

Голові разової спеціалізованої
вченої ради ДФ 70.052.026
Хмельницького національного
університету
доктору технічних наук, професору
Тетяні ГОВОРУЩЕНКО
29016, м. Хмельницький,
вул. Інститутська, 11

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

доктора технічних наук, професора Павлова Сергія Володимировича
на дисертаційну роботу **Калити Олега Дмитровича**
*«Інформаційна технологія ідентифікації змін емоційного стану людини за
мімічними проявами для систем, що відповідають вимогам безпеки»*,
подану до захисту на здобуття наукового ступеня **доктора філософії**
з галузі знань 12 Інформаційні технології
за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки

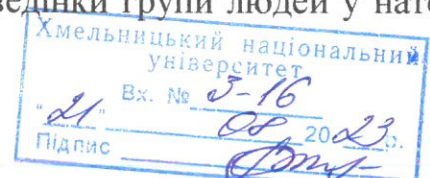
1. Актуальність теми дисертаційної роботи.

На сьогодні, місця масового скупчення людей часто стають ареною вибухів, терористичних актів та інших критичних ситуацій. Тому системи безпеки мають працювати на кілька кроків попереду. Особлива увага при цьому надається ідентифікації негативних емоційних станів, що може бути важливим індикатором можливої загрози.

Такі емоційні прояви, як страх та злість можуть вказувати на присутність або зародок потенційної небезпеки. Здатність вчасно виявляти та аналізувати такі емоційні реакції може стати рішенням, яке врятує життя. Мімічні прояви негативних емоцій є універсальними й спільними для більшості людей, незалежно від культури чи етнічної приналежності.

Інформаційна технологія, що дозволить ідентифікувати емоційні стани особи за її мімікою в режимі реального часу, може допомогти органам громадської безпеки оперативно реагувати на потенційні загрози. Це особливо важливо в місцях масового скупчення людей, де швидке виявлення і нейтралізація джерела небезпеки може запобігти паніці, травмам або навіть гибелі людей. Попри це, багато сучасних інформаційних технологій не завжди можуть гарантувати високу точність ідентифікації, що робить їх менш ефективними в критичних ситуаціях.

Тому на сьогодні актуальною науковою задачею є розроблення інформаційної технології ідентифікації змін емоційного стану людини за мімічними проявами. Запропонована у дисертаційній роботі Калити О. Д. інформаційна технологія забезпечує підвищення точності ідентифікації різких змін емоційного стану за відеопотоком у режимі реального часу, що веде до покращення процесу виявлення аномальної поведінки групи людей у натовпі для систем, що відповідають вимогам безпеки.



2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дослідження, результати яких викладено в дисертаційній роботі, проведено під час виконання науково-дослідних робіт за двома держбюджетними темами Хмельницького національного університету: “Агентно-орієнтована система підвищення безпеки та якості програмного забезпечення комп'ютерних систем” (ДР №0119U100662) та “Розроблення інформаційної технології прийняття контрольованих людиною критично-безпекових рішень за ментально-формальними моделями машинного навчання” (ДР №0121U112025), в яких автор дисертації був безпосереднім виконавцем окремих розділів.

3. Наукова новизна отриманих результатів.

До основних наукових результатів дисертаційної роботи варто віднести:

1) розроблено нову модель подання мімічних проявів емоційних станів людини, у якій на відміну від аналогів стійко групуються та розділяються основні класи емоцій, що дало змогу використовувати зображення з низькою роздільною здатністю в камерах відеоспостереження та виявляти різкі зміни емоційного стану;

2) розроблено новий метод геометричної інтерпретації ділянок обличчя, який на відміну від аналогів дає можливість прозоро отримувати характерні ознаки мімічної активності, що дозволило з малою обчислювальною складністю аналізувати зображення з низькою роздільною здатністю;

3) удосконалено метод гіперплощинної класифікації для ідентифікації мімічних проявів емоційних станів, який на відміну від аналогів дозволяє будувати гіперплощину розмежування у векторному просторі ознак за принципом «людина-у-петлі», що дало змогу отримати класифікатори для виявлення різких змін емоційних станів;

4) одержала подальшого розвитку інформаційна технологія ідентифікації різких змін емоційного стану за розробленою моделлю подання мімічних проявів емоційних станів людини, методом геометричної інтерпретації ділянок обличчя та методом гіперплощинної класифікації, яка відрізняється від аналогів простою моделлю, прозорим та зрозумілим виділенням ознак та класифікацією, що дало змогу локалізувати групи людей з різкою зміною емоційного стану за матеріалами зовнішньої відеофіксації з високим показником точності.

4. Короткий аналіз основного змісту дисертації.

Науковий рівень викладення дисертації відповідає вимогам МОН України. Назва дисертації адекватно та повною мірою відображає її зміст.

У *вступі* роботи наведено обґрунтування актуальності наукової задачі щодо забезпечення покращення процесу виявлення аномальної поведінки групи людей в натовпі для систем, що відповідають вимогам безпеки. У *вступі* подано зв'язок тематики дисертаційної роботи з напрямками наукових досліджень відомих дослідників цієї проблеми в світі та відображено основні наукові результати роботи та її практичне значення.

