластеризації з урахуванням часової передісторії класифікаційних рішень, що дає змогу адаптивно оновлювати множину кластерів без попереднього навчання.

У третьому розділі розглянуто питання розроблення програмного прототипу для системи швидкого пошуку схожих цифрових зображень у великих динамічних базах даних. Сформульовано функціональні вимоги до системи, описано її архітектуру та реалізовано основні програмні компоненти. Наведено приклад втілення кластеризації новинного контенту, що базується на результатах комбінованої класифікації з використанням нечітких функцій належності. Здійснено тестування роботи ключових модулів і проаналізовано особливості інтеграції системи з динамічним вхідним потоком зображень.

У четвертому розділі представлено результати експериментального дослідження ефективності розробленого методу класифікації зображень. Наведено характеристику використаного датасету новинних зображень, описано процедуру побудови спектральних сигнатур та проведено оцінювання параметрів класифікатора. Особливу увагу приділено дослідженню властивостей комбінованого класифікаційного підходу, оцінено точність, швидкодію та стійкість до типових видів спотворень

аналізованих зображень. Підтверджено ефективність розробленого методу в умовах відсутності попереднього навчання та обмежених обчислювальних ресурсів.

Висновки до розділів і загальні висновки дисертації сформульовано досить логічно, вони чітко і повністю відповідають поставленим у роботі цілям та задачам.

Список використаних джерел із 81 найменування досить повний і включає вітчизняні та зарубіжні публікації.

Анотація відображає основний зміст дисертації та достатньо повно розкриває наукові результати та практичну цінність роботи.

Академічна доброчесність

Порушень академічної доброчесності в дисертації та наукових публікаціях, у яких висвітлені основні наукові результати дисертації, не виявлено.

Усі результати, які винесено автором на захист, отримані самостійно і містяться в опублікованих роботах. У роботах, опублікованих у співавторстві, використані тільки ті ідеї, положення та розрахунки, які є результатом особистих наукових пошуків.

По дисертаційній роботі можна зробити наступні зауваження:

1. В підрозділі 1.1 відмічається, що «...задачу кластеризації новинного контенту з урахуванням графічного супроводу можна розглядати як мультимодальну класифікаційну задачу, що поєднує аналіз як текстових, так і візуальних даних», але далі в тексті дисертації ця думка не розвивається, відсутні рекомендації щодо такого поєднання хоча б на потенційному рівні. У наведеному прикладі рис. 3.6 текст і зображення аналізуються окремо.

2. У запропонованій моделі кластеризації варто було б розглянути можливість побудови ієрархічного підходу (на верхньому рівні – віднесення до великої теми, наприклад «спорт», на наступному – вид спорту, наприклад «футбол» і т.д.

3. При формуванні одновимірних векторів частотних компонент (рис. 2.1) необхідно вказати, з яких міркувань вибирається значення M – кількість врахованих частотних компонент.

4. Потрібно було б більш детально розглянути процедуру адаптації параметрів ширини нечіткої множини в формулі (2.21), та кількість N найкращих зображень у вирішальному правилі (2.23).

5. При побудові ROC-кривої (рис. 4.12) варто було б навести формули розрахунку значень координат (чутливість та специфічність) та обґрунтувати вибір діапазону зміни порогу ϵ [80;120].

6. У розділі 2 у правилі (2.16) є незрозумілим те, з якою метою обов'язково формуються нові кластери, якщо вхідне зображення не віднесено до жодного із наявних класів за значенням сигнатури. Справа в тому, що кількість таких зображень може невпинно зростати.

7. У роботі для прийняття класифікаційних рішень використано велику кількість параметрів, ефективний вибір яких залежить від аналізованих даних. Автор не наводить прикладів чи загальних способів щодо визначення цих параметрів для конкретних наборів зображень.

Вказані недоліки не впливають на загальну позитивну оцінку виконаної роботи. Дисертація є актуальною і має високу наукову цінність та практичну значущість.

ВИСНОВОК

Дисертаційна робота Філатова Валерія Володимировича «Автоматизована система швидкого пошуку схожих цифрових зображень на основі нечіткої логіки» за своїм змістом відповідає спеціальності 123 – Комп'ютерна інженерія. Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, яка розв'язує важливу науково-практичну задачу, яка полягає в створенні автоматизованої системи класифікації та кластеризації зображень новинного контенту в умовах об'ємних динамічних баз даних, які постійно оновлюються та містять спотворені візуальні об'єкти.

Подана дисертаційна робота «Автоматизована система швидкого пошуку схожих цифрових зображень на основі нечіткої логіки» Філатова В.В.

відповідає спеціальності 123 – «Комп'ютерна інженерія», відповідає вимогам до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора філософії, а саме 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 КМУ від 12.01.2022 р. №44, а здобувач Філатов Валерій Володимирович заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 123 – Комп'ютерна інженерія.

Офіційний опонент

Професор кафедри інформатики
Харківського національного
університету радіоелектроніки,

д.т.н., професор

21.07.2025

Володимир ГОРОХОВАТСЬКИЙ

Підпис Володимира ГОРОХОВАТСЬКОГО засвідчую

Учений секретар



Ірина ЖАРИКОВА