

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії
(повна назва факультету)

Кафедра комп'ютерних наук
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Дослідження процесів створення голосових асистентів смарт систем
для сприйняття емоцій

Виконав: студент VI курсу, групи СНнм-61
спеціальності 122 Комп'ютерні науки
(шифр і назва спеціальності)

Колачик Н. М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник Кунанець Н.Е.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль Дуда О.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри Боднарчук І.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент Микитишин А.Г.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Тернопіль
2025

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії
(повна назва факультету)

Кафедра комп'ютерних наук
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
Боднарчук І.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)
« 25 » травня 2025 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня Магістр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки
(шифр і назва спеціальності)

Студенту Колачику Назарію Миколайовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Дослідження процесів створення голосових асистентів смарт систем для сприйняття емоцій

Керівник роботи Кунанець Наталія Едуардівна, д.н.с.к., професор кафедри КН
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 29 » листопада 2024 року № 4/7-1139

2. Термін подання студентом завершеної роботи 26 травня 2025р.

3. Вихідні дані до роботи Наукові публікації, присвячені дослідженню методів розробки голосових асистентів смарт систем із можливістю сприйняття емоцій користувача, аналізу методів підвищення точності розпізнавання емоцій у голосових асистентах смарт систем, про дослідження впливу емоційного контексту на взаємодію користувача з голосовими асистентами у смарт системах

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)
Вступ. 1 Основні поняття емоційного аналізу: терміни, методи, моделі та технології.
2 Технологічні засоби та інфраструктура для розпізнавання емоцій у смарт системах.
3 Впровадження емоційного інтелекту у смарт системи: досвід, проблематика та шляхи розвитку. 4 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Висновки. Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)
1 Титульний слайд. 2 Мета та задачі дослідження. 3 Актуальність. 4 Аналіз предметної області.
5 Типи вхідних даних та методи розпізнавання емоцій. 6 Моделі емоційного аналізу.
7 Архітектура смарт систем з емоційним інтелектом. 8 Приклади застосування. 9 Проблеми впровадження та безпека даних. 10 Напрями розвитку. 11 Результати дослідження.
12 Висновки.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Сенчишин В.С., доцент		
Безпека в надзвичайних ситуаціях	Клепчик В.М., ст. викладач		

7. Дата видачі завдання 29 листопада 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Ознайомлення з завданням до кваліфікаційної роботи	29.11.2024	
2.	Підбір та опрацювання наукових публікацій, збір даних по темі роботи	02.12.2024-10.01.2025	
3.	Виконання дослідження згідно теми кваліфікаційної роботи	13.01.2025-14.03.2025	
4.	Оформлення розділу «Основні поняття емоційного аналізу: терміни, методи, моделі та технології»	17.03.2025-28.03.2025	
5.	Оформлення розділу «Технологічні засоби та інфраструктура для розпізнавання емоцій у смарт системах»	31.03.2025-11.04.2025	
6.	Оформлення розділу «Впровадження емоційного інтелекту у смарт системи: досвід, проблематика та шляхи розвитку»	14.04.2025-25.04.2025	
7.	Виконання завдання до підрозділу «Охорона праці»	28.04.2025-02.05.2025	
8.	Виконання завдання до підрозділу «Безпека в надзвичайних ситуаціях»	28.04.2025-02.05.2025	
9.	Оформлення кваліфікаційної роботи	05.05.2025-09.05.2025	
10.	Нормоконтроль	12.05.2025-15.05.2025	
11.	Перевірка на плагіат	16.05.2024	
12.	Попередній захист кваліфікаційної роботи	19.05.2025	
13.	Захист кваліфікаційної роботи	26.05.2025	

Студент

(підпис)

Колачик Н.М.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Кунанець Н.Е.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Дослідження процесів створення голосових асистентів смарт систем для сприйняття емоцій // Кваліфікаційна робота освітнього рівня «Магістр» // Колачик Назарій Миколайович // Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії, кафедра комп'ютерних наук, група СНм-61 // Тернопіль, 2025 // С. 78, рис. – 3, табл. – 3, кресл. – 12, додат. – 1, бібліогр. – 73.

Ключові слова: аналіз емоцій, штучний інтелект, голосові асистенти, система геопросторової інформації, розширена реальність.

Кваліфікаційна робота присвячена дослідженню процесів створення голосових асистентів смарт систем для сприйняття емоцій.

В першому розділі кваліфікаційної роботи описані основні поняття аналізу емоцій. Розглянуто техніки та системи аналізу емоцій за типами вхідних даних. Висвітлено методи виявлення та розпізнавання емоцій. Проведено глибокий порівняльний аналіз цих методів із наведенням ключових переваг та недоліків.

В другому розділі кваліфікаційної роботи розглянуто технологічні засоби та інфраструктура для розпізнавання емоцій у смарт системах. Досліджено інструменти та API для обробки емоційних сигналів та подано їх порівняльну характеристику за швидкістю обробки. Висвітлено дослідження з використанням технологій смарт систем на базі ШІ, ГІС та XR.

В третьому розділі кваліфікаційної роботи описано досвід, проблематику і шляхи розвитку впровадження емоційного інтелекту у смарт системи. Проаналізовано технічні аспекти розробки голосових асистентів для сприйняття емоцій. Проведено оцінку викликів та напрямів розвитку емоційно-чутливих голосових асистентів. Об'єкт дослідження: процеси створення голосових асистентів смарт систем із можливістю розпізнавання емоцій користувача. Предмет дослідження: методи, технології та інструменти реалізації емоційного розпізнавання у голосових інтерфейсах.

ANNOTATION

Study of the Smart Systems Voice Assistants Development Processes for the Perception of Emotions // The educational level "Master" qualification work // Kolachyk Nazarii // Ternopil Ivan Pulyuy National Technical University, Faculty of Computer Information Systems and Software Engineering, Department of Computer Science, SNnm-61 group // Ternopil, 2025 // P. 78, fig. – 3, tables – 3, posters – 12, annexes – 1, ref. – 73.

Key words: emotion analysis, artificial intelligence, voice assistants, geospatial information system, extended reality.

The thesis is devoted to the study of the smart systems voice assistants development processes for the perception of emotions.

The first chapter of the thesis outlines the fundamental concepts of emotion analysis. The thesis examines techniques and systems for emotion recognition based on different input data types. Methods of emotion detection and recognition are presented, along with a thorough comparative analysis highlighting their main advantages and limitations.

The second chapter addresses the technological tools and infrastructure for emotion recognition in smart systems. Tools and APIs for processing emotional signals are studied and compared based on processing speed. Research involving the application of AI-, GIS-, and XR-based smart technologies is also presented.

The third chapter describes the experience, challenges, and development paths for implementing emotional intelligence in smart systems. The technical aspects of designing voice assistants capable of perceiving emotions are analyzed. Challenges and promising directions in the development of emotionally-sensitive voice assistants are assessed. The object of the study is the development processes of voice assistants in smart systems with the ability to recognize user emotions. The subject of the study is the methods, technologies, and tools for implementing emotion recognition in voice interfaces.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

ЕЕГ – Електроенцефалографія.

ЕКГ – Електрокардіограма.

ГІС – Геоінформаційна система.

ШІ – Штучний інтелект.

API (Application Programming Interface) – прикладний програмний інтерфейс.

CNN (англ. Convolutional Neural Network) – згорткова нейронна мережа.

LSTM (англ. Long Short-Term Memory) – довготривала короткочасна пам'ять.

NLTK (англ. Natural Language Toolkit) – набір інструментів природної мови.

RNN (англ. Recurrent Neural Network) – рекурентна нейронна мережа.

SDK (англ. Software Development Kit) – набір засобів для розробки програмного забезпечення.

SVM (англ. Support Vector Machine) – метод опорних векторів.

XR (англ. Extended Reality) – розширена реальність.

ЗМІСТ

ВСТУП	9
1 ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ЕМОЦІЙНОГО АНАЛІЗУ: ТЕРМІНИ, МЕТОДИ, МОДЕЛІ ТА ТЕХНОЛОГІЇ.....	11
1.1 Значення емоційного аналізу та сфери його практичного застосування	11
1.2 Можливості й обмеження емоційного аналізу в умовах технологічного прогресу	12
1.3 Техніки та системи аналізу емоцій за типами вхідних даних.....	14
1.3.1 Візуальне розпізнавання емоцій.....	17
1.3.2 Аудіо-розпізнавання емоцій	18
1.3.3 Текстове розпізнавання емоцій	18
1.3.4 Фізіологічне розпізнавання емоцій	19
1.3.5 Мультимодальне розпізнавання емоцій	20
1.4 Етапи обробки даних у фреймворках розпізнавання емоцій.....	21
1.5 Методи виявлення та розпізнавання емоцій.....	23
1.5.1 Методи засновані на правилах.....	23
1.5.2 Методи, засновані на машинному навчанні.....	23
1.5.3 Методи, засновані на глибинному навчанні	24
1.6 Порівняльний аналіз методів розпізнавання емоцій: переваги та обмеження підходів	24
1.7 Висновок до першого розділу	27
2 ТЕХНОЛОГІЧНІ ЗАСОБИ ТА ІНФРАСТРУКТУРА ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ ЕМОЦІЙ У СМАРТ СИСТЕМАХ	28
2.1 Інструменти та арі для обробки емоційних сигналів.....	28
2.2 Порівняльна характеристика інструментів емоційного аналізу за швидкістю обробки.....	31
2.3 Дослідження технологій смарт систем на базі штучного інтелекту для емоційного аналізу.....	32