У *першому розділі* проаналізовано сучасні засоби, методи та підходи до ідентифікації емоційних проявів людей за мімічними змінами. Наведено

актуальність застосування інформаційних технологій та засобів штучного інтелекту для виявлення аномальної поведінки у скупченнях людей у безпекових системах відеоспостереження та відеофіксації. За проведеним аналізом сформульовані постановка задачі та завдання дослідження.

У *другому розділі* розглянуто теоретичне подання моделей та методів, запропонованих для розпізнавання мімічних проявів емоцій на зображеннях із низькою роздільною здатністю, що отримані з камер відеоспостереження. Запропоновано спрощену модель для виявлення змін емоційного стану за мімічними проявами, з врахуванням обмежень пов'язаних із низькою роздільною здатністю зображень, отриманих із систем відеоспостереження. Для отримання числових значень параметрів моделі запропонований метод геометричної інтерпретації ділянок обличчя та метод гіперплощинної класифікації емоційного стану за мімічними проявами, які дають змогу за запропонованою моделлю отримати параметри гіперплощин для ідентифікації емоційних станів.

У *третьому розділі* запропоновано інформаційну технологію ідентифікації змін емоційного стану людини за мімічними проявами для систем, що відповідають вимогам безпеки. Розроблена інформаційна технологія призначена для ідентифікації різких проявів емоційних станів у натовпі за відеопотоком з камер відеоспостереження. Застосування інформаційної технології полягає в автоматизованому перетворенні вхідної інформації, що подана у вигляді зображення людини на кадрі відеопотоку, у результуючу інформацію у вигляді ідентифікованих груп людей з аномальним проявом певного емоційного стану.

У *четвертому розділі* подано результати експериментального тестування запропонованої інформаційної технології ідентифікації змін емоційного стану людини за мімічними проявами. Виконано порівняння якісних ознак моделі з традиційною системою класифікації виразів людського обличчя. Експериментальне тестування інформаційної технології виконано за двома еталонними наборами даних та за статистичними показниками точності, влучності, повноти та F-міри. Високі значення статистичних показників, що здобуті запропонованою інформаційною технологією, свідчать про її практичну значущість. Загалом результати експериментального тестування інформаційної технології довели її спроможність розв'язувати поставлену задачу.

У *висновках* наведено отримані наукові та практичні результати дослідження.

5. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, їх достовірність.

Сформульовані у дисертації наукові положення, висновки та рекомендації є аргументованими і підкріплені успішною реалізацією.

Обґрунтованість наукових положень та висновків дисертації ґрунтується на детальному аналізі джерел, чіткій постановці задачі дослідження і використанні сучасних методів дослідження.

Достовірність та актуальність результатів дисертації підтверджується їх апробацією на міжнародних і всеукраїнських наукових конференціях, а також їх впровадженням в комерційній діяльності низки компаній.

6. Практичні результати роботи.

Розроблена інформаційна технологія призначена для точної ідентифікації змін емоційного стану людини за мімічними проявами, що дає змогу виявляти локалізовану групу людей з проявами аномальної поведінки в натовпі для систем, що відповідають вимогам безпеки. Зокрема, практичне значення застосування інформаційної технології полягає в автоматизованому перетворенні вхідної інформації, що подана у вигляді зображення обличчя людини на відеокадрах низької роздільної здатності (704×480), у результуючу інформацію у вигляді ідентифікованих груп людей з різким проявом негативного емоційного стану. Використання в інформаційній технології простих та прозорих моделі та методу для формалізації мімічних ознак різних емоційних станів та гіперплощинної класифікації з лінійним співвідношенням розділення класів емоцій дало можливість обробляти великі масиви фото та відеоматеріалів за малих обчислювальних ресурсів систем безпеки в режимі реального часу. Крім того, поєднання в інформаційній технології нової моделі подання мімічних проявів, нового методу геометричної інтерпретації та вдосконаленого методу гіперплощинної класифікації дало змогу отримати високу точність класифікації емоційних станів людини (до 82,42%), що надає працівникам служби безпеки надійний та ефективний інструмент для розуміння динаміки натовпу і прогнозування потенційних ризиків для безпеки під час масового скупчення людей.

Результати експериментальних тестувань із використанням розробленого прототипу програмного забезпечення підтверджують вірність наукових положень запропонованої інформаційної технології, оскільки її впровадження дає змогу підвищити достовірність виявлення аномальної поведінки за мімічними проявами на 0,91-2,20%, залежно від різних емоцій та умов навколишнього середовища, та знизити ймовірність виникнення помилки під час ідентифікації різких змін емоційних станів на 0,23 %-2,21 % порівняно із сучасними аналогами.

Теоретичні та практичні результати дослідження впроваджені в ПП «ШЕЛТЕР ПЛЮС», м. Хмельницький (довідка про впровадження від 17.04.2023), та ТОВ «ІТСАЙТС», м. Хмельницький (довідка про впровадження від 07.05.2023), а також, в освітньому процесі Хмельницького національного університету (акт про впровадження від 14.01.2022 р.) під час викладання дисциплін на кафедрі комп'ютерних наук для спеціальності 122 Комп'ютерні науки, зокрема в курсах «Об'єктно-орієнтоване програмування», «Інтелектуальний аналіз даних», «Моделювання систем та системний аналіз» та «Методи та системи штучного інтелекту».

