

Голові разової спеціалізованої вченої ради
Національного університету "Львівська політехніка"
д.т.н., проф. Ярославу ВИКЛЮКУ

РЕЦЕНЗІЯ

кандидата технічних наук, доцента

КРИВЕНЧУКА Юрія Павловича

на дисертаційну роботу **БАСИСТЮКА Олега Андрійовича**
«ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ АНАЛІЗУ МУЛЬТИМОДАЛЬНИЙ ДАНИХ НА
ОСНОВІ АНСАМБЛЮ МОДЕЛЕЙ МАШИННОГО НАВЧАННЯ»,

представлену в разову спеціалізовану вчену раду на здобуття ступеня
доктора філософії в галузі 12 – Інформаційні технології
за спеціальність 122 – Комп'ютерні науки

Актуальність теми дисертаційного дослідження. Розроблення та впровадження сучасних методів та засобів для опрацювання мультимодальних даних є надзвичайно актуальним напрямом досліджень, оскільки дозволяє ефективно вирішувати складні прикладні задачі у різних сферах — від охорони здоров'я та освіти до промисловості, логістики та безпеки. Інтеграція різномірних типів інформації таких як текст, зображення, відео, сенсорні та числові дані, забезпечує глибший аналіз процесів і явищ, підвищує точність моделей та сприяє ухваленню обґрунтованих рішень.

У дисертаційній роботі розглянуто актуальні напрями досліджень обробки мультимодальних даних, синхронізації, пошуку аномалій, узгодження неоднократних даних. Особливу увагу приділено ансамблям моделей машинного навчання, принципам змішування даних, а також методам їх інтеграції.

Практична цінність роботи полягає в її універсальності та можливості застосування результатів у широкому спектрі прикладних задач, що відповідає сучасним тенденціям цифровізації, автоматизації та розвитку інтелектуальних систем у різних галузях.

Таким чином, дисертаційна робота Басистюка Олега Андрійовича «Інформаційна технологія аналізу модальний даних на основі ансамблю

моделей машинного навчання», яка розв'язує актуальне науково-прикладне завдання, що полягає у вдосконаленні процесів опрацювання мультимодальних даних, зокрема з акцентом на пристосування до українських наборів даних.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Результати досліджень, представлені в цій роботі, мають безпосереднє відношення до наукових програм і двох держбюджетних тем: №0119U002257 «Технологія ансамблевого опрацювання мультимодальних україномовних наборів даних для класифікації текстової інформації». Дослідження в якій спрямовано на вирішення актуальної науково-прикладної проблеми створення технології пошуку дезінформації на основі мультимодальних україномовних наборів даних. Держбюджетна тема №0123U100231 «Технологія опрацювання мультимодальних українськомовних наборів даних для визначення рівня стресу», зосереджена на вивченні особливостей консолідації мультимодальних наборів даних для аналізу емоційного стану особи та визначення рівня стресу.

Виконані дослідження узгоджується з цілями та напрямками розвитку сучасних технологій, зокрема в сфері інформаційних технологій, безпеки, медичних та аналітичних систем. Результати роботи використовуються як складові частини наступних науково-дослідних та науково-пошукових тем, зокрема у рамках проектів, що орієнтуються на розширення можливостей високих технологій, програмну інженерію великих даних та інформаційну безпеку, зокрема у контексті міжнародного співробітництва.

Оцінка наукових результатів дисертації. Наукова новизна одержаних результатів є такою:

- 1) Вперше розроблено модель опрацювання унімодальних та мультимодальних даних на основі ансамблевих методів шляхом визначення вагомості кожної з модальностей, що підвищило генералізацію результатів незалежно від кількості опрацьованих модальностей;

- 2) Вперше розроблено рекомендаційну систему щодо зберігання модальностей у різних форматах даних, що дало змогу збільшити швидкодію опрацювання таких даних;
- 3) Удосконалено метод попереднього опрацювання україномовних мультимодальних даних шляхом визначення аномальних даних, що дало змогу підвищити точність векторизації даних;
- 4) Отримав подальший розвиток метод синхронізації мультимодальних даних шляхом застосування множини векторизаторів та механізмів уваги, що дало змогу опрацьовувати модальності з різними довжинами та узгоджувати їх між собою.