2.4 Використання геоінформаційних систем для розпізнавання та смарт-моніторингу міських процесів.....	36
2.5 Застосування хг-технологій в емоційному аналізі та адаптивних середовищах	38
2.6 Захист конфіденційності та безпека даних при використанні голосових асистентів у смарт системах.....	41
2.7 Висновок до другого розділу	42
3 ВПРОВАДЖЕННЯ ЕМОЦІЙНОГО ІНТЕЛЕКТУ У СМАРТ СИСТЕМИ: ДОСВІД, ПРОБЛЕМАТИКА ТА ШЛЯХИ РОЗВИТКУ	43
3.1 Технічні аспекти розробки емоційно-чутливих голосових асистентів.....	43
3.2 Індивідуалізація голосових асистентів через контекстно-залежне розпізнавання емоцій.....	44
3.3 Моделі інтеграції емоційного інтелекту у віртуальне середовище ...	46
3.4 Імплементация емоційного аналізу у штучний інтелект.....	47
3.5 Геопросторовий аналіз емоційних даних: застосування в міському середовищі та соціальних дослідженнях.....	48
3.6 Виклики у створенні та впровадженні емоційного інтелекту в інтелектуальні технології нового покоління.....	50
3.7 Голосові асистенти у смарт системах: етичні аспекти та напрями розвитку	52
3.8 Висновок до третього розділу	56
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	57
4.1 Охорона праці	57
4.1.1 Вплив психоемоційного навантаження на розробників голосових асистентів та методи його мінімізації	57
4.1.2 Оцінка професійних ризиків при використанні голосових асистентів для смарт систем	59
4.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях.....	62

4.3 Висновок до четвертого розділу.....	67
ВИСНОВКИ.....	69
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ.....	71
ДОДАТКИ.....	79

ВСТУП

Актуальність теми. У сучасному світі все більшу роль відіграють розумні голосові системи, що здатні адаптуватися до емоційного стану користувача. Розвиток технологій обробки мовлення та емоційного аналізу відкриває нові можливості для розробки та впровадження голосових асистентів, які не просто розпізнають і виконують команди, а й враховують емоційний контекст комунікації. Такий підхід є важливим для забезпечення правильної та ефективної взаємодії між користувачем та смарт системою. Це дозволить підвищити якість і адаптивність роботи таких систем у різних сферах: освіта, медицина, транспорт, безпека, індустрія розваг, індивідуальне використання.

Актуальність теми полягає в необхідності дослідити процеси створення голосових асистентів смарт систем із можливістю розпізнавання, аналізу та сприйняття емоцій користувача, щоб забезпечити їх ефективне застосування в сучасних умовах.

Мета і задачі дослідження. Мета даної кваліфікаційної роботи освітнього рівня «Магістр» полягає у вивченні процесів створення голосових асистентів для смарт систем з можливістю сприйняття емоцій користувача та оцінці ефективності сучасних технічних рішень у цій сфері. Для досягнення поставленої мети потрібно виконати ряд завдань, зокрема:

- Проаналізувати основні терміни, методи та моделі емоційного аналізу.
- Дослідити технологічні засоби та інфраструктуру для реалізації емоційного розпізнавання в смарт системах.
- Розглянути технічні аспекти розробки голосових асистентів із функцією емоційного сприйняття.
- Оцінити вплив емоційного контексту на взаємодію користувача з голосовими інтерфейсами.
- Виокремити виклики та перспективи впровадження емоційного інтелекту в голосові асистенти.
- Систематизувати отримані результати.

Об’єкт дослідження: процеси створення голосових асистентів смарт систем із можливістю розпізнавання емоцій користувача.

Предмет дослідження: методи, технології та інструменти реалізації емоційного розпізнавання у голосових інтерфейсах, а також стратегії покращення точності розпізнавання емоцій і забезпечення конфіденційності та безпеки даних під час взаємодії користувача зі смарт системами.

Наукова новизна одержаних результатів кваліфікаційної роботи полягає у комплексному аналізі процесів створення голосових асистентів смарт систем із функціями сприйняття емоцій та розробці рекомендацій щодо їх імплементації.

Практичне значення одержаних результатів полягає у можливості використання сформованих рекомендацій для розробки емоційно-чутливих голосових асистентів у смарт системах. Отримані результати можуть бути застосовані при створенні інтерфейсів, здатних адаптуватися до емоційного стану користувача із врахуванням вимог конфіденційності та безпеки даних.

Апробація результатів магістерської роботи. Основні результати проведених досліджень обговорювались на XII науково-технічній конференції «Інформаційні моделі, системи та технології» Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя (м. Тернопіль, 2024 р.), VI міжнародній науково-практичній конференції «Міжнародні наукові дослідження: інтеграція науки та практики як механізм ефективного розвитку» Інституту інноваційної освіти (м. Київ, 2025 р.), Міжнародній мультидисциплінарній науковій інтернет-конференції «Світ наукових досліджень. Випуск 40» громадської організації «Наукова спільнота» (м. Тернопіль, Україна – м. Ополе, Польща, 2025 р.).

Публікації. Основні результати кваліфікаційної роботи опубліковано у чотирьох працях конференцій (Див. додатки А).

Структура й обсяг кваліфікаційної роботи. Кваліфікаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку літератури з 73 найменувань та 1 додатку. Загальний обсяг кваліфікаційної роботи складає 78 сторінок, з них 45 сторінок основного тексту, який містить 3 рисунки та 3 таблиці.

1 ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ЕМОЦІЙНОГО АНАЛІЗУ: ТЕРМІНИ, МЕТОДИ, МОДЕЛІ ТА ТЕХНОЛОГІЇ

1.1 Значення емоційного аналізу та сфери його практичного застосування

Людські емоції – це суб’єктивні реакції на об’єкти або події, що пов’язані з різноманітними фізіологічними, поведінковими та інтелектуальними змінами. Останнім часом людство виявляє зростаючий інтерес до розпізнавання емоцій завдяки його широким можливостям застосування, зокрема у взаємодії людини з комп’ютером, віртуальній реальності, автономному водінні, цифрових розвагах, моніторингу поведінки людини та медицині. Сигнали електроенцефалографії, що збираються з мозку, відіграють важливу роль у розвитку систем інтерфейсу мозок-комп’ютер. Сучасні методи, які використовують ЕЕГ для розпізнавання емоцій, мають обмеження щодо незалежного від суб’єкта або міжсуб’єктного аналізу емоцій [1].

Зростання обсягів аналізу даних про емоції з розвитком смарт систем стимулювало розробку фреймворків, які сприяють покращенню людської взаємодії. Виявлення емоційного стану людини є ключовим в афективних обчисленнях і може відкрити нові шляхи для створення додатків у міських службах. Це дає змогу системам не лише реагувати на команди, а й розуміти контекст взаємодії з користувачем, що значно підвищує ефективність та інтуїтивність технологій. Завдяки цьому стає можливим створення більш персоналізованих та адаптивних інтерфейсів, які враховують психологічний стан людини [2]. Ці додатки демонструють універсальність і потенційний вплив технологій виявлення та аналізу емоцій у різних сферах - від охорони здоров’я і транспорту до розваг і розкриття злочинів. Наприклад, у сфері охорони здоров’я виявлення емоцій у реальному часі можна використовувати для моніторингу стану здоров’я та забезпечення підтримки дистанційного навчання під час пандемій, таких як COVID-19 [3].

Розуміння емоцій користувачів також може бути цінним для оцінки якості послуг, таких як аеропорти, надаючи посадовим особам аеропорту уявлення про загальну задоволеність пасажирів. Це може призвести до прийняття більш обґрунтованих рішень щодо розподілу ресурсів і розробки більш відповідного обладнання та послуг для задоволення потреб пасажирів. Аналіз емоцій також може бути використаний для підвищення безпеки руху в транспортних системах. Наприклад, додаток, який аналізує емоції користувача за допомогою ЕЕГ, може налаштувати музику, що відтворюється в автомобілі, щоб створити більш спокійний і зосереджений досвід водіння. Це, в свою чергу, може зменшити відволікання і потенційно небезпечні ситуації, викликані емоційним стресом, що в кінцевому підсумку призведе до більш безпечних умов водіння. А ще ці сервіси можуть бути застосовані для розробки ігрових функцій для розважальних або терапевтичних цілей – наприклад, для забезпечення радісної ігрової діяльності користувачам, які відчувають неприємні емоції [4].

1.2 Можливості й обмеження емоційного аналізу в умовах технологічного прогресу

Потенційний вплив технологій виявлення та аналізу емоцій може бути ще більше посилений появою нових технологій, таких як штучний інтелект, геопросторові інформаційні системи і доповнена реальність, які уможливають розробку емоційно-інтелектуальних сервісів, що можуть покращити користувацький досвід. Наприклад, ГІС та картографування емоцій можна використовувати для аналізу емоційних реакцій людей на навколишнє середовище, що допомагає в міському плануванні та дизайні. ШІ в поєднанні з розпізнаванням емоцій може допомогти у розкритті злочинів, як показано на прикладі використання мультимодального аналізу настроїв для класифікації злочинів за допомогою тексту та мови. У різних тренінгах з реагування на надзвичайні ситуації, VR-гра (virtual reality), яка використовує голосове введення для оцінки реакції користувачів на інциденти може виявити емоційні та психологічні стани [5].

Попри стрімкий розвиток технологій емоційного аналізу, точне розпізнавання емоцій залишається складним завданням через індивідуальні особливості їх прояву та високий рівень суб'єктивності. Значні розбіжності у вираженні емоцій між людьми, а також перетинання характеристик різних емоційних станів створюють додаткові труднощі під час класифікації. Обмеження пов'язані не лише з технологічною частиною, а і з якістю наявних датасетів, де емоції часто представлені нерівномірно або без достатньої варіативності.

У текстовому розпізнаванні емоцій ключовою проблемою є обмежена точність класифікації через неоднозначність лексичних конструкцій та варіативність мовного контексту. Сучасні методи часто не здатні адекватно врахувати полісемію, іронію чи культурні особливості висловлювань. Існуючі корпуси, на яких тренуються моделі, мають обмежене емоційне охоплення, а також нерівномірний розподіл між класами, що ускладнює навчання алгоритмів. Використання глибоких нейронних мереж дозволяє досягати прогресу, однак навіть ці моделі стикаються з труднощами у генералізації на нові стилі мовлення або емоційні відтінки. Також існує значний розрив між теоретичними досягненнями в лабораторних умовах і реальним застосуванням у відкритих, непередбачуваних середовищах [6].

