

Голові разової спеціалізованої вченої ради
Національного університету “Львівська політехніка”
доктору технічних наук, професору
Ярославу ВИКЛЮКУ

ВІДГУК

офіційного опонента

доктора технічних наук, професора

СУББОТІНА Сергія Олександровича

на дисертаційну роботу

БАСИСТЮКА Олега Андрійовича

на тему «**ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ АНАЛІЗУ**

МУЛЬТИМОДАЛЬНИХ ДАНИХ НА ОСНОВІ АНСАМБЛЮ

МОДЕЛЕЙ МАШИННОГО НАВЧАННЯ»,

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. Розробка та впровадження сучасних моделей і методів 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 різнорідних 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 дисертації розглянуто актуальні напрями досліджень, пов’язані з обробкою мультимодальних даних, зокрема прийняття синхронізації, пошуку аномалій, узгодження даних різної довжини. Особливу увагу приділено

застосуванню ансамблям моделей машинного навчання, принципам змішування даних, а також методам інтеграції даних.

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 тем, зокрема в контексті розробки технологій опрацювання мультимодальних даних та їх застосування в різних сферах. Зокрема у держбюджетній темі «Технологія опрацювання мультимодальних українськомовних наборів даних для визначення рівня стресу» №0123U100231. Це дослідження зосереджено на вивченні особливостей консолідації мультимодальних наборів даних для аналізу емоційного стану особи та визначення рівня стресу.

Виконане 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 проєктів, 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 полягає у наступному.

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) 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.

3) Вперше розроблено рекомендаційну систему щодо зберігання модальностей у різних форматах даних, що дало змогу збільшити швидкодію опрацювання таких даних.

4) 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.

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 запропонованої системи [7, 8].

Результати дисертаційного дослідження також використовувалися у науково-дослідних проєктах, що виконувалися відповідно до пріоритетних напрямків науково-дослідних робіт Національного університету “Львівська політехніка”, а саме в рамках держбюджетної теми кафедри систем штучного інтелекту «Технологія опрацювання мультимодальних українськомовних наборів даних для визначення рівня стресу» (№ державного реєстру 0123U100231)..

Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях. За темою дисертаційного дослідження опубліковано 13 наукових праць, а саме 3 публікації, що індексуються в міжнародних наукометричних базах Scopus, зокрема дві у журналі Q1 та одну в журналі Q2; 5 статей у наукових фахових виданнях України 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 впровадженнями. 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, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел, який складається зі 129 найменувань, та додатків. Робота написана 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 **четвертому 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. Хоча дисертація добре структурована, але зміст першого розділу можна було б покращити шляхом більш чіткого формулювання завдань та їхнього зв'язку з загальною метою дослідження.

2. У другому розділі доцільно було б навести більш детальний аналіз існуючих методів опрацювання мультимодальних даних та специфіки їх застосування в різних сферах.

3. В роботі не висвітлено питання відбору експертів для оцінювання ефективності розроблених моделей та методів.

4. Четвертий розділ перевантажений теоретичною складовою і занадто детально описує практичну реалізацію запропонованої інформаційної технології.

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 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 вирішує актуальне науково-прикладне завдання, 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 загальної 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 спеціальністю 122 "Комп'ютерні науки".

Офіційний опонент:

завідувач кафедри програмних засобів

Національного університету

"Запорізька політехніка",

доктор технічних наук, професор

Проректор з наукової роботи

доктор технічних наук, професор



Сергій СУББОТІН

Вадим ШАЛОМЄЄВ