

Голові разової спеціалізованої  
вченої ради ДФ 70.052.026  
Хмельницького національного  
університету  
доктору технічних наук, професору  
Тетяні ГОВОРУЩЕНКО

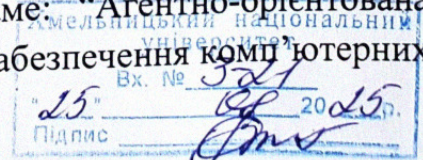
**Висновок про наукову новизну, теоретичне та практичне значення  
результатів дисертації Калити Олега Дмитровича  
«Інформаційна технологія ідентифікації змін емоційного стану людини за  
мімічними проявами для систем, що відповідають вимогам безпеки»,  
що подана до захисту на здобуття наукового ступеня доктора філософії  
з галузі знань 12 Інформаційні технології  
за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки**

**Актуальність теми дослідження та її зв'язок із планами наукових робіт університету.** Інформаційні технології, що спрямовані на ідентифікацію емоційного стану людини за мімічними проявами, відіграють важливу роль у сучасному світі. З ростом потреби в автоматизованих системах безпеки, здатних адаптуватися до емоційних реакцій людини, актуальність такого напряму досліджень, також, активно зростає.

Розроблення та впровадження інформаційних технологій у системах безпеки сприятиме вдосконаленню систем спостереження та контролю в місцях загального доступу. Врахування емоційних відтінків може також сприяти запобіганню потенційних інцидентів у громадських місцях, таких як агресія або паніка. Крім того, розуміння емоційних станів може бути ключовим під час розроблення користувацьких інтерфейсів у системах відеоспостереження, де правильна реакція системи на емоційний стан користувача може бути критичною. Загалом, інтенсивний розвиток інформаційних технологій, які спроможні аналізувати емоційні прояви людини, відкриває безліч можливостей для покращення безпеки в різних сферах сучасного життя.

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 в режимі реального часу, що у такий спосіб дасть змогу покращити процес виявлення аномальної поведінки групи людей в натовпі для систем, що відповідають вимогам безпеки.

Дослідження, результати яких викладено в дисертаційній роботі, проведено в процесі виконання науково-дослідних робіт за двома держбюджетними темами Хмельницького національного університету, а саме: "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.

**Формулювання наукової задачі, мети й задач дослідження.** У результаті виконання дисертаційної роботи здобувачем було 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. Було правильно визначено об’єкт і предмет дослідження, відповідно до висунутої заздалегідь гіпотези дослідження. Так, об’єкт дослідження формалізовано як процес виявлення аномальної поведінки групи людей у натовпі за їхніми мімічними проявами у системах, що відповідають вимогам безпеки. Предметом дослідження встановлено моделі, методи та засоби інформаційної технології ідентифікації змін емоційного стану людини за мімічними проявами для систем, що відповідають вимогам безпеки.

Мету дисертаційної роботи визначено, як підвищення точності ідентифікації змін емоційного стану людини за мімічними проявами шляхом розроблення інформаційної технології для виявлення аномальної поведінки групи людей у натовпі за їхніми мімічними проявами у системах, що відповідають вимогам безпеки.

Поставлену мету роботи досягнуто в результаті розв’язання таких задач:

1) досліджено сучасні засоби та підходи до виявлення аномальної поведінки групи людей в натовпі для систем, що відповідають вимогам безпеки;

2) розроблено нову модель для ідентифікації емоційного стану за мімічними проявами;

3) розроблено новий метод геометричної інтерпретації ділянок обличчя для отримання характерних ознак мімічної активності для аналізу зображення з низькою роздільною здатністю для груп людей;

4) удосконалено метод гіперплощинної класифікації для ідентифікації різких емоційних станів за мімічними проявами для побудови класифікаторів, щоб виявляти різкі зміни емоційних станів локальних груп людей;

5) розроблено інформаційну технологію та прототипну інформаційну систему ідентифікації змін емоційного стану людини за мімічними проявами та проведено її валідацію за відомими наборами зображень обличчя людей з емоційним забарвленням;

6) проведено експериментальні дослідження з розробленою інформаційною технологією та доведено, що застосування інформаційної технології покращує процес виявлення аномальної поведінки в натовпі для систем, що відповідають вимогам безпеки.

**Наукова новизна одержаних автором результатів** полягає в наступному:

1) розроблено нову модель подання мимічних 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 мимічної активності, що дозволило з малою обчислювальною складністю аналізувати зображення з низькою роздільною здатністю;

3) удосконалено метод гіперплощинної класифікації для ідентифікації мимічних 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 різних змін емоційних станів;

4) одержала подальшого розвитку інформаційна технологія ідентифікації різних змін емоційного стану за розробленою моделлю подання мимічних 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.

**Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій.** Наукові положення, висновки і рекомендації дисертації обґрунтовані коректним та доцільним використанням математичного апарату, алгоритмами оброблення зображень, виявлення візуальних ознак та класифікації емоційних станів за мимічними 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.

**Практичне значення одержаних результатів.** Розроблена інформаційна технологія призначена для точної ідентифікації змін емоційного стану людини за мимічними проявами, що дає змогу виявляти локалізовану групу людей з проявами аномальної поведінки в натовпі для систем, що відповідають вимогам безпеки. 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 мимічних

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. 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».