Ще одним викликом під час розпізнавання емоцій у публічних чи групових середовищах є забезпечення конфіденційності учасників, особливо в умовах підвищеного суспільного інтересу до захисту персональних даних. Для вирішення цього питання застосовується підхід до емоційного аналізу, який не ідентифікує окремих осіб, а натомість фокусується на груповому емоційному тлі. Обчислення здійснюється на основі відеопотоку без потреби в біометричній або мовній інформації, що дозволяє уникнути збору чутливих даних. Використовується unimodal-аналіз з акцентом на тілесні характеристики руху, зокрема положення плечей, голови, зміни пози, що дає змогу оцінити емоційний настрій групи людей без обробки облич або голосу.

Це дозволяє здійснювати оцінку рівня емоційної збудженості та валентності, зберігаючи при цьому анонімність кожного учасника. Такий підхід

особливо актуальний для використання в класних кімнатах, громадських просторах, музеях, торгових центрах або на заходах, де неможливо отримати згоду кожного індивіда на збирання даних. Завдяки такому підходу є можливості для створення емоційно чутливих інтелектуальних середовищ, які зважають не лише на технічні, а й на соціальні аспекти взаємодії з користувачами [7].

Таким чином, подальший розвиток систем емоційного аналізу має ґрунтуватися не лише на підвищенні точності моделей, але й на врахуванні етичних аспектів та варіативності емоційних проявів. Коли користувачі все більше переймаються конфіденційністю своїх даних, важливо знаходити рівновагу між зручністю роботи систем і надійним захистом персональної інформації.

1.3 Техніки та системи аналізу емоцій за типами вхідних даних

Розпізнавання емоцій фокусується на визначенні емоційного стану людини в певний момент часу. Для досягнення цієї мети можна використовувати аудіо, візуальні, текстові або фізіологічні дані як вхідні та передбачати емоції. Для цього можна використовувати базові характеристики – такі як гнів, відраза, страх, щастя, смуток або здивування, чи безперервну шкалу (збудження, валентність, домінування тощо). Рівень емоцій можна виміряти за допомогою різноманітних моделей, наведених у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Приклад оформлення таблиці

Назва моделі	Емоційні стани
1	2
Модель Пола Екмана	Радість, злість, страх, здивування, смуток, відраза
Модель приємності, збудження та домінування	Тривимірна модель, заснована на осях приємності, збудження та домінування
Модель Плучика	Злість, страх, смуток, відраза, здивування, очікування, довіра, радість

Продовження таблиці 1.1

1	2
Циркумплексна модель Рассела	Двовимірна модель, де емоції класифікуються за категоріями: HVHA (висока приємність – високе збудження), HVLA (висока приємність – низьке збудження), LVHA (низька приємність – високе збудження), LVLA (низька приємність – низьке збудження)
Модель позитивної та негативної активації	Двовимірна модель, де вертикальна вісь відображає рівень позитивного афекту, а горизонтальна – рівень негативного афекту
Векторна модель	Дані про збудження подаються з урахуванням векторного напрямку валентності
Модель Парротта	Радість, насолода, злість, смуток, страх, любов, здивування

Моделі можуть бути двовимірними (наприклад, включати збудження і валентність), або тривимірними (включати валентність, збудження і домінантність).

Двовимірна модель емоцій (рис. 1.1), що ґрунтується на осях валентності та збудження, використовується для класифікації емоцій за двома незалежними параметрами: ступенем приємності (від негативного до позитивного) та рівнем фізіологічної активації (від спокою до збудження). Такий підхід дозволяє візуально відобразити широкий спектр емоцій. Наприклад, радість має високу валентність і високе збудження, а смуток – низьку валентність і низьке збудження.

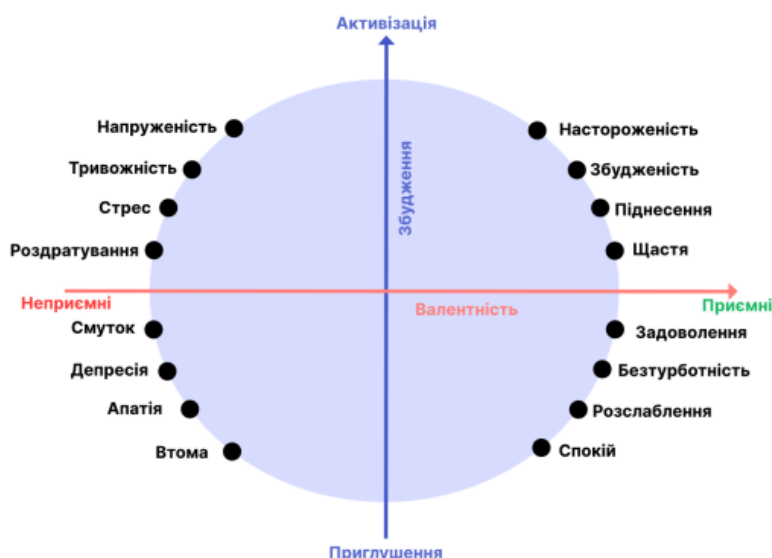


Рисунок 1.1 – Двовимірний модель емоцій, що включає валентність та збудження

Тривимірний модель емоцій (рис. 1.2) враховує три основні компоненти: валентність (ступінь позитивності чи негативності емоції), збудження (рівень фізіологічної активності) та домінування (відчуття контролю або підпорядкування в ситуації).



Рисунок 1.2 – Тривимірний модель емоцій, що включає валентність, збудження та домінування

У цій моделі емоційні стани розміщені у тривимірному просторі, де нейтральна точка (0,0,0) відповідає відсутності чітко виражених емоцій. Така модель дозволяє точніше аналізувати емоції, оскільки відображає як

інтенсивність і тональність, так і контекстуальну перевагу або підлеглість, що є важливим для розпізнавання складних афективних станів у голосових асистентах смарт система з використанням ШІ.

В таких двовимірних та тривимірних моделях валентність означає ступінь приємності або неприємності емоції, тоді як збудження і домінування – рівень активації або збудження і ступінь контролю або домінування емоції [8].

1.3.1 Візуальне розпізнавання емоцій

Дослідження візуального розпізнавання емоцій мають вирішальне значення для комп'ютерного зору та глибокого навчання. Численні дослідники в цій галузі вивчали жести обличчя, а деякі з них обговорювали важливість спостереження за додатковими візуальними факторами, такими як поза тіла, рух кінцівок, одяг, дихання та інші. Аналіз кількох візуальних факторів може підвищити точність розпізнавання емоцій.

Мультимодальний метод візуального розпізнавання емоцій інтегрує різні візуальні ознаки для покращення точності класифікації емоційних станів. Методика передбачає використання онтології для структурованого представлення знань про емоції, що дозволяє системі краще розуміти та інтерпретувати візуальні сигнали.

Застосування онтологічного підходу забезпечує гнучкість у моделюванні складних взаємозв'язків між різними візуальними ознаками та відповідними емоційними станами. Це дозволяє системі адаптуватися до різноманітних сценаріїв та покращує її здатність до узагальнення на нові дані [9].

Крім того, методика передбачає використання різних джерел візуальної інформації, таких як вирази обличчя, жести, поза тіла та інші, що сприяє більш комплексному аналізу емоцій. Такий підхід дозволяє системі враховувати контекст та забезпечує більш точне розпізнавання емоційних станів у реальному часі.

1.3.2 Аудіо-розпізнавання емоцій

Системи розпізнавання емоцій у мовленні базуються на обробці мовних сигналів для виявлення емоційних станів. Ці системи використовують навчальні дані, отримані з активованих, викликаних або природних джерел, які проходять попередню обробку для підготовки до вилучення ознак. Ці ознаки дозволяють системі ідентифікувати емоції за допомогою різних алгоритмів класифікації, включаючи згорткові нейронні мережі та рекурентні нейронні мережі. Додавання лінгвістичних або візуальних ознак може покращити точність розпізнавання емоцій.

Перед вилученням ознак мовні сигнали проходять кілька етапів попередньої обробки. Це включає фреймування (розбиття сигналу на фіксовані сегменти), віконування (застосування функції вікна для зменшення ефектів витоку при перетворенні Фур'є), виявлення голосової активності для відокремлення мовлення від тиші та шуму, а також нормалізацію ознак для зменшення варіацій між різними мовцями та умовами запису.

Вибір ознак є критичним для ефективності SER-систем (speech emotion recognition). Використовуються різні типи ознак, такі як просодичні (інтонація, ритм), спектральні (частотні характеристики), ознаки якості голосу та ознаки, засновані на операторі енергії. Немає загальноприйнятого набору ознак, тому часто дослідники комбінують кілька типів для досягнення кращих результатів.

Після вилучення ознак система може використовувати алгоритми класифікації для ідентифікації емоцій за допомогою класичних або нових методів, таких як згорткові нейронні мережі або рекурентні нейронні мережі. Вдосконалити цю систему можна завдяки додаванню лінгвістичних або візуальних ознак [10].

1.3.3 Текстове розпізнавання емоцій

З розвитком соціальних мереж великі масиви даних генеруються через думки користувачів на різних платформах, таких як Facebook і Twitter – почуття

користувачів вводяться в ці джерела за допомогою текстів, що робить ці джерела та їх аналіз критично важливими для вивчення емоцій і поведінки користувачів. Для вирішення цієї проблеми використовуються різні моделі, включаючи детерміновані моделі з безперервними дрібнодисперсними альтернативами для аналізу афективних текстів, а також вимірні моделі з контрольованими або неконтрольованими підходами до класифікації – наприклад, методи глибокого навчання та методи машинного навчання. Іншими словами, ми можемо згрупувати методи розпізнавання текстових емоцій у чотири категорії - на основі ключових слів, на основі лексики, на основі машинного навчання та гібридні методи. Перша категорія використовує методи на основі шаблонів для визначення ключових слів для розпізнавання емоцій.

