

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 Шаховської Наталії Богданівни
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

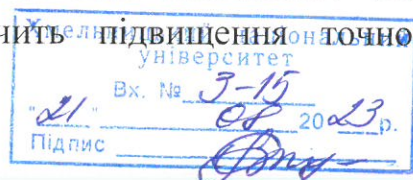
1. Актуальність теми дисертаційної роботи.

Створення інформаційних технологій, які спрямовані на ідентифікацію емоційного стану людини за мімічними проявами, є особливо важливим у контексті громадської безпеки. Спостереження за поведінкою та реакціями людей у публічних місцях може слугувати ключовим елементом у виявленні та недопущенні потенційних загроз.

Негативні емоційні стани, такі як агресія, страх або депресія, часто проявляються через міміку на обличчі. Відтак здатність вчасно розпізнавати такі емоції може стати перевагою у виявленні осіб, які можуть становити загрозу для людей у натовпі. Це може бути корисним у різних сценаріях: від контролю безпеки на транспортних вузлах до моніторингу поведінки великої кількості людей під час масових заходів.

Водночас сучасні системи розпізнавання емоцій на основі міміки людини далеко не завжди працюють із достатньою точністю, особливо з використанням фото та відеоматеріалів низької роздільної здатності. Заразом, попри значний обсяг виконаних у цьому напрямку наукових досліджень і, відповідно, отриманих наукових результатів та розробок, актуальним на сьогодні є покращення процесу ідентифікації негативних емоційних станів групи людей у натовпі для систем, що відповідають вимогам безпеки.

Отже, з огляду на вище викладене, актуальною науковою задачею є розроблення інформаційної технології ідентифікації змін емоційного стану людини за мімічними проявами, яка забезпечить підвищення точності



ідентифікації різких змін емоційного стану за відеопотоком у режимі реального часу, що в такий спосіб дасть змогу покращити процес виявлення аномальної поведінки групи людей у натовпі для систем, що відповідають вимогам безпеки.

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

Дисертаційна робота виконувалась здобувачем в рамках науково-дослідної тематики Хмельницького національного університету, а саме: держбюджетних науково-дослідних тем «Агентно-орієнтована система підвищення безпеки та якості програмного забезпечення комп'ютерних систем» (№ держреєстрації 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 результатів дисертаційної роботи.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в наступному:

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.

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, подано зв'язок тематики дисертаційної роботи дослідження з напрямками наукових досліджень відомих дослідників цієї проблеми в світі та відображено основні наукові результати роботи та їхнє 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. Проведено аналіз підходів до класифікації характеристик-ознак зображення за традиційними підходами машинами навчання, підходами за глибокого навчання; підходами візуальної аналітики та наведені статистичні критерії оцінювання засобів ідентифікації емоційних станів. 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 невеликою роздільною здатністю, що отримані з камер 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 відео спостереження.

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. Оцінювання інформаційної технології проведено за статистичними показниками точності, влучності, повноти та F-міри за двома еталонними наборами даних. 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.

У *додатках* подано наукові публікації, в яких відображено основні наукові результати роботи, відомості про апробацію результати дисертації, акти та

довідки про впровадження результатів роботи, проміжні результати аналізу мімічних проявів, лістинг програмного коду, основні діаграми прототипу програмного забезпечення на основі розробленої інформаційної технології та проміжні статистичні результати дослідження.

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

Наукові положення, висновки і рекомендації дисертації обґрунтовані коректним та доцільним використанням математичного апарату, алгоритмами оброблення зображень, виявлення візуальних ознак та класифікації емоційних станів за мімічними проявами, успішною реалізацією розробленого прототипу інформаційної технології, ефективним практичним впровадженням результатів дисертаційної роботи на підприємствах, що використовують подібні інформаційні системи, що продемонструвало відповідність теоретичних досліджень з реальними результатами застосування.

Обґрунтованість наукових положень та висновків, сформульованих у дисертаційній роботі, є достатньою і ґрунтується на детальному аналізі джерел за даною проблемою, чіткій постановці мети і задач дослідження, використанні сучасних методів дослідження, а також проявляється у якісному та аргументованому формулюванні висновків.

Достовірність та обґрунтованість запропонованих методів і засобів підтверджується результатами експериментальних досліджень та коректним застосуванням методів, які були використані під час виконання роботи.

6. Практичні результати роботи.

Практичне значення застосування розробленої у роботі інформаційної технології полягає в наступному:

По-перше, інформаційна технологія призначена для автоматизованого перетворення 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.

Далі, 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.

Насамкінець, 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.