7. Оформлення дисертації, дотримання вимог академічної доброчесності та повнота викладу наукових положень та результатів в опублікованих працях.

Дисертаційна робота складається з анотації, змісту, переліку умовних скорочень, вступу, чотирьох розділів, висновку, списку використаних джерел та п'яти додатків. Повний обсяг роботи містить 186 сторінок друкованого тексту, з них анотація – на 13 стор., зміст – на 3 стор., перелік умовних скорочень – на 1 стор., основний текст – на 127 стор., список зі 144 використаних джерел – на 15 стор., додатки – на 26 стор. Дисертація містить 41 рисунок та 21 таблицю.

Оформлення дисертації відповідає всім необхідним вимогам.

У дисертації не виявлено текстових запозичень і використання наукових результатів інших науковців без посилань на відповідні джерела.

За результатами досліджень опубліковано 10 наукових праць, у тому числі 5 статей у наукових фахових виданнях, 5 тез доповідей у збірниках матеріалів конференцій, з яких 4 праці індексовані в наукометричній базі Scopus. Усі сформовані наукові положення і результати дисертації повністю викладено в опублікованих працях.

8. Мова та стиль дисертаційної роботи.

Текст дисертаційної роботи викладено в логічній послідовності. Матеріал дисертації достатньо проілюстрований схемами, рисунками, графіками й таблицями. Мова і стиль викладення змісту, оформлення дисертації відповідають вимогам, які ставляться до наукових праць.

9. Зауваження та дискусійні положення щодо змісту дисертації.

Оцінюючи загалом позитивно наукове та практичне значення отриманих дисертантом результатів, хочу висловити кілька зауважень та рекомендацій до деяких положень дисертації, які можуть бути предметом наукової дискусії та напрямами подальшої дослідницької роботи, зокрема:

1) Відповідно до мети роботи, розроблена інформаційна технологія (ІТ) призначена для «виявлення аномальної поведінки групи людей у натовпі за їхніми мімічними проявами у системах, що відповідають вимогам безпеки». До проявів аномальної поведінки автор відносить, перш за все, емоційний стан «страх». Але як бути з іншими базовими негативними емоціями людини, як от, злість та сум? Чи підпадають вони під визначення аномальної поведінки і чи потрібно їх ідентифікувати для систем безпеки?

2) Разом з тим, якщо під мету роботи підпадає саме ідентифікація негативних емоцій, то як вплинули на якість розпізнавання інші, позитивні, емоції?

3) У списку публікацій здобувача здебільшого подані локальні українські видання та конференції, проте відсутні публікації в періодичних виданнях, що індексовані в наукометричних базах Scopus та/або Web of Science, що дещо знижує географію поширення отриманих результатів.

4) До обмежень використання ІТ варто віднести покращення класифікацію емоцій без врахування часової характеристики відеопотоку. У роботі не розкрито повною мірою питання того, скільки одиниць часу має проявлятися певна емоція на обличчі людини за відеопотоком, щоб система правильно ідентифікувала емоційний стан.

5) У розділі 4 на рисунку 4.5 проілюстровано, що лінійний класифікатор може групувати лише стани «страх» та «не страх». Не зрозуміло яким чином автор може розділяти емоційні стани на три групи, використовуючи лише одну роздільну лінію.

6) У розділі 4 рисунок 4.10 переривається на стор. 128-129, рисунок 4.11 переривається на стор. 132-133, а рисунок 4.12 переривається на стор. 134-135. Об'ємні рисунки з багатьма елементами варто було розбити на менші рисунки, або перенести у додатки.

Разом з тим підкреслюю, що зазначені зауваження істотно не впливають на зміст дисертаційної роботи та не знижують її наукову новизну та практичну цінність.

Висновки щодо дисертації загалом

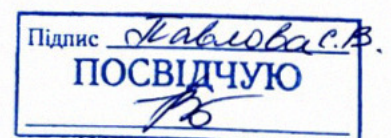
Подана дисертаційна робота «Інформаційна технологія ідентифікації змін емоційного стану людини за мімічними проявами для систем, що відповідають вимогам безпеки» є завершеною науково-дослідною роботою, яка містить нові науково обґрунтовані результати.

Отже, на основі викладеного вище, вважаю, що дисертація Калита Олега Дмитровича на тему «Інформаційна технологія ідентифікації змін емоційного стану людини за мімічними проявами для систем, що відповідають вимогам безпеки», що подана на здобуття ступеня доктора філософії, за своїм науковим рівнем та практичною цінністю, змістом та оформленням повністю відповідає вимогам пп. 6, 7, 8, 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради Закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженому постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44, а її автор, Калита Олег Дмитрович, заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки.

Офіційний опонент – д.т.н., професор,
професор кафедри біомедичної інженерії
та оптико-електронних систем
Вінницького національного
технічного університету



Сергій ПАВЛОВ



14.08.2023