Друга категорія застосовує базу знань, в якій текст маркується відповідно до класифікованого тексту. Третя модель використовує для розпізнавання емоцій контрольовані та неконтрольовані моделі, такі як наївний Байєс, машина опорних векторів та дерево рішень, а остання модель застосовує комбінацію інших [11].

1.3.4 Фізіологічне розпізнавання емоцій

Фізіологічні сигнали також можна використовувати для аналізу емоцій. Серцева активність, електрична активність мозку, температура, дихання та провідність шкіри – все це може бути використане для аналізу емоцій та емоційних станів. Для цього існує багато приладів і датчиків. Об'єм крові, пульс і фотоплетизмографія можуть виявити кровотік за відбитками пальців; електрокардіограма може бути використана для оцінки електричної активності серця; датчики температури можуть швидко виміряти температуру; електродермальна активність може використовуватись для вимірювання активності шкіри; датчики дихання – для вимірювання дихання; ЕЕГ може бути використана для вимірювання сигналів мозку. З цією метою аналіз даних про емоції включає кілька етапів, зокрема попередню обробку для усунення проблем, таких як шум, фільтрація і нормалізація, щоб зробити дані більш придатними для

аналізу, що передбачає вилучення і вибір ознак, які не є корисними через високу розмірність простору даних.

Методи класифікації можна використовувати для інтерпретації даних і отримання результатів за допомогою таких моделей, як k-NN (k-найближчого сусіда), LDA (лінійного дискримінантного аналізу), SVM, а також DT (дерева рішень) [12].

1.3.5 Мультимодальне розпізнавання емоцій

Використання методу розпізнавання емоцій є важливою проблемою для вирішення через специфіку кожного методу та його зовнішні і середовищні впливи. Наприклад, шум у навколишньому середовищі може впливати на розпізнавання мови. При розпізнаванні виразу обличчя слід враховувати темне освітлення і різні ракурси. Оскільки використання лише одного методу має обмеження, поєднання різних методів, таких як мультимодальне розпізнавання емоцій, може покращити продуктивність і навчання кожного методу [13].

Для мультимодального розпізнавання емоцій є реалізований підхід, що об'єднує BiLSTM (двонаправлену мережу довготривалої короткочасної пам'яті) та дві CNN, які поєднують аудіо- та візуальні дані. Вхідними параметрами виступають мел-частотні кепстральні коефіцієнти, енергетичні ознаки з аудіосигналів, а також вихідні характеристики BiLSTM, інтегровані з просторово-часовими ознаками, отриманими з відео. Для класифікації емоцій у межах цього підходу використовувалася функція SoftMax. Результати цього експериментального дослідження показали, що запропонований метод з поєднанням аудіо- та візуальних даних є більш ефективним порівняно з вже існуючими алгоритмами [14].

Інший метод передбачає поєднання сигналів електроенцефалографії з мімікою для розпізнавання емоцій. У цьому випадку емоції, виявлені за виразом обличчя, класифікуються за допомогою нейронної мережі, тоді як обробка ЕЕГ сигналів здійснюється з використанням SVM. Отримані результати об'єднувалися за допомогою правила суми або добутку. Ще один підхід -

використання комбінованого аналізу візуальних і текстових ознак на основі CNN. Така система здатна розпізнавати емоційні характеристики обох модальностей і інтегрувати їх за допомогою багатоядерних класифікаторів навчання.

Також реалізація мультимодального аналізу емоцій можливо за допомогою мережі злиття уваги, яка комбінує текстові та візуальні дані з соціальних мереж для глибшої оцінки емоційного стану. Ця мережа враховує різні рівні важливості інформації з кожної модальності, адаптивно налаштовуючи ваги для оптимального поєднання ознак. Це забезпечує гнучке та більш точне розпізнавання емоцій, особливо в умовах, коли одна з модальностей може містити шум або бути менш інформативною [15].

1.4 Етапи обробки даних у фреймворках розпізнавання емоцій

Створення фреймворків, які потім слугують складовою частиною архітектури розумних голосових асистентів, заснованих на розпізнаванні емоцій включає етапи, зображені на рис. 1.3.



Рисунок 1.3 – Загальні етапи виявлення та розпізнавання емоцій

Першим етапом є збирання даних, яке передбачає підготовку необхідної інформації для аналізу емоцій, зокрема мімічних реакцій, записів мовлення, фізіологічних сигналів і текстових даних. Етап попередньої обробки має на меті

підготувати дані до аналізу емоцій і включає методи фільтрації, нормалізації, аугментації та виділення ознак. Виділення ознак спрямоване на отримання релевантних характеристик, пов'язаних з емоціями: міміка, мова тіла та напрямок погляду – для візуального розпізнавання емоцій; висота тону, інтенсивність та спектральні характеристики – для аудіального розпізнавання емоцій; аналіз настроїв, емоційні лексикони та тематичне моделювання – для текстового розпізнавання емоцій; частотні діапазони, варіабельність серцевого ритму та електропровідність шкіри – для фізіологічного розпізнавання емоцій.

Вибір моделі та навчання є наступним етапом, що передбачає відбір відповідних алгоритмів – таких як метод опорних векторів, згорткові нейронні мережі або рекурентні нейронні мережі – та їх навчання на попередньо оброблених даних. Далі виконується тестування та оцінювання, у межах якого перевіряється ефективність моделі на окремому наборі даних за допомогою таких метрик, як точність, прецизійність, повнота, F1-score (інтегральна оцінка точності) та AUC (area under the curve). Важливо уточнити, що інтегральна оцінка F1 (1.1) використовується для оцінки точності класифікації, враховуючи точність (precision) і повноту (recall). Її доцільно використовувати у випадках, коли дані нерівномірно розподілені, наприклад, одна емоція зустрічається частіше ніж інші.

$$F1 = 2 * \frac{precision * recall}{precision + recall} \quad (1.1)$$

Завершальний етап – це розгортання, метою якого є впровадження моделі в реальні прикладні системи – зокрема у голосових асистентах, сфері туризму, охорони здоров'я та інших суміжних галузях [16], [17].

Аналіз емоцій охоплює різноманітні підходи, такі як виявлення емоцій, розпізнавання емоцій і класифікація емоцій. Мета виявлення емоцій полягає у встановленні факту наявності емоцій у даних різного типу, включаючи зображення та текст. Розпізнавання емоцій передбачає наступний рівень аналізу – виявлення емоцій із подальшим визначенням їх інтенсивності в конкретному

контексті. Класифікація емоцій означає розподіл емоційних станів на окремі категорії – такі як радість, смуток, гнів, страх тощо [18].

1.5 Методи виявлення та розпізнавання емоцій

1.5.1 Методи засновані на правилах

Для виявлення емоцій у тексті або мовленні використовуються заздалегідь визначені правила або евристики, наприклад, аналіз слів чи фраз, пов'язаних з емоційною лексикою. Одним із прикладів таких методів є лексичний підхід, який використовує словник для виявлення позитивних слів («щасливий») і негативних слів («ненавиджу») та оцінює їхню частотність, щоб присвоїти тексту відповідний бал емоційного забарвлення – позитивного чи негативного. Іншим прикладом є метод, заснований на системі нечіткого виведення Мамдані, який визначає правила на основі аудіоознак (таких як висота тону й енергія) у поєднанні з текстовими оцінками настрою для виявлення емоцій – таких як радість, смуток, гнів і нейтральність – у відеофрагментах.

Експерименти, проведені на двох наборах даних – SAVEE (surrey audio-visual expressed emotion) та RAVDESS (ryerson audio-visual database of emotional speech and song) показали, що запропонована система Мамдані досягає вищої точності та F1-метрик порівняно з деякими сучасними методами машинного навчання, включаючи SVM, Random Forest, MLP (Multilayer Perceptron) та LSTM. Зокрема, в умовах, коли система не була навчена на конкретному наборі даних, вона показувала стабільні результати, тоді як інші методи суттєво програвали в точності [19].

1.5.2 Методи, засновані на машинному навчанні

Підходи машинного навчання використовують статистичні моделі для виявлення закономірностей і зв'язків у даних, які можна застосовувати для розпізнавання емоцій. Такі моделі навчаються на розмічених наборах даних для

розпізнавання шаблонів, пов'язаних з емоційними станами. Однак для досягнення високої точності та здатності до узагальнення зазвичай необхідні великі обсяги навчальних даних. Після завершення навчання модель може бути застосована до нових нерозмічених даних для ідентифікації емоцій. Прикладом такого підходу є використання методів машинного навчання – зокрема методу опорних векторів, алгоритму k-найближчих сусідів, наївного баєсівського класифікатора, логістичної регресії або методу випадкового лісу – для класифікації емоцій у наборах зображень [20].

1.5.3 Методи, засновані на глибинному навчанні

Ці підходи використовують штучні нейронні мережі для обробки та аналізу даних з метою виявлення емоцій. Вони особливо ефективні для складних завдань – таких як розпізнавання мовлення та аналіз настроїв – оскільки здатні навчатися на неструктурованих даних і самостійно виділяти релевантні ознаки для точної ідентифікації та розпізнавання емоцій. Водночас навчання і виконання таких моделей потребує значних обчислювальних ресурсів і великих обсягів даних. Ефективним прикладом застосування моделей нейронних мереж для класифікації емоцій є аналіз публікацій у соціальних мережах, зокрема твітів.

У цьому контексті CNN і RNN демонструють високу точність у класифікації емоцій, виражених у коротких текстових повідомленнях. Цей підхід був застосований у низці досліджень і показав перспективні результати [21].

1.6 Порівняльний аналіз методів розпізнавання емоцій: переваги та обмеження підходів

Чимало досліджень було проведено для порівняльного аналізу різних методів виявлення та розпізнавання емоцій. В рамках одного з підходів класифікацію здійснено за типами вхідних даних, таких як: міміка, мовні сигнали, фізіологічні параметри та текстовий аналіз. Інше дослідження охоплює моделі розпізнавання емоцій із застосуванням сигналів електроенцефалографії,

мімічної та голосової активності в контексті мультимодального аналізу. У ще одному огляді розглянуто широкий спектр джерел емоційної інформації – текст, звук, зображення, відео та фізіологічні сигнали, а також описано мультимодальні техніки виявлення емоцій, що поєднують ці джерела [22].