Дисертаційна робота має логічну структуру. Основні висновки й рекомендації логічно витікають із результатів, які наведено в розділах роботи.

Отримані результати свідчать про високу індивідуальність роботи. З огляду на текст дисертації, простежується авторський стиль. У дисертації не виявлено текстових запозичень і використання наукових результатів інших науковців без посилань на відповідні джерела.

За результатами проведених досліджень опубліковано 10 наукових праць, з яких основні наукові результати опубліковано в 5 наукових статтях у фахових наукових виданнях України, апробація засвідчена публікаціями 5 праць у матеріалах міжнародних та всеукраїнських конференцій, з яких 4 праці індексовані в наукометричній базі Scopus.

Основі положення дисертації повністю викладено в опублікованих працях. Вимоги щодо кількості та якості публікацій виконано.

8. Мова та стиль дисертаційної роботи.

Вважаю, що текст дисертаційної роботи викладений чітко та в логічній послідовності. Матеріал дисертації достатньо проілюстрований схемами, рисунками, графіками й таблицями. Загальні висновки та рекомендації у дисертації випливають з проведених здобувачем досліджень та відображають основні результати роботи. Мова і стиль викладення змісту, оформлення дисертації відповідають вимогам, які ставляться до наукових праць.

Тема, зміст та отримані наукові результати роботи відповідають спеціальності 122 Комп'ютерні науки галузі знань 12 Інформаційні технології.

9. Зауваження та дискусійні положення щодо змісту дисертації.

До зауважень та недоліків дисертації варто віднести наступне:

- 1) у таблицях 2.4-2.5, при формалізації змін емоційних станів за сімома ознаками, присутні перетини інтервалів для різних емоцій; у тексті роботи не розкрито яким чином класифікатор в межах запропонованої інформаційної технології здатен розділяти емоційні прояви на класи, якщо чисельне подання цих емоцій містить перетини;
- 2) у розділі 2 на стор. 62 підпис до рисунка 2.5 перейшов на стор. 63; на стор. 68 підпис до рисунку 2.12 перейшов на стор. 69;
- 3) у розділі 2 на стор. 70-71 у методі гіперплощинної класифікації не формалізовано оптимізаційні задачі, що розглядаються для виконання відображень R^m в R^2 та R^2 в R^m ; ці етапи виконання методу варто деталізувати;
- 4) на стор. 71 подано систему алгебраїчних рівнянь (2.8) та її розклад (2.9)-(2.10) на стор. 72, що призначені для визначення класифікатора (2.11), але не вказано, яким чином ця система рівнянь розв'язана і як були отримані коефіцієнти гіперплощини W ;
- 5) розділ 3 дисертації перевантажений діаграмами (рисунки 3.3-3.14), які характерні для рішень спеціальності інженерія програмного забезпечення, а не комп'ютерні науки;
- 6) у розділі 4 на стор. 136 вказано підпис до таблиці 4.13, хоча зміст самої таблиці подано на стор. 137;
- 7) у дисертаційній роботі зустрічаються граматичні та орфографічні помилки, зокрема, на стор. 76 в четвертому абзаці неправильно вживано слово «гіперплощиною» (правильно – «гіперплощинною»), на стор. 87 в першому абзаці пропущено розділовий знак «крапка» після слова «відеонаглядом», на стор. 120 в другому абзаці пропущено розділовий знак

«кома» після слів «моделей МН/ГН» та неправильно вживаний відмінок слова «призначена» (в даному випадку правильно – «призначений») тощо.

Однак зазначені зауваження не є принциповими, істотно не впливають на зміст дисертаційної роботи та не знижують її наукової та практичної цінності.

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.

У дисертації розв'язано актуальну науково-прикладну задачу покращення процесу виявлення аномальної поведінки групи людей у натовпі за їхніми мімічними проявами у системах, що відповідають вимогам безпеки.

Одержані наукові та практичні результати є значущими для галузі 12 Інформаційні технології загалом та спеціальності 122 Комп'ютерні науки зокрема. Тема і зміст дисертації повністю відповідають спеціальності 122 Комп'ютерні науки.

Отже, з огляду на актуальність теми дисертації, обґрунтованість наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих у дисертації, їх новизну та практичну цінність, повноту викладу в наукових публікаціях, відсутність порушень академічної доброчесності, вважаю, що дисертація Калити О. Д. цілком 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,
завідувач кафедри систем штучного
інтелекту Національного університету
«Львівська політехніка»

Наталія ШАХОВСЬКА

Підпис Наталії ШАХОВСЬКОЇ засвідчую:
Вчений секретар Національного університету
«Львівська політехніка»



Роман БРИЛИНСЬКИЙ