

Голові разової
спеціалізованої вченої ради
Національного університету
«Львівська політехніка»
д.т.н., професору Віталію ЯКОВИНІ

РЕЦЕНЗІЯ

доктора технічних наук, професора
МАТВІЙЧУКА Ярослава Миколайовича
на дисертаційну роботу **ПОБЕРЕЙКА Петра Богдановича**
«МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ АНАЛІЗУ ВІДЕОПОТОКІВ
ТА ПОШУКУ ПОДІБНОСТЕЙ У КОНТЕНТНО-ОРІЄНТОВАНИХ
СИСТЕМАХ ВІДЕОІНФОРМАЦІЇ»,
подану до разової спеціалізованої вченої ради
на здобуття ступеня доктора філософії в галузі 12 – Інформаційні
технології за спеціальністю 122 – Комп'ютерні науки

Актуальність теми дисертаційного дослідження. Цифрова трансформація медіа-, безпекових та наукових сервісів супроводжується експоненціальним зростанням обсягів відеоданих, які неможливо вручну обробляти. Тому підвищуються вимоги до контентно-орієнтованих систем, здатних у реальному часі знаходити фрагменти за змістом. У роботі Поберейка П. Б. розроблено системи зі скороченим часом відгуку при збереженні високої точності. Саме тому тема є актуальною для розвитку когнітивних сервісів відеоаналітики.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертацію виконано в межах держбюджетної НДР «Комплексний догляд

для наступного покоління», що відповідає пріоритетам МОН України. Результати використовуються у навчальних курсах кафедри.

Оцінка наукових результатів дисертації. Наукова цінність дослідження полягає в нових результатах, отриманих автором.

- Удосконалення методів сегментації відеопотоків. В дисертації запропоновано та обґрунтовано алгоритм визначення меж сцен для автоматичного розділення відеопотоку на окремі смислові сцени. Це підвищує точність подальшого змістовного аналізу відео.
- Розробка компактних алгоритмів виділення ознак. Автором розроблено алгоритми сегментації та виділення ознак об'єктів на ключових кадрах, адаптовані до умов обмежених обчислювальних ресурсів. Отримані дескриптори відеовмісту ефективно зберігаються й обробляються, що важливо для практичного застосування в реальному часі та на пристроях з невисокою продуктивністю.
- Інтеграція просторово-часових ознак для пошуку подібних відеофрагментів. Автор розробив двокомпонентну модель порівняння для порівняння об'єктів у відео що є науково новим.
- Впровадження допоміжної нейронної мережі для моніторингу основної глибокої мережі та автоматичної корекції її параметрів. Такий підхід забезпечує адаптивну оптимізацію системи пошуку відео в режимі реального часу і є новим.
- Створення нової архітектури контентно-орієнтованої системи відео пошуку, що включає клієнтську та серверну частини, сховище даних для ознак відео та модуль моніторингу продуктивності. Ця архітектура реалізована у вигляді програмного комплексу.

Отже, наукова новизна отриманих результатів засвідчена. Отримані автором результати можуть бути основою для подальших наукових досліджень та розробок у галузі комп'ютерного зору, обробки відеоданих та штучного інтелекту.

Практичні результати роботи, їх рівень та ступінь впровадження.

Практичне значення результатів дисертаційного дослідження полягає у суттєвому підвищенні ефективності систем аналізу та пошуку відео за змістом. Розроблені методи та алгоритми дозволяють значно прискорити процес пошуку потрібних відеофрагментів у великих базах даних, одночасно підвищуючи точність відбору відповідних матеріалів. Це має вирішальне значення для застосування у відеоспостереженні, у медіа-архівах та бібліотеках, у системах підтримки прийняття рішень на основі відеоінформації, а також у розважальних сервісах та соціальних мережах (рекомендація відео на основі схожості контенту).

На основі запропонованих методів створено діючий програмний комплекс, який може бути інтегрований в існуючі контентно-орієнтовані системи відеоінформації. Практичні результати, отримані в дисертації, відкривають можливості для їх широкого впровадження. Вони придатні до використання в інформаційних системах, можуть бути масштабовані під різні обсяги даних та апаратні платформи, а також підвищують продуктивність праці фахівців, що займаються аналізом відеоданих.

Отже, практична цінність роботи підтверджується як створенням конкретних прикладних рішень, так і успішним впровадженням результатів в освітню та прикладну діяльність. Це свідчить про те, що напрацювання здобувача є не тільки теоретично значущими, але й корисними з прикладної точки зору.

Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях. Наукові положення та висновки, сформульовані у дисертації, ґрунтуються на чітко викладеній теоретичній базі й підтверджені всебічними експериментальними дослідженнями. Автор застосував сучасний апарат математичного аналізу, імітаційного моделювання та методів машинного навчання, що забезпечило внутрішню узгодженість, відтворюваність і доказовість отриманих результатів. Кожен із

запропонованих підходів перевірено на відкритих еталонних датасетах і в межах створеної системи. При цьому досягнуто приросту точності та скорочення часу відповіді порівняно з базовими методами.

Достовірність висновків засвідчує апробація результатів. Зміст дисертації відображено у шести наукових працях відповідного рівня. Кількість і географія публікацій свідчать про визнання новизни та коректності результатів науковою спільнотою.

Отже, результати є внутрішньо несуперечними та практично відповідними, а сформульовані висновки логічно й повністю впливають із проведеного аналізу та отриманих даних.