Не варто виділяти якесь окреме дослідження чи окремий метод і запевняти, що він працює найбільш ефективно. Важливим є як використання окремих вхідних ознак, так і мультимодальні методи. У таблиці 1.2 подано розгорнуту класифікацію методів аналізу емоцій відповідно до типу вхідних даних (міміка, мовлення, фізіологічні сигнали, текст, мультимодальні дані) та моделей, що застосовуються для кожного з них. Це дозволяє систематизувати підходи та оцінити відповідність методів конкретним типам сигналів при розпізнаванні емоцій.

Таблиця 1.2 – Категорії методів аналізу емоцій на основі різних технік [22]

Категорія	Опис	Моделі
1	2	3
1	Аналіз емоцій з використанням даних обличчя	ANN (Artificial Neural Network), SVM, AdaBoost, конструктивні прямі нейронні мережі, вейвлет-перетворення, 3D-розпізнавання облич, модель Мамдані
2	Аналіз емоцій з використанням мовлення	Штучні нейронні мережі, CNN, GMM-CHMM (Gaussian Mixture Model – Context-Dependent Hidden Markov Model), Байєсівське гіпотезне тестування
3	Аналіз емоцій на основі фізіологічних сигналів (ЕКГ та ЕЕГ)	Для ЕКГ: дискретне перетворення Фур'є, бездротові сигнали. Для ЕЕГ: частотні ознаки, SVM, просторово-частотна обробка, адаптивні моделі

Продовження таблиці 1.2

1	2	3
4	Аналіз емоцій з використанням текстових даних	Knowledge-Based ANN, SVM, семантичні таблиці, ATTs (Advanced Text To Speech), модель особистісних рис
5	Мультимодальні техніки та моделі	CNN + RNN, CNN + LSTM, Багаторівнева система злиття уваги для аудіо та тексту, 1D та 2D CNN для мовлення й візуальних даних, багатонаправлена регресія для мовлення, глибока багатозадачна навчальна структура для тексту, акустичних та візуальних кадрів відео

Кожен підхід супроводжується поєднанням переваг і обмежень.

Переваги: представлене різноманіття методів – від заснованих на правилах до моделей машинного і глибокого навчання – демонструє їхню адаптивність до широкого спектра джерел даних, зокрема міміки, мовлення, фізіологічних сигналів і текстової інформації. Методи на основі правил, як-от лексичний підхід і система нечіткого виведення Мамдані, дозволяють виявляти емоції за допомогою наперед визначених лінгвістичних правил. Методи машинного навчання, такі як метод опорних векторів, алгоритм k-найближчих сусідів та класифікатори на основі нейронних мереж, забезпечують розпізнавання складних емоційних шаблонів завдяки навчанню на розмічених даних. Глибоке навчання, зокрема згорткові та рекурентні нейронні мережі, демонструє високу ефективність у роботі з неструктурованими даними, такими як публікації в соціальних мережах, що дозволяє точно класифікувати емоції.

Обмеження: кожен із зазначених підходів має суттєві недоліки. Методи на основі правил залежать від попередньо визначених правил і словників, які часто не здатні точно відобразити нюанси емоційного забарвлення та врахувати культурний контекст. Методи машинного навчання потребують великої кількості розмічених даних, отримання яких є трудомістким і ресурсозатратним

процесом. Крім того, ці методи часто мають труднощі з узагальненням на нові дані, що може призвести до перенавчання або зниження точності. Глибинне навчання забезпечує точне виділення складних ознак, але потребує значних обчислювальних ресурсів і масштабних датасетів. Також моделі глибинного навчання часто мають низьку інтерпретованість, що ускладнює розуміння логіки їх рішень, особливо у критичних сферах застосування.

1.7 Висновок до першого розділу

В першому розділі кваліфікаційної роботи освітнього рівня «Магістр» висвітлено значення емоційного аналізу та сфери його практичного застосування, розглянуто можливості й обмеження емоційного аналізу в умовах технологічного прогресу, проаналізовано техніки та системи аналізу емоцій за типами вхідних даних, сформовано етапи обробки даних у фреймворках розпізнавання емоцій, досліджено методи виявлення та розпізнавання емоцій, подано порівняльний аналіз цих методів із зазначенням переваг та обмежень.

2 ТЕХНОЛОГІЧНІ ЗАСОБИ ТА ІНФРАСТРУКТУРА ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ ЕМОЦІЙ У СМАРТ СИСТЕМАХ

2.1 Інструменти та API для обробки емоційних сигналів

Для виявлення та розпізнавання емоцій важливо використовувати відповідні бібліотеки, інструменти та мови програмування. У таблиці 2.1 представлено класифікацію ресурсів для аналізу емоцій та короткий опис.

Таблиця 2.1 – Інструменти, бібліотеки, SDK та API для аналізу емоцій

Категорія	Назва інструменту	Опис
1	TensorFlow, PyTorch, NLTK, TextBlob, Hugging Face, syuzhet, RSentiment, sentimentr, SentimentAnalysis	Корисні для обробки природної мови, аналізу настроїв та аналізу емоцій
2	OpenCV, TensorFlow, PyTorch, Keras, scikit-image	Ефективні для аналізу емоцій шляхом обробки зображень
3	DeepFace, Affectiva, Microsoft Cognitive Services, Amazon Recognition, FaceReader	Програмні інструменти, що дозволяють здійснювати розпізнавання емоцій у реальному часі на основі міміки
4	4.1: Beyond Verbal API, Votakuri, EmoVoice, Good Vibrations 4.2: Emotion API, Affectiva, nViso, Kairos 4.3: Tone Analyzer, Receptiviti, BiText, Synesketch	4.1: Розпізнавання емоцій за мовленням 4.2: Розпізнавання емоцій за мімікою 4.3: Розпізнавання емоцій за текстом

Бібліотеки TensorFlow та PyTorch широко використовуються для задач машинного навчання, зокрема для обробки природної мови, аналізу настроїв та емоцій. NLTK – це потужна бібліотека Python, спеціально призначена для аналізу

емоцій, тоді як TextBlob забезпечує функціональність як для аналізу настроїв, так і для розпізнавання емоцій. Hugging Face – популярна бібліотека, що надає попередньо навчені моделі для багатьох задач обробки природної мови, включаючи аналіз емоцій та настроїв. Загалом, ці бібліотеки сприяють створенню моделей машинного навчання, здатних ефективно виявляти й аналізувати емоції та настрої в текстових даних [23].

Крім того, у мові програмування R існує декілька пакетів – зокрема Syuzhet, RSentiment, sentimentr, SentimentAnalysis та meanr – які активно застосовуються для аналізу настроїв. Ці пакети поєднують методи машинного навчання й лексикон-орієнтовані підходи, а також забезпечують необхідну статистичну обробку для оцінки емоційного забарвлення тексту. Наприклад, пакет sentimentr демонструє високу точність завдяки врахуванню модифікаторів полярності, таких як заперечення та підсилювачі, що дозволяє точніше визначати емоційний контекст фраз. У свою чергу, SentimentAnalysis підтримує створення користувацьких словників за допомогою регуляризації LASSO (least absolute shrinkage and selection operator), що дає змогу адаптувати аналіз до специфічних доменів [24].

Обробку зображень для аналізу емоцій також можна виконувати за допомогою спеціалізованих бібліотек. OpenCV (open source computer vision library) – потужна бібліотека з відкритим кодом для комп'ютерного зору, яка надає широкий спектр інструментів для обробки зображень та відео. Вона дозволяє реалізувати алгоритми виявлення та відстеження обличчя, що є ключовими етапами у системах розпізнавання емоцій. TensorFlow – це платформа для машинного навчання з відкритим кодом, яка підтримує розробку та навчання нейронних мереж. У контексті аналізу емоцій вона використовується для створення моделей, здатних класифікувати емоційні стани на основі зображень обличчя, забезпечуючи високу точність розпізнавання. PyTorch – ще одна популярна бібліотека для глибокого навчання, яка відзначається гнучкістю та зручністю у розробці моделей. Вона ефективно застосовується для аналізу міміки та виразів обличчя, дозволяючи будувати складні моделі для розпізнавання емоцій з високою точністю.

Keras – високорівнева бібліотека для глибокого навчання, яка працює, умовно кажучи, як інтерфейс TensorFlow. Вона спрощує процес створення та навчання нейронних мереж, що робить її зручною для швидкої розробки моделей класифікації емоцій на основі зображень. scikit-image – бібліотека для обробки зображень у мові програмування Python, яка надає набір алгоритмів для попередньої обробки та аналізу зображень. Вона може бути використана для підготовки зображень перед передачею їх до моделей глибокого навчання для подальшого розпізнавання емоцій [25].

Для розпізнавання емоцій у реальному часі на основі міміки існують спеціалізовані програмні інструменти. Зокрема, DeepFace та FaceReader здатні розпізнавати шість базових емоцій – щастя, смуток, гнів, здивування, страх і відразу. Affectiva – це хмарний прикладний програмний інтерфейс, що забезпечує розпізнавання емоцій у реальному часі за мімікою. Microsoft Cognitive Services також пропонує API для розпізнавання емоцій на основі аналізу обличчя. Amazon Recognition використовує алгоритми глибинного навчання для виявлення емоцій у зображеннях [26].

Для виявлення та розпізнавання емоцій на основі мовлення доступні різноманітні SDK та API. Зокрема Beyond Verbal API, Votakuri, Emotional Voice і Good Vibrations. Ці інструменти дозволяють аналізувати емоції, використовуючи мовні сигнали. Emotion API, Affectiva, nViso та Kairos – спеціалізуються на розпізнаванні емоцій за мімікою. Для виявлення емоцій на основі текстових даних широко використовуються такі інструменти, як Tone Analyzer, Receptiviti, BiText та Synesketch [27].