**Особистий внесок здобувача** полягає в розробленні моделі, методів та інформаційної технології на їхній основі, що забезпечує розв'язання поставлених у дисертації задач. Усі основні наукові та прикладні результати дисертаційної роботи отримані здобувачем самостійно. За результатами проведених досліджень основні наукові результати опубліковано в 5 наукових статтях у фахових наукових журналах України. Апробація засвідчена публікаціями 5 праць у матеріалах міжнародних та всеукраїнських конференцій, з яких 4 праці індексовані в наукометричній базі Scopus. У роботах, що опубліковані в співавторстві, автору належать основні ідеї, теоретична та практична розробка положень, що відображені в характеристиці наукової новизни отриманих результатів, а саме розроблено нову модель подання якісних ознак емоційних станів за групуванням скупченості характерних мімічних проявів обличчя; розроблено новий метод формалізації якісних ознак людського обличчя;

розроблено новий метод гіперплощинної класифікації для розділення груп емоційних станів за кількістю мімічних ознак три та сім.

**Апробація матеріалів дисертації.** Основні положення та наукові результати доповідалися та обговорювалися на 5 міжнародних та всеукраїнських конференціях: 2019 IEEE International Conference on Advanced Trends in Information Theory (Kyiv, Ukraine, 18-20 December 2019); International Scientific Conference “Intellectual Systems of Decision Making and Problem of Computational Intelligence” (Zalizniy Port, Ukraine, 25-29 May 2020); 1st International Workshop on Intelligent Information Technologies and Systems of Information Security (Khmelnyskyi, Ukraine, 10-12 June 2020); III Всеукраїнській науково-практичній конференції молодих вчених та здобувачів вищої освіти присвяченої Дню науки “Сучасна молодь в світі інформаційних технологій” (м. Херсон, м. Кропивницький, 16 травня 2022 р.); 3rd International Workshop on Intelligent Information Technologies and Systems of Information Security (Khmelnyskyi, Ukraine, 25-27 May 2022).

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертаційна робота складається з анотації, переліку умовних скорочень, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та семи додатків. Повний обсяг роботи становить 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 джерела – на 15 стор., додатки – на 26 стор. Дисертація містить 41 рисунок та 21 таблицю.

**Зауваження.** У результаті аналізу рукопису було виділено такі зауваження:

- 1) У назві дисертації подано посилання на предметну область, у якій запропонована інформаційна технологія (ІТ) має використовуватись «для систем, що відповідають вимогам безпеки». Проте в роботі недостатньо чітко визначено такі системи, що відповідають вимогам безпеки.
- 2) Автор роботи стверджує, що застосування розробленої моделі подання мімічних проявів емоційних станів людини до задачі розпізнавання емоцій «дає змогу використовувати зображення з низькою роздільною здатністю в камерах відеоспостереження». Однак у розділі 2 всі тестові зображення подані з високою роздільною здатністю. З тексту не зрозуміло, які зображення автор відносить до групи з низькою роздільною здатністю.
- 3) У розділі 2 в табл. 2.3 подані сім частин обличчя, хоча в табл. 2.2 наведено лише три частини обличчя. Автору варто детальніше розкрити, яким чином із множини трьох ознак (табл. 2.2) перейшли до множини семи ознак (табл. 2.3).
- 4) У розділі 3 на рис. 3.2 в блоці 6 схеми ІТ зазначено ідентифікацію нетипового емоційного стану. Однак у тексті роботи поняття «нетиповий емоційний стан» не розкрито повною мірою.

5) Вміст рис. 4.6 та 4.7 потрібно було перенести в додатки, бо їх розміщення на сторінці є неефективним.

Однак, зазначені зауваження суттєво не впливають на загальний належний рівень проведеного наукового дослідження.

**Загальний висновок.** З огляду на вищесказане, вважаю, що дисертаційна робота Калити О. Д. «Інформаційна технологія ідентифікації змін емоційного стану людини за мімічними проявами для систем, що відповідають вимогам безпеки» містить нові науково обґрунтовані теоретичні та експериментальні результати в предметній області спеціальності 122 Комп'ютерні науки галузі 12 Інформаційні технології, які в сукупності забезпечують розв'язання актуальної науково-прикладної задачі розроблення інформаційної технології ідентифікації змін емоційного стану людини за мімічними проявами, яка забезпечує підвищення точності ідентифікації різких змін емоційного стану за відеопотоком в режимі реального часу, що у такий спосіб дає змогу покращити процес виявлення аномальної поведінки групи людей в натовпі для систем, що відповідають вимогам безпеки.

Отже, дисертаційна робота «Інформаційна технологія ідентифікації змін емоційного стану людини за мімічними проявами для систем, що відповідають вимогам безпеки», яка 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 ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки.

Рецензент:

д.т.н., професор, декан факультету  
інформаційних технологій

Хмельницького національного університету

Олег САВЕНКО

«Підпис Олега САВЕНКА засвідчує»

Проректор з наукової роботи

Хмельницького національного університету

Олег СИНЮК