Оцінка достовірності та обґрунтованості основних положень і висновків дисертації. Положення й висновки дисертації ґрунтуються на сучасних теоретичних засадах глибинного навчання, комп'ютерного зору та векторного пошуку і підтверджені експериментами. Автор застосував комбіновану збірку даних з 20 086 відеокліпів, використаних у співвідношенні 70 % / 15 % / 15 % для навчання, валідації та тестування (табл. 4.3).

Експериментальні результати демонструють помітний приріст якості та продуктивності порівняно з базовими алгоритмами (табл. 4.4). Оптимізована архітектура забезпечує пошук фрагмента за долі секунди на багатотисячній базі.

Надійність висновків підкріплено зовнішньою апробацією й практичним упровадженням. Розроблені методи інтегровано в навчальний процес Національного університету «Львівська політехніка» та в дослідження в компанії «Резон», що підтверджено актами впровадження. Результати доповідалися на міжнародних конференціях і висвітлені у шести рецензованих публікаціях, що засвідчує визнання новизни та коректності отриманих даних науковою спільнотою. Отже, основні положення дисертації є належним чином обґрунтованими, повністю

підтвердженими експериментально й практично, а сформульовані висновки логічно випливають із отриманих результатів і мають прикладне значення.

Оцінка змісту, оформлення й обсягу дисертації. Повний обсяг дисертації становить 172 сторінок, список літератури налічує 92 джерела. Дисертація містить анотацію, вступ, чотири розділи, висновки, список використаних джерел і чотири додатки, що відповідає вимогам МОН. Текст викладено науково-стилістичною українською мовою, подача матеріалу послідовна й прозора.

У вступі автор обґрунтовує актуальність проблеми і показує, що класичні алгоритми комп'ютерного зору не відповідають вимогам масштабованості та реального часу. Сформульовано мету — підвищити точність і швидкодію за рахунок інтеграції просторово-часових ознак. Визначено об'єкт і предмет дисертації, перелічено наукові завдання та особистий внесок здобувача.

Перший розділ систематизує сучасні підходи до сегментації, екстракції ключових кадрів і контентного пошуку. Здобувач деталізує підходи SBD, SlowFast, ViViT, TimeSformer та DBSCAN, порівнюючи їхню обчислювальну вартість і чутливість до шумів. Сформульовані завдання дисертації: скоротити час відповіді, і знизити ресурсні вимоги.

У другому розділі описано власні алгоритми попередньої обробки. Автор пропонує двокомпонентний процес. Поєднання HSV-гістограм і абсолютних різниць із механізмом уваги дає відчутний приріст порівняно з класичним детектором кадр-кадр. Описано схему кластеризації для вибору представницьких кадрів і подано клієнтський сценарій

Третій розділ описує комбіновану модель із двома спеціалізованими підмодулями для вимірювання схожості динаміки та оцінки об'єктного контенту. Експериментальна частина (табл. 4.4) показує зменшення

середнього часу відповіді з 1,8 с до 0,47 с. Окремо наведено аналіз помилкових спрацювань і граничних випадків.

Четвертий розділ присвячений практичній реалізації та перевірці працездатності запропонованих методів у цілісній системі. Автор представляє архітектуру інформаційної системи зі спеціальним сховищем для збереження ознак відео, що полегшує доступ до них при виконанні пошукових запитів. Наведено основні сценарії використання системи та взаємодії компонент. Обґрунтовано вибір сучасних технологій і платформ для розгортання системи. Важливим елементом системи є модуль моніторингу, що постійно аналізує ключові показники продуктивності та автоматично налаштовує параметри обробки відеопотоку. Наведено результати апробації створеного програмного комплексу на тестових даних у режимі, близькому до реального часу. Це підтверджує, досягнення поставленої мети і вирішення завдання дисертації.

У висновках автор підсумовує виконані завдання: підвищено точність та знижено час контентного пошуку; наведені приклади впровадження розробленої системи в освітньому процесі та експлуатації в компанії «Резон». Сформульовано пропозиції щодо майбутніх напрямів подальших досліджень.

Зауваження до дисертаційної роботи.

1. Обмежена порівняльна оцінка з аналогами. Експериментальні результати наведені головню для різних конфігурацій системи, створеної автором. У роботі бракує прямого порівняння з іншими сучасними підходами до контентного відеопошуку.

2. Повнота аналізу отриманих результатів. Попри високі показники точності та продуктивності, у роботі недостатньо розглянуто межі застосовності та випадки можливих помилок алгоритму.

Висновок

Дисертація Поберейка Петра Богдановича «Методи та засоби аналізу відеопотоків та пошуку подібностей у контентно-орієнтованих системах відеоінформації» є завершеною науковою роботою, яка робить суттєвий внесок у розвиток технологій інтелектуальної обробки відеоданих. Успішно розв'язано актуальне науково-прикладне завдання: запропоновано ефективні методи аналізу відеопотоків і контентного пошуку, що покращують продуктивність відеосистем при великих обсягах даних та обмежених обчислювальних ресурсах.

Зміст, структура й обсяг дослідження, його наукова новизна та практична значущість повністю відповідають паспорту спеціальності 122 «Комп'ютерні науки» та вимогам, визначеним «Порядком присудження ступеня доктора філософії» (постанова КМУ від 12 січня 2022 р. № 44 із змінами). Відтак автор заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки».

Рецензент:

доктор технічних наук, професор
кафедри систем штучного інтелекту
Національного університету
«Львівська політехніка»



Ярослав МАТВІЙЧУК

Підпис д. т. н., професора
Ярослава МАТВІЙЧУКА засвідчую.
Вчений секретар
Національного університету
«Львівська політехніка»



Роман БРИЛИНСЬКИЙ