

**ВІДГУК**  
офіційного опонента  
Павлова Сергія Володимировича  
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**

Швидкий розвиток цифрових медіа зумовлює потребу в автоматизованих підходах до класифікації й групування зображень, які супроводжують новинний контент. Зображення, які додаються до новин, відіграють не лише ілюстративну, але й класифікаційну роль, дозволяючи покращити якість групування матеріалів. У низці випадків саме візуальна подібність є ключовим фактором для виявлення тематичних зв'язків між повідомленнями. Однак пошук схожих зображень у динамічних базах даних супроводжується рядом технічних обмежень: спотворення вхідних даних, постійне оновлення бази, необхідність швидкого реагування. Більшість відомих підходів або потребують значних обчислювальних ресурсів, або не забезпечують достатньої точності без попереднього навчання. У зв'язку з цим актуальною є розробка адаптивних, інтерпретованих і високопродуктивних методів класифікації та кластеризації зображень, здатних працювати в умовах, близьких до умов реального часу, без потреби у навчанні.

У дисертаційній роботі поставлена науково-практична задача розробки автоматизованої системи класифікації та кластеризації зображень новинного контенту в умовах великих динамічних баз даних, які постійно оновлюються та містять спотворені або модифіковані візуальні об'єкти.

Тема пов'язана з виконанням науково-дослідних робіт кафедри «Комп'ютерна інженерія та програмування» НТУ «ХПІ». Здобувач брав участь у науково-дослідній роботі К6003 «Розробка пропозицій щодо оптимального розміщення даних та управління ресурсами в розподілених інформаційно-управляючих системах», ДР 0124U001391). Науковий керівник НДР: д-р техн. наук, проф. Коломійцев О.В. Участь автора – виконавець.

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

Положення та висновки, наведені в дисертаційній роботі Філатова Валерія Володимировича, в достатній мірі обґрунтовані як з наукового, так і з прикладного

поглядів. Обґрунтованість отриманих у роботі наукових положень, висновків і рекомендацій базується на використанні методів спектрального аналізу, теорії нечітких множин, теорії класифікації, метричних підходів до оцінювання подібності об'єктів, а також методів машинного навчання.

Дослідження виконано з урахуванням сучасних вимог до обробки великих динамічних баз даних і базується на математичному моделюванні, побудові формалізованих класифікаційних структур і реалізації програмного прототипу. Результати підтверджені експериментально: проведено оцінювання точності, швидкодії та стійкості розробленого класифікатора, а також здійснено порівняльний аналіз з іншими методами. Це свідчить про достатній рівень обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі.

### **Достовірність результатів досліджень.**

Достовірність результатів теоретичних та експериментальних досліджень підтверджується порівнянням характеристик розробленого класифікатора з існуючими методами на основі реальних наборів зображень новинного контенту, що містять спотворені версії. Отримані результати пройшли верифікацію шляхом багатокритеріальної оцінки за показниками точності, продуктивності та стійкості до симетричних афінних спотворень зображень, а також шляхом впровадження розробленого програмного прототипу в інформаційні системи ТОВ «Мета ЮЕЙ».

Практична апробація підтверджує відповідність роботи реальним умовам функціонування динамічних баз даних, що забезпечує високий рівень достовірності сформульованих висновків.

### **До основних нових наукових результатів дисертації слід віднести наступне:**

– одержали подальший розвиток методи аналізу спектральних ознак зображень, які полягають у встановленні узагальненої лемі щодо інваріантності амплітудного спектра двовимірного дискретного косинусного перетворення до ортогональних поворотів (на  $90^\circ$ ,  $180^\circ$ ,  $270^\circ$ ) та дзеркальних відображень зображення по горизонтальній і вертикальній осях, що дало змогу обґрунтувати використання модуля ДКП-коефіцієнтів в якості 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 сформувати компактну, 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 гауссових функцій належності, що дало змогу підвищити точність класифікації, зменшити кількість помилкових відмов і об'єднати надлишкові кластери без повторного обчислення сигнатур при динамічному оновленні бази даних.

### **Значимість отриманих результатів для науки і практичного використання.**

Практична цінність результатів дисертаційної роботи полягає у використанні розроблених моделей, алгоритмів і програмного забезпечення в Національному технічному університеті «Харківський політехнічний інститут» (м. Харків) при впровадженні в навчальний процес кафедри «Комп'ютерна інженерія та програмування» в рамках дисциплін «Обробка сигналів і зображень» та «Основи наукових досліджень». Окрім того, результати використано при виконанні курсових і дипломних робіт студентів спеціальності «Комп'ютерна інженерія».

Також значущість підтверджується впровадженням елементів розробленої системи кластеризації новинного контенту в інформаційні сервіси ТОВ «Мета ЮЕЙ», що засвідчує практичну придатність і прикладне значення отриманих наукових результатів у сфері аналізу візуальних даних.

