

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

РЕЦЕНЗІЯ

доктора технічних наук, професора

ЯКОВИНИ Віталія Степановича

на дисертаційну роботу **БАСИСТЮКА Олега Андрійовича**
«ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ АНАЛІЗУ МУЛЬТИМОДАЛЬНИХ 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. Мультимодальні дані та технології обробки природних мов є сферою, яка активно розвивається в інформаційних технологіях, а також має великий потенціал для впровадження в різних сферах, таких як медицина, торгівля, фінанси та комунікації. Ці технології дозволяють інтегрувати та обробляти дані з різних джерел і сенсорів, що відкриває нові можливості для точного аналізу і прийняття рішень. Однак для ефективної роботи з мультимодальними наборами даних необхідна синхронізація та узгодження потоків даних, що дає змогу досягати високої якості результатів. Одним із важливих підходів є використання ансамблевих методів машинного навчання, які дозволяють створювати стійкі та точні моделі, об’єднуючи переваги різних моделей і зменшуючи ризик перенавчання.

Ключовою перевагою обробки мультимодальних даних є здатність аналізувати проблеми комплексно, враховуючи особливості кожної з модальностей. Інтеграція інформації з різних джерел, очищення від аномалій і приведення до єдиного формату є важливими етапами цього процесу. Для кожної модальності можна застосовувати окремі моделі, оптимізовані для певного типу даних, проте проблема узагальнення результатів може бути

ефективніше обробляти складні залежності та досягати кращих результатів у таких сферах, як комунікації, медицина та торгівля, забезпечуючи більш персоналізовані послуги та оптимізацію процесів.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертація була виконана відповідно до пріоритетних напрямків наукових досліджень Національного університету "Львівська політехніка" та у відповідності до координаційних планів Міністерства освіти і науки України. Зокрема, дослідження було частиною наукових проектів, що фінансувалися державою, на кафедрі систем штучного інтелекту в рамках теми «Технології опрацювання мультимодальних україномовних даних для визначення рівня стресу» (№ держ. реєстру 0123U100231), що підтверджується відповідними актами впровадження.

Оцінка наукових результатів дисертації. В даному дисертаційному дослідженні новизна одержаних результатів наступна:

- 1) Автором 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) Автором запропоновано 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;
- 3) Автором розроблено рекомендаційну систему щодо зберігання модальностей у різних форматах даних, що дало змогу збільшити швидкодію опрацювання таких даних;
- 4) Автором удосконалено метод попереднього опрацювання україномовних мультимодальних даних шляхом визначення аномальних даних, що дало змогу підвищити точність векторизації даних.

Практичні результати роботи, їх рівень та ступінь впровадження.

На підставі проведеного аналізу відомих рішень встановлено, що існуючі технології опрацювання мультимодальних даних, що використовують моделі машинного навчання, не завжди забезпечують прийнятний час та високу точність опрацювання даних, особливо у випадку опрацювання україномовних даних. Розроблено модель мультимодальних україномовних наборів даних, яка дає змогу зберігати дані різної структури, зменшувати суперечність у даних, що надходять з різних джерел. Проведено аналіз методів змішування даних, а саме *early, late i hybrid fusion*. Результатом було створення узагальненого конвеєру опрацювання різнотипових даних, у вигляді системи з уніфікованим інтерфейсом вхідних даних. Вдосконалено метод обчислення вагових коефіцієнтів для різних наборів даних, на основі мета моделі, що базується на архітектурі MLP. Розроблено архітектуру інформаційної системи для опрацювання україномовних мультимодальних даних, яка використана в інформаційній системі визначення емоційного забарвлення даних та психологічного стану особи, впровадженій в Лікарні швидкої допомоги м. Львова. Додатково розроблену систему можна використовувати, як конструктор для синхронізації та узагальнення різнотипових даних, розпізнавання унімодальних даних, тощо.

Результати дисертаційного дослідження знайшли свої практичні застосування у в освітніх курсів, у дослідних держбюджетних темах, а також у медичній сфері Львівщини, підтверджується актами впровадження.

Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях.

За темою дисертаційного дослідження було опубліковано 13 наукових праць, 3 статті в журналах з індексацією в НМБД, 5 фахових статей в виданнях України, 5 публікації у матеріалах науково-практичних конференцій. 1 розділ міжнародної 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. Положення і висновки наведені в дисертації, мають ґрунтовне теоретичне підґрунтя, що підтверджується результатами численних експериментів у галузі обробки мультимодальних даних. Ефективність запропонованих моделей і методів, а також ансамблевого підходу для організації

взаємодій моделей машинного навчання між собою, підтверджена успішними актами впровадження на практиці.

Оцінка змісту, оформлення й обсягу дисертації. Повний обсяг роботи складає 120 сторінки, з яких 99 – основний текст. Робота складається зі вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел, який складається зі 129 найменувань, та додатків. Робота написана українською мовою.

У вступі сформульовано мету і завдання даного дисертаційного дослідження, а також визначено об'єкт і предмет дослідження. Також в даному розділі представлено наукову новизну, практичну цінність результатів і їх апробацію в різних наукових публікаціях.

У першому розділі здійснено комплексний аналіз сучасних технологій обробки модальних даних, з акцентом на їх особливості. Розглянуто основні принципи зберігання даних різних типів та модальностей, окреслено підходи для формалізації модальних даних через використання поняття множини інформаційних представлень.

У другому розділі розглянуто процеси попередньої обробки унімодальних наборів даних з їх подальшим злиттям у мультимодальні структури. Проведено аналіз методів обробки даних різної природи та оцінку ефективності стратегій злиття векторів гетерогенних даних. Окреслено принципи трансформації та об'єднання даних у єдині структури, що забезпечують цілісність і несуперечливість інформації

Третій розділ розглянуто концепцію аналізу і попередньої обробки даних різних модальностей, таких як текстові, візуальні та числові дані розробці моделей зберігання мультимодальних даних, охоплюючи весь цикл підготовки та уніфікації даних. Окремо, приділено увагу методам синхронізації даних за часовою ознакою, що дозволяє точно відображати динаміку змін та процеси в багатовимірному просторі.

У четвертому розділі представлено архітектурне рішення розробленої технології обробки мультимодальних даних, а також проведено валідацію отриманих результатів на основі системи, адаптованої для роботи з україномовними даними для визначення психологічного портрету пацієнта. Цю

систему було впроваджено на приватному підприємстві “Мережа Медичних Центрів Родина”.

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

Зауваження до дисертаційної роботи.

1. У тексті роботи автор вживає термін «достовірність», проте не наводить його визначення та способу вимірювання цієї метрики.
2. У роботі вживається термін «оптимізація» (наприклад оптимізація процесів управління інформацією, стор. 13; оптимізація побудови та реалізації проєкту, стор. 78) проте не наведено опису оптимізаційної задачі, цільової функції, обмежень тощо.
3. Доцільно було б подати рекомендації щодо вибору моделі зберігання даних, як розв’язування задачі оптимізації, що полегшило б подальше використання розроблених методів.
4. Опис практичної реалізації системи слід було розширити конкретними прикладами, що дозволило б краще продемонструвати ефективність запропонованих рішень.
5. В тексті наявні незначні граматичні та стилістичні помилки.

Вважаю, що наведені зауваження не є суттєвими, не знижують загальної наукової новизни та практичної значущості 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 співпадіння, 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 дослідження

вирішує актуальне науково-прикладне завдання, яке полягає у вдосконаленні процесів опрацювання мультимодальних даних.

В рамках дисертаційного дослідження одержано нові розв'язки науково-прикладної проблемами. 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:

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



Віталій ЯКОВИНА

Підпис д. т. н., професора
Віталія ЯКОВИНИ засвідчую.
Вчений секретар
Національного університету
«Львівська політехніка»
к. т. н., доцент



Роман БРИЛИНСЬКИЙ