Практичні результати роботи, їх рівень та ступінь впровадження.

Практичні досягнення даного дослідження включають в себе: розроблено метод запису мультимодальних даних у базі даних для підготовки подальшого опрацювання [1]; розроблено метод перевірки та попередньої обробки даних [2]; розроблено модель опрацювання даних ансамблевим методом на основі моделей машинного навчання [3]; розроблено метод інтеграції даних [5, 6]; розроблено архітектуру даних для пропонуваної системи [7, 8].

Результати дисертаційного дослідження також використовувалися у науково-дослідних проектах, що виконувалися відповідно до пріоритетних напрямків науково-дослідних робіт Національного університету “Львівська політехніка”.

Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях. За темою дисертаційного дослідження опубліковано 13 наукових праць, а саме 3 публікації, що індексуються в міжнародних НМБД Scopus, зокрема дві у журналі Q1 та одну в журналі Q2; 5 статей у наукових фахових виданнях України категорії Б та 5 публікації у матеріалах науково-практичних конференцій. 1 розділ у міжнародній монографії. Кількість публікацій відповідає вимогам, що пред’являються до дисертаційних робіт на здобуття наукового ступеня доктора філософії.

Оцінка достовірності та обґрунтованості основних положень і висновків дисертації. Наукові положення, висновки та рекомендації, представлені в дисертації, мають надійне теоретичне підґрунтя та підтверджуються результатами численних експериментів у сфері опрацювання мультимодальних наборів даних. Ефективність запропонованих моделей і методів, а також їхнім ансамблів, підтверджується чисельними успішним впровадженням. Розроблені підходи були протестовані на реальних даних та отримали позитивні результати в рамках вирішення практичних завдань в медичній установі, що підтверджується відповідним актом впровадження.

Оцінка змісту, оформлення й обсягу дисертації. Повний обсяг роботи складає 120 сторінки, з яких 99 – основний текст. Робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел, який складається зі 129 найменувань, та додатків. Робота викладена письмово українською мовою.

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми, зв'язок дослідження з науковими програмами, планами та темами, сформульовано мету і завдання, визначено об'єкт, предмет та методи дослідження, наведено наукову новизну і практичну цінність роботи, а також апробацію та публікації отриманих результатів. Матеріали дисертації відзначаються новизною, мають значущість для наукової спільноти, а отримані результати мають значний прикладний потенціал.

У **першому розділі** виконано всебічний аналіз сучасних технологій, що застосовуються для опрацювання модальних даних, із урахуванням особливостей кожного типу інформації. Розглянуто принципи класифікації модальностей та проведено їхню структурну характеристику з метою формалізації підходів до подальшої обробки. Проведено теоретичний аналіз природи модальних даних як множин інформаційних представлень, які відображають різні аспекти одного об'єкта або явища. Здійснено систематизацію підходів до обробки таких даних та окреслено їхнє місце у загальній структурі мультимодальних систем.

У **другому розділі** виконано формалізацію підходів попереднього опрацювання унімодальних наборів даних із подальшим злиттям у мультимодальні структури. Здійснено аналіз методів комплексування даних

різної природи та оцінено ефективність різних стратегій злиття векторів гетерогенних даних. Окреслено підходи до формалізації етапів трансформації та об'єднання даних у єдині інформаційні представлення, що забезпечують цілісність і несуперечливість оброблених наборів.