### **Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях.**

Результати досліджень опубліковані у 11 роботах, серед яких: 2 статті у наукових виданнях України, що індексуються в міжнародній наукометричній базі Scopus (Q3), 1 стаття у науковому фаховому виданні України, 8 тез доповідей у матеріалах міжнародних 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, чотирьох додатків.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертації, визначено її наукову та прикладну значущість, сформульовано мету та основні задачі дослідження, описано зв'язок роботи з науковими планами та темами, наведено інформацію про наукову новизну, практичну цінність, апробацію результатів та публікації автора.

У першому розділі розглянуто проблему кластеризації новинного контенту із залученням візуальної складової. Проаналізовано сучасні методи пошуку та розпізнавання зображень, серед яких алгоритми, що базуються на дескрипторах ключових точок, перцептуальному хешуванню та згорткових нейронних мережах. Встановлено, що багато з існуючих рішень мають суттєві недоліки: високу обчислювальну складність, залежність від навчальних вибірок, низьку стійкість до геометричних та фотометричних спотворень, а також обмежену придатність до роботи з динамічними даними. Обґрунтовано необхідність розробки нових методів класифікації зображень, які забезпечують поєднання точності, швидкодії та адаптивності.

У другому розділі розроблено формалізовану модель класифікації зображень на основі спектральних ознак, інваріантних до симетричних афінних спотворень. Запропоновано новий метод побудови спектральної сигнатури з використанням коефіцієнтів двовимірного дискретного косинусного перетворення, а також комбінований метод класифікації, який поєднує жорстке порогове рішення з нечіткою оцінкою подібності. Показано, що така комбінація дозволяє зменшити кількість помилкових відмов та підвищити точність класифікації.

У третьому розділі розроблено архітектуру програмного прототипу автоматизованої системи кластеризації зображень новинного контенту. Розроблено функціональні модулі системи, зокрема модуль обчислення сигнатур, класифікатор і засоби управління базою даних. Система реалізована мовою Python із використанням бібліотек для обробки зображень та управління даними. Запропоновано підхід до візуальної кластеризації, незалежний від мови новинного тексту, що дозволяє інтегрувати систему в багатомовні медіасередовища. Наведено результати тестування, що демонструють роботу системи в умовах потокового оновлення даних.

У четвертому розділі проведено експериментальні дослідження ефективності запропонованого методу. Представлено результати тестування на великій вибірці зображень, включаючи спотворені версії. Здійснено оцінювання точності класифікації, швидкодії системи та її стійкості до різних типів спотворень. Показано, що система забезпечує високу пропускну здатність і зберігає стабільність роботи в умовах оновлення даних без потреби повторного навчання.

Висновки до кожного розділу сформульовані чітко та обґрунтовано, а загальні висновки повністю відображають наукові результати дисертаційної роботи.

Список використаних джерел із 81 найменувань 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 такі зауваження:**

В цілому робота написана грамотною технічною мовою у відповідності до прийнятої наукової термінології, викладена в логічній послідовності та в достатній мірі проілюстрована. Але разом з загальною позитивною оцінкою до роботи є зауваження.

1. При огляді існуючих систем для розпізнавання зображень в підрозділі 1.3 варто було вказати їх кількісні характеристики.

2. Формування спектральної сигнатури базується на чотирьох каналах (градації сірого, червоний, зелений, синій), проте не розглянуто можливість переходу до інших колірних просторів (наприклад, HSV або YCbCr), що потенційно може покращити інваріантність до освітлення.

3. Під час опису інваріантності спектральних ознак до симетричних афінних перетворень доцільно було б не лише послатися на властивості ДКП, а й експериментально продемонструвати збереження подібності сигнатур при цих перетвореннях.

4. В третьому розділі було б доречно розглянути питання безпеки даних, особливо якщо система передбачає обробку новинного контенту в реальному часі. В розділі не згадано про механізми захисту від несанкціонованого доступу або перевірки достовірності джерел.

5. При порівнянні якості класифікації розробленого методу з базовими методами в таблиці 4.4 варто було навести визначення точності класифікації (True Positive, True Negative або їх комбінація), та формулу обчислення точності класифікації.

Зазначені зауваження до дисертації не знижують наукової й практичної цінності роботи та не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи.

## 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, що розв’язує важливу науково-практичну задачу, яка полягає в розвитку і поглибленні теорії та методів класифікації зображень з урахуванням обмежень продуктивності, точності та інтерпретованості результатів.

Подана дисертаційна робота «Автоматизована система швидкого пошуку схожих цифрових зображень на основі нечіткої логіки» Філатова Валерія Володимировича 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 біомедичної інженерії та  
оптико-електронних систем Вінницького  
національного технічного університету,  
д.т.н., проф.

Сергій ПАВЛОВ

«28 » липня 2025 р.

«Підпис завірено»  
Учений секретар ВНТУ

Інна ВІШТАК