Вищеперелічені SDK та API мають низку переваг, зокрема швидку інтеграцію в мобільні та вебзастосунки завдяки готовим інтерфейсам для розпізнавання емоцій. Деякі з них підтримують роботу в реальному часі, забезпечуючи практично миттєву реакцію на емоційний стан користувача, що особливо важливо для інтерфейсів людина-комп'ютер та може бути впроваджено в госові асистенти. Більшість з них використовують поєднання акустичних ознак, інтонації та мовного контексту, що підвищує точність аналізу. Вагомим плюсом є те, ці сервіси часто мають вбудовані механізми для

багатомовної підтримки, масштабування і хмарної обробки, що робить їх зручними для розробників.

2.2 Порівняльна характеристика інструментів емоційного аналізу за швидкістю обробки

Нижче наведено класифікацію бібліотек, SDK та API, що використовуються для аналізу емоцій, відповідно до їх швидкодії. Параметр швидкості розглядається як один із ключових, особливо при впровадженні систем емоційного аналізу у мобільних або реальних умовах. Інструменти умовно поділено на три групи: з високою, середньою та низькою швидкістю обробки.

До інструментів із високою швидкодією належать TensorFlow, PyTorch та Keras – це бібліотеки глибокого навчання, що забезпечують високу продуктивність і здатні ефективно обробляти великі обсяги даних. Вони часто використовуються для задач реального часу, хоча потребують потужного апаратного забезпечення. Аналогічний рівень швидкодії демонструють OpenCV і scikit-image – бібліотеки для обробки зображень, оптимізовані для роботи з графікою та відео в режимі реального часу.

Середню швидкодію мають бібліотеки обробки природної мови, зокрема Hugging Face, TextBlob і NLTK. Вони орієнтовані на точність і зручність інтеграції, але поступаються за продуктивністю згортковим або рекурентним моделям. Також до цієї категорії належать програмні рішення для аналізу міміки, зокрема Affectiva, DeepFace, Microsoft Cognitive Services, Amazon Recognition і FaceReader. Вони здатні працювати в умовах реального часу, але зазвичай потребують додаткової оптимізації для стабільної роботи.

До інструментів із низькою швидкодією відносяться Beyond Verbal API, Votakuri, EmoVoice, Good Vibrations, Emotion API, nViso, Kairos, Tone Analyzer, Receptiviti, BiText і Synesketch. Вони здебільшого побудовані на обробці мовлення або тексту, що вимагає складного попереднього аналізу. З огляду на

це, такі рішення частіше використовуються для офлайн-аналітики, а не в системах реального часу [23], [24], [25], [26], [27].

2.3 Дослідження технологій смарт систем на базі штучного інтелекту для емоційного аналізу

Поєднання аналізу емоцій і новітніх технологій відкриває величезний потенціал для вдосконалення смарт систем та чималої кількості міських сервісів. Розглянемо інтеграцію емоційного аналізу на основі штучного інтелекту та нейронних мереж.

Існує метод з використанням глибинного навчання який застосовується в автомобілях для детекції емоцій водія, таких як втома чи агресія. Запропонована модель поєднує алгоритм розпізнавання міміки на основі згорткової нейронної мережі з алгоритмом емоційного розпізнавання, що базувався на злитті даних сенсорів. Цей підхід інтегрував інформацію про вираз обличчя з електродермальною активністю – біофізіологічним сигналом, інтерпретованим у межах моделі збудження-валентності за Расселом. Таке поєднання дозволило підвищити точність виявлення емоцій у випадках, коли міміка не давала достатньої інформації [28].

Використання методів, що базуються на машинному навчанні, обробці тексту, зображень та біосигналів також можна використовувати для аналізу психоемоційного стану працівників та користувачів цифрових середовищ. Один із підходів передбачає виявлення стресу за допомогою класифікатора найближчих сусідів (k-NN), де ключовими показниками є візуальні ознаки – зокрема злість, огида, страх, смуток і нейтральний вираз. Такий аналіз здійснюється на основі зображень обличчя, що дозволяє здійснювати моніторинг емоційного стану працівників у сфері ІТ та формувати здорове робоче середовище.

Інший підхід орієнтований на виявлення емоцій у контексті групової взаємодії. У моделі UGTE (user group based topic-emotion model) оцінка емоційної подібності між користувачами здійснюється із врахуванням їхніх індивідуальних

особливостей. Це дає змогу формувати узагальнену емоційну картину групи на основі коротких текстових повідомлень. Тематична агрегація та побудова зв'язків між контентом та емоційними реакціями дозволяє адаптувати системи емоційного аналізу, наприклад розумні голосові асистенти, до соціальних сценаріїв.

Для виявлення депресивних станів із використанням фізіологічних сигналів застосовується підхід CBEM (content-based ensemble method), який поєднує електрогастрографічні сигнали та аналіз руху очей. Метод передбачає тематичний розподіл даних і колективне голосування для визначення емоційного стану. Застосування біосигналів у таких системах є виправданим завдяки простоті їх отримання та безконтактному характеру збору [29].

Система виявлення емоцій для рекомендацій в онлайн-шопінгу. У дослідженні використовувалась вебкамера для фіксації емоцій покупців, а на основі результатів розпізнавання за допомогою штучної нейронної мережі формувалися персоналізовані рекомендації.

У контексті розвитку інфраструктури розумного міста пропонується фреймворк для виявлення емоцій із застосуванням технологій Інтернету речей. Система орієнтована на обробку бездротових сигналів та їхніх відбиттів, що використовуються як носії непрямой інформації про емоційний стан людини. Однією з ключових проблем у реалізації такої системи визначено «віртуальний емоційний бар'єр» – явище, що ускладнює точне розпізнавання емоцій через нестабільність або перекриття сигналів. Для підвищення ефективності було застосовано метод вибору з максимальною накопиченою точністю, який дозволяє компенсувати неточності в обробці даних. Такий підхід придатний для впровадження у міських умовах, зокрема в парках, транспортних вузлах, метрополітені і громадських місцях [30], [31].

Варто зазначити, що впровадження подібних систем на стику штучного інтелекту та Інтернету речей (AIoT) вимагає врахування питань безпеки, стабільності підключення та масштабованості в умовах великої кількості користувачів і пристроїв, що особливо актуально для складних міських середовищ.

Метод інтерактивного вітання на основі розпізнавання емоцій реалізований за допомогою алгоритму Віоли–Джонса для сегментації зони навколо обличчя, очей і рота. Для ідентифікації користувача застосовуються згорткові нейронні мережі face-CNN, для розпізнавання емоцій – eye-CNN та mouth-CNN. Зручністю є те, що після аналізу емоцій система відображає відповідну 3D-анімацію.

DLSTA (deep learning–supported textual semantic analysis) – новий підхід до аналізу емоцій у тексті, який базується на глибинному семантичному аналізі. Модель DLSTA орієнтована на обробку великих обсягів даних і є придатною для аналізу емоцій у контексті соціальних мереж, таких як Twitter.

Гібридна система для емоційної діагностики в літніх людей поєднує попередньо навчені глибокі згорткові нейронні мережі з класичними алгоритмами машинного навчання. У системі використано архітектуру на основі LeNet-мережі для вилучення ознак, а для класифікації емоцій застосовано алгоритм Random Forest. Таке рішення орієнтоване на використання в музикотерапії та профілактиці деменції серед літніх людей.

Техніка аналізу емоцій для медичного моніторингу на основі мозкових хвиль за допомогою електрогастрографії. Для виявлення таких емоцій, як «радість», «спокій» або «нудьга», використовується MLP, SVM, ADAM (нейронна мережа прямого поширення з алгоритмом стохастичної оптимізації першого порядку), а також моделі глибинного навчання на основі RNN. Результати цієї системи можуть бути інтегровані в медичні інформаційні системи [32].

Можна аналізувати емоційні стани працівників будівельної галузі, оцінюючи їхню активність, безпеку та стан здоров'я з використанням біполярної емоційної моделі валентності. Отримані результати дозволяють виявляти негативні емоційні стани, зокрема стрес, у працівників, що працюють у небезпечних умовах – наприклад, на висоті.

Цікавою є інтеграція технології 5G з аналізом емоцій, використовуючи високу швидкість з'єднання та низьку затримку 5G для медичних застосувань. Таке поєднання забезпечує безперешкодне впровадження емоційного аналізу в

різноманітні контексти. Можна виявляти емоційні стани в режимі реального часу та оперативно на них реагувати, підвищуючи якість послуг і рівень персоналізації. Для цього представлена емоційно-чутлива медична система, що використовує пристрої Інтернету речей для збору та обробки мовленнєвих і візуальних сигналів пацієнтів. Для визначення емоційного стану застосовуються класифікаційні методи, що допомагають медичним працівникам ефективніше реагувати, зокрема при виявленні болю.

Метод розпізнавання команд для голосового керування електричним інвалідним візком, в якому застосовується біометричний принцип, згідно з яким у процесі аналізу голосового сигналу виділяються ознаки, що є біометричними параметрами мовлення пацієнта, з метою запобігання активації системи керування при виявленні подібних команд від сторонніх осіб. Основною такою ознакою є значення основної частоти тону. Для обробки голосових сигналів з метою розпізнавання чотирьох основних команд керування – вперед, назад, вліво та вправо – використовується метод ковзного вікна, в межах якого оцінюється наявність ознак основного тону. Для конкретної особи це значення буде індивідуальним і спостерігатиметься лише в тих частинах голосового сигналу, що відповідають голосним і озвученим приголосним звукам. Використовується порогова функція, яка приймає певне значення при наявності основної частоти тону у структурі голосового сигналу в межах кожного вікна та дорівнює нулю за її відсутності. Завдяки цьому стає можливим точніше розпізнавати окремі голосові команди [33], [34].

Не можна не підкреслити важливість інтеграції обчислень на периферії (edge computing) в емоційно-чутливі додатки, такі як голосові асистенти смарт систем, з метою зниження навантаження на централізовані хмарні системи. Завдяки перенесенню обробки ближче до джерела даних, можна суттєво зменшити обсяг переданої інформації на віддалені сервери. У дослідженні представлено нову систему розпізнавання емоцій, що не базується на мовленні, і використовує потужності edge computing для інтерпретації емоцій, переданих через немовленнєві сигнали, такі як крики або зойки. Також розглянуто

застосування методики дистиляції знань для підвищення ефективності та загальної продуктивності системи.

У дослідженні «A secure emotion aware intelligent system for Internet of healthcare,» акцентовано увагу на важливості використання технології блокчейн у емоційно-чутливих додатках. Запропоновано інтелектуальний механізм на основі блокчейну, який забезпечує надійні довірчі схеми для передачі, реєстрації та обміну даними у гетерогенних мережах. Система передбачає використання обчислювальної архітектури з блокчейном для захищеної передачі даних в умовах емоційно-чутливих додатків. Для обміну інформацією між пацієнтами та лікарями застосовується метод аналітичної ієрархічної обробки, а моделі ідентифікаційної довіри та блокчейн-механізми забезпечують конфіденційність взаємодії між сторонами [35].

2.4 Використання геоінформаційних систем для розпізнавання та смарт-моніторингу міських процесів

Додатки на основі ГІС мають важливу роль в емоційному аналізі, оскільки вони дозволяють просторово прив'язувати емоційні дані до конкретних географічних локацій. Це, в свою чергу, дає змогу виявляти зони з підвищеним рівнем емоційної напруги або, навпаки, позитивних реакцій, що є цінним для управління міським середовищем. В смарт системах такі рішення використовуються для моніторингу настроїв населення в реальному часі, оптимізації громадських сервісів і підвищення безпеки.

В межах дослідження Неаполітанського університету імені Фрідріха II запропоновано просторову модель, засновану на нечіткому аналізі настроїв із використанням розширеного алгоритму нечітких С-засобів, для аналізу емоцій користувачів на основі даних із Twitter. Результати дослідження дозволили ідентифікувати закономірності позитивних емоційних категорій, таких як оптимізм, та негативних – наприклад, тривога чи страждання – в географічних зонах, що можуть враховуватися у туризмознавчих дослідженнях для оцінки якості обслуговування і рівня сервісу на основі відгуків громадян та туристів.

Також представлено фреймворк для емоційного аналізу на основі ГІС з метою виявлення «гарячих» і «холодних» зон подій, наприклад, під час хвиль спеки. У роботі використовувалися коментарі користувачів у соціальних мережах, а також метод класифікації точок з підвищеною чи зниженою емоційною активністю, заснований на нечіткому розподілі приємних і неприємних емоцій. Це дозволяє визначити географічні області, що викликають переважно позитивні або негативні емоції [36].

Моделювання відповідних критеріїв маршрутизації для автономних транспортних засобів з урахуванням режиму та активності користувача є змістовним питанням. Приклад ситуації: користувач перебуває в негативному емоційному стані, і система має змінити попередньо заданий маршрут – наприклад, відхилитися від маршруту до улюбленого ресторану чи мальовничої локації – з метою адаптації до поточного стану користувача.

З метою вивчення емоцій відвідувачів тематичних парків – наявна методика, що базується на просторовому аналізі даних за допомогою геоінформаційної системи та аналізу емоцій твітів. Для класифікації емоцій використовується модель Circumplex (двовимірний модель). Дослідження включало аналіз найбільш вживаних слів у кожному квадранті моделі, пов'язаних із різними тематиками. Наприклад, слова «злий» і «поїхали» були пов'язані з емоцією роздратування. Результати дозволили ідентифікувати атракціони в тематичних парках шляхом аналізу емоційних шаблонів і виділення кластеризованих емоційних зон [37].

Значущим метод, що базується на тематичному моделюванні та адаптивному аналізі настроїв, для створення аналітичної системи реального часу з геопросторовою візуалізацією міських подій. Результати його використання можуть бути використані для оперативного реагування під час управління надзвичайними ситуаціями. Тим не менше, перспективною є ще одна методика класифікації емоцій на основі трансформерів із двостороннім кодуванням (BERT) та згорткових нейронних мереж. Також аналіз гарячих точок (hot spot analysis) і графіки зміщення слів (word-shift graphs) для виявлення схожих тем.

Підсумки використання цих методів сприяють розумінню рівня щастя серед мешканців і можуть бути використані для міського планування.

Нетиповим є дослідження коментарів користувачів щодо способів пересування та визначення зв'язку між факторами впливу і думками. Аналіз проводиться на основі розрахунку індексу настрою (задоволення або валентність) із подальшою просторовою регресією для виявлення взаємозв'язку між оцінками і транспортними характеристиками. Одним із позитивних результатів є встановлення зв'язку між позитивними оцінками велосипедного транспорту та впливом факторів, таких як вологість, на негативні емоції [38].

Експериментальне дослідження було проведене з поєднанням аналізу емоцій і ГІС для визначення зв'язку між просторовими характеристиками кампусних локацій та емоційним станом студентів. У дослідженні застосовувалось розпізнавання емоцій за зображенням обличчя, аналіз ЕКГ та носимі сенсори для фіксації психологічних параметрів студентів. Кореляція між емоційними станами та просторовими характеристиками визначалася за допомогою регресійного аналізу [39].

2.5 Застосування XR-технологій в емоційному аналізі та адаптивних середовищах

XR-технології відіграють досить перспективну роль в емоційному аналізі, адже вони дозволяють створювати середовища глибокого занурення, в яких можливо дуже точно оцінювати емоційні реакції користувачів. ЕММА (emotional management through virtual agents) – це XR-додаток, який використовується для психологічної терапії (боротьби з тривожністю та депресією). Особливістю цього додатку є те, що пацієнти напряду взаємодіють із віртуальними середовищами, які моделюють емоційно значущі ситуації. Також існує XR-додаток Psious, який застосовується психотерапевтами для лікування фобій і тривожних розладів. Він аналізує фізіологічні реакції, такі як пульс та електродермальна активність, і на їх основі видає необхідні результати емоційних станів людей.

Примітною є інтеграція технологій XR з емоційними станами користувачів для створення інтелектуальних систем керування автомобілем. Один із запропонованих прикладів – система, яка в режимі розширеної реальності відображає інформацію про водіїв поблизу, включно з їхніми емоціями (наприклад, злість). Така система може допомагати водієві приймати рішення щодо зміни смуги чи гальмування [40].

Платформа, яка змінює візуальні характеристики віртуального середовища залежно від розпізнаних емоцій користувача. У дослідженні застосовується глибинне навчання для класифікації емоційних станів як нейтральний, щасливий, здивований, сумний, злий, обурений, наляканий або презирливий. Візуальне оформлення, наприклад колір віртуального дерева, адаптувалось відповідно до емоцій – зокрема, зелений колір відображав радість.

Такі платформи вже сьогодні використовують функції з підтримкою штучного інтелекту, наприклад, для налаштування фону, щоб виключити непотрібні подразники з місця присутності, або для придушення шуму. Можна використовувати теплові карти, що створюються на основі рухів очей користувача, а також відстежувати характерні візерунки погляду у тривожних користувачів. Для виділення рис обличчя використовується система OpenFace, а для класифікації емоційного стану – класифікатор наївного Байєса. Все це дозволяє з приблизною точністю визначити емоції: щастя, здивування, злість, смуток, відраза, страх, а також когнітивні стани – зацікавленість, нудьга, розгубленість і фрустрація. Крім того, майбутні технологічні досягнення мають потенціал зробити віртуальні зустрічі ще більш ефективними, наприклад, шляхом покращення збору, аналізу та синтезу мультимодальних соціальних сигналів у режимі реального часу, надання аналітики зустрічей і, на основі цього, запровадження ролі фасилітатора віртуальних зустрічей, що підтримує динаміку команди, яка розвивається [41].

Модель виявлення стресу на основі оцінки кореляції характеристик голосу з фізіологічними параметрами, такими як артеріальний тиск, частота серцевих скорочень та психологічні фактори. Результати моделі можуть бути інтегровані

у віртуальну реальність для покращення процесу презентації у віртуальній аудиторії.

В одному з аналізів було виявлено методику, що поєднує текстовий майнінг, аналіз настроїв і тематичне моделювання для визначення трендів у використанні технологій доповненої та віртуальної реальності в освіті, а також для аналізу емоційного ставлення людей до цих технологій. Для цього використовувались інструменти TextBlob, емоційно-асоціативний лексикон EmoLex, словник VADER (Valence Aware Dictionary and sEntiment Reasoner) для аналізу валентності та тематичне моделювання LDA [42].

Реалізацію емоційного моделювання на основі шкал збудження та валентності для виведення зображень у вигляді голограм – здійснюються за допомогою біосенсорів, які відстежують рівень щастя (від задоволення до незадоволення) та спокою (від спокійного до збудженого стану), після чого зображення обираються відповідно до емоційного стану користувача.

Один із підходів представляє метод прогнозування емоцій за зображенням обличчя для аватарів у метавсесвіті, використовуючи зменшений набір ознак. Для цього застосовувалися алгоритми машинного навчання, зокрема метод опорних векторів, для обробки зображень.

Феноменальною є модель, в якій застосували спеціалізовану згорткову нейронну мережу для розпізнавання емоцій собак (збуджений, грайливий, умиротворений, нейтральний) у застосунку доповненої реальності, розробленому для взаємодії між людьми та тваринами [43].

Також існує розробка персоналізованої вправо-гри (exergame) для моторної реабілітації, що включає три компоненти: обчислення й інтерпретацію, розпізнавання емоцій та адаптацію. Для виявлення позитивних або негативних емоцій застосовується інтерактивна система з використанням DeepFace та згорткових нейронних мереж, після чого ігрове середовище адаптується до емоційного стану пацієнта.