Третій розділ присвячено розробленню моделей зберігання мультимодальними даних, яке охоплює повний цикл їхньої підготовки та уніфікації. Формалізовано концепцію аналізу та попередньої обробки вхідних модальностей, що передбачає специфіку кожного типу даних — текстових, візуальних, числових тощо. Окрему увагу приділено методам синхронізації даних за часовою ознакою, що дає змогу враховувати динаміку змін і забезпечувати цілісне відображення багатовимірних процесів. Також розроблено механізм перевірки якості внесених даних, який дозволяє виявляти помилки, невідповідності та збоїв на етапі обробки.

У **чотвертому розділі** виконано проектування архітектури інформаційної системи, зокрема, описано основні класи, їхні атрибути та методи, а також зв'язки між ними, що забезпечують функціональність системи. Розроблено протокол обміну даними, що дозволяє забезпечити ефективну і безпечну передачу інформації між різними компонентами системи, зокрема між модулями обробки мультимодальних даних і іншими підсистемами, що відповідають за збереження та аналіз даних.

Здійснено апробацію результатів розробленої системи, що включала перевірку її працездатності та оцінку ефективності в реальних умовах. Визначено кількісні параметри системи, що дозволили оцінити її продуктивність, точність і стабільність роботи.

Особливу увагу приділено опису технології опрацювання мультимодальних даних для медичної практики, зокрема для визначення психоемоційного стану пацієнтів, які очікують на оперативні втручання. Ця архітектура була впроваджена в інформаційну систему, що працює в приватному підприємстві "Мережа Медичних Центрів Родина" і забезпечує інтеграцію даних з різних джерел для комплексної оцінки стану пацієнтів.

Загальні **висновки** до роботи сформульовані відповідно до поставлених завдань дослідження.

Зауваження до дисертаційної роботи.

1. В роботі не висвітлено питання відбору експертів для оцінки ефективності розроблених моделей та методів.
2. Можливо покращити зміст першого розділу шляхом більш чіткого формулювання завдань та їхнього зв'язку з загальною метою дослідження.
3. Четвертий розділ перевантажений теоретичною складовою і занадто детально описує практичну реалізацію запропонованої інформаційну технології.
4. В дисертаційній роботі є ряд пунктуаційних огріхів, допущені помилки набору тексту.

Однак, відзначені недоліки не знижують наукової та практичної цінності отриманих результатів і не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Висновки про відповідність дисертації встановленим вимогам.

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадиння, ознайомившись із науковими публікаціями та дисертацією Басистюка Олега Андрійовича, відзначаю відсутність порушень академічної доброчесності.

Дисертація Басистюка О.А. на тему «Інформаційна технологія аналізу модальний даних на основі ансамблю моделей машинного навчання» подана на здобуття ступеня доктора філософії в галузі 12 - Інформаційні технології за спеціальністю 122 - Комп'ютерні науки є завершеним науковим дослідженням, яке полягає у вдосконаленні процесів опрацювання мультимодальних даних. В рамках дисертаційного дослідження одержано нові розв'язки науково-прикладної проблеми. Актуальність, практичне значення, новизна та завершеність досліджень, обґрунтування висновків заслуговують позитивної оцінки.

Зміст дисертаційної роботи, отримані основні наукові положення та висновки відповідають паспорту спеціальності 122 "Комп'ютерні науки". Наведені вище у цьому відгуку зауваження, щодо представлення дослідження не знижують вагомості отриманих у роботі наукових та практичних результатів і не змінюють її позитивної оцінки.

Робота відповідає вимогам "Порядку присудження ступеня доктора філософії", затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44, а її автор Басистюк Олег Андрійович, заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальність 122 "Комп'ютерні науки".

Рецензент:

кандидат технічних наук, доцент,
заступник директора
з науково-педагогічної роботи
Інституту комп'ютерних наук
та інформаційних технологій,
доцент кафедри систем штучного інтелекту,
Національного університету
«Львівська політехніка»



Юрій КРИВЕНЧУК

Підпис к. т. н., доцента
Юрія КРИВЕНЧУК засвідчую.
Вчений секретар
Національного університету
«Львівська політехніка»
к. т. н., доцент



Роман БРИЛИНСЬКИЙ