2.6 Захист конфіденційності та безпека даних при використанні голосових асистентів у смарт системах

У системах розпізнавання емоцій, які працюють із різними типами даних – такими як зображення обличчя, мовлення чи текстова інформація користувача – питання безпеки та конфіденційності даних, які зберігаються на сторонніх серверах викликає серйозне занепокоєння. Тому забезпечення безпеки та впровадження належних методів захисту конфіденційності стає дедалі важливішим.

Голосові асистенти смарт систем можуть бути використані для несанкціонованого визначення емоцій користувачів шляхом аналізу їхньої мови. Звичайно не хочеться, аби потім ці дані були використані в зловмисних цілях чи для продажу на заборонених ринках інтернету. Метод DARE-GP (differential acoustic real-time evasion via genetic programming) – створює додатковий шум для маскувannya емоційної інформації в мовленні, зберігаючи при цьому розбірливість для транскрипції. Його ключова особливість полягає в тому, що він забезпечує захист даних в режимі реального часу навіть для нових фраз та висловлювань, які не були почуті раніше. DaARE-GP був протестований на розумних голосових асистентах смарт систем, а саме на Amazon Echo та Google Home і в результаті продемонстрував стійкість до атак, які можуть бути застосовані зловмисниками, при цьому якість розпізнавання самим VA залишалась на високому рівні [44].

Також варто зосередити увагу на анонімізації даних для збереження конфіденційності користувачів, чиї дані використовуються для розпізнавання емоцій. Запропонований метод, заснований на умовній генеративно-змагальній мережі, яка використовує вибрані контрольні точки обличчя як умову для генератора та дискримінатора. Це дозволяє створювати зображення обличчя з мінімальною кількістю ідентифікаційної інформації та максимальною емоційною відповідністю. Також є метод на основі федеративного навчання, який дозволяє учасникам спільно навчати модель без обміну сирими даними, тим самим зберігаючи конфіденційність [45].

У системах, що використовують електроенцефалографічні сигнали, конфіденційність підтримується через децентралізоване навчання нейронних мереж, при якому моделі тренуються локально на пристроях користувачів без передавання сирих біологічних даних на центральні сервери. Це дає змогу класифікувати емоційні стани (за шкалами збудження, валентності та домінування), водночас зберігаючи особисту інформацію приватною.

Для голосових асистентів у смарт системах розроблено кілька захисних механізмів. Один із підходів передбачає додавання проміжного рівня між хмарною платформою і користувачем, який виконує попереднє перетворення голосових даних із метою зменшення точності стороннього емоційного аналізу. Така система суттєво знижує ймовірність несанкціонованого визначення емоційного стану. Окрім цього, впроваджується гомоморфне шифрування для обробки даних у зашифрованому вигляді, що робить зчитування персональних даних про емоції майже неможливим навіть під час обчислень [46].

2.7 Висновок до другого розділу

В другому розділі кваліфікаційної роботи розглянуто інструменти та API для обробки емоційних сигналів. Подано порівняльну характеристику інструментів для аналізу емоцій залежно від швидкості обробки даних, досліджено технології смарт систем на базі штучного інтелекту. Обґрунтовано використання геоінформаційних систем для розпізнавання та смарт-моніторингу міських процесів. Проаналізовано застосування технологій розширеної реальності в емоційному аналізі та адаптивних середовищах. Аргументовано важливість захисту конфіденційності та безпеки даних при використанні голосових асистентів у смарт системах.

3 ВПРОВАДЖЕННЯ ЕМОЦІЙНОГО ІНТЕЛЕКТУ У СМАРТ СИСТЕМИ: ДОСВІД, ПРОБЛЕМАТИКА ТА ШЛЯХИ РОЗВИТКУ

3.1 Технічні аспекти розробки емоційно-чутливих голосових асистентів

Створення голосових асистентів із можливістю сприйняття емоцій вимагає інтеграції різнорівневих методів обробки акустичних характеристик мовлення, засобів машинного навчання та технік адаптивної персоналізації. Початкові методи аналізу тональності, висоти та швидкості мовлення стали підґрунтям для створення перших моделей розпізнавання емоцій, але вони мали обмежену точність у складних умовах.

Дослідження вказують на важливість створення моделей розпізнавання емоцій, здатних працювати у режимі реального часу без значного зниження точності. Для цього пропонуються оптимізовані архітектури глибокого навчання, що мінімізують кількість параметрів та зменшують затримку обробки даних. Зокрема, використання методів попередньої обробки мовного сигналу дозволяє істотно підвищити якість виділення емоційних ознак ще до етапу глибинного аналізу [47].

Окрему увагу приділяють дослідженню впливу навколишнього шумового середовища на точність розпізнавання голосу, а відповідно і емоцій. Було встановлено, що інтеграція спеціальних фільтрів очищення сигналу перед його обробкою дозволяє знизити вплив перешкод на результати визначення та класифікації емоцій. Сучасні підходи комбінують як акустичну обробку, так і стійкі до шуму нейронні моделі, що забезпечує більшу надійність голосових асистентів у різноманітних умовах експлуатації. Коли техніки глибокого навчання почали розвиватись активніше, – значно покращилися методи виділення інформативних ознак з акустичного сигналу. Згорткові нейронні мережі дають змогу виділити спектральні ознаки, а рекурентні нейронні мережі забезпечують обробку часових залежностей у мовленні. Крім того, застосування методів нормалізації спектрограм та використання мел-частотних кепстральних

коефіцієнтів сприяло підвищенню стійкості моделей до фонового шуму, що є особливо важливим у реальних умовах експлуатації [48].

3.2 Індивідуалізація голосових асистентів через контекстно-залежне розпізнавання емоцій

Важливим аспектом розробки систем розпізнавання емоцій є необхідність побудови моделей, здатних обробляти варіативні емоційні стани, які не завжди відповідають базовій класифікації на позитивні, негативні та нейтральні емоції. Багатошарові структури аналізу дозволяють виявляти складні поєднання емоцій, що часто трапляються у реальному мовленні, наприклад, поєднання тривоги та радості, або роздратування і здивування.

Крім того, сучасні дослідження акцентують увагу на необхідності навчання моделей на багатомовних корпусах, оскільки особливості емоційної експресії суттєво відрізняються у різних мовних середовищах. Підвищення мовної гнучкості голосових асистентів сприяє кращій адаптації до глобального ринку та дозволяє покращити сприйняття користувачами з різних культурних контекстів. Комбіновані архітектури, що поєднують згорткові та рекурентні мережі, забезпечують вищу точність розпізнавання емоцій ніж однокомпонентні системи [49].

Надзвичайно перспективним є застосування моделей із самонавчанням, що дає можливість персоналізації голосових асистентів. У цьому контексті особливої уваги набули моделі із навчанням з малих вибірок, які дозволяють адаптувати асистента до нового користувача без необхідності збирання великих обсягів даних.

Важливою тенденцією в розвитку систем розпізнавання емоцій є впровадження навчання з частковою анотацією даних, коли моделі навчаються за допомогою неповних або частково маркованих мовних корпусів. Це дозволяє суттєво зменшити витрати на підготовку навчальних вибірок і прискорити процес адаптації голосових асистентів до нових середовищ використання [50].

Варто згадати використання комбінованого аналізу як акустичних, так і семантичних ознак мовлення для підвищення якості розпізнавання емоцій. Застосування таких комплексних підходів сприяє кращому розумінню контексту висловлювань користувача і дозволяє системам давати більш релевантні та емоційно відповідні відповіді. Експлуатація мультимодальних систем, що комбінують аналіз мовлення з аналізом візуальних та фізіологічних параметрів також є цікавим напрямом. Такі підходи значно підвищують точність визначення емоцій, особливо у ситуаціях, де мовний сигнал є невисказаним чи суперечливим. Окрім того, поєднання кількох каналів інформації дозволяє компенсувати втрати даних в одному з каналів і забезпечити більш надійне розпізнавання емоційного стану користувача [48].

Інший аспект пов'язаний із побудовою персоналізованих моделей для розпізнавання емоцій. Стандартизовані емоційні корпуси, такі як RAVDESS чи IEMOCAP (інтерактивна емоційно-діалогова база даних із захопленням руху), репрезентують обмежену ефективність при роботі з реальними користувачами через велику варіативність індивідуальних особливостей мовлення. Тому зараз активно розробляються методи тонкої адаптації моделей, які дозволять налаштовувати їх параметри на основі невеликих індивідуалізованих даних.

Використання персональних емоційних даних потребує дотримання принципів конфіденційності та інформованої згоди користувача на обробку його персональної інформації. Багато дослідників наголошують на необхідності розробки нормативних актів, що регламентують зберігання, обробку та використання емоційної інформації [49].

В контексті інтеграції емоційного аналізу в смарт системи також важливим є зниження обчислювальної складності моделей. Актуальними є розробки щодо оптимізації кількості параметрів нейронних мереж для забезпечення швидкої обробки мовних сигналів у реальному часі без втрати точності. Застосування методів компресії моделей, таких як квантування ваг, дозволяє суттєво зменшити вимоги до обчислювальних ресурсів, що є важливим для впровадження у мобільних пристроях.

Слід приділити увагу також вивченню культурних особливостей вираження емоцій. Оскільки одна й та сама емоція може проявлятися по-різному в різних культурах. Моделі розпізнавання мають враховувати багатомовні та мультикультурні дані для забезпечення універсальності систем. Це особливо важливо для глобальних голосових асистентів, орієнтованих на широкий ринок користувачів [48].

3.3 Моделі інтеграції емоційного інтелекту у віртуальне середовище

Інтеграція емоційних даних із сучасними цифровими технологіями відкриває можливості для створення нового типу інтелектуальних систем – систем із вбудованим емоційним інтелектом. Такі рішення здатні розпізнавати емоційний стан користувача в режимі реального часу та адаптувати свою поведінку відповідно до цього стану, забезпечуючи тим самим глибшу персоналізацію взаємодії. У середовищі розширеної реальності ці системи можуть динамічно змінювати контент і віртуальне оточення згідно з емоційними реакціями користувача, створюючи більш захопливий та інтуїтивний досвід.

Поєднання даних про емоції з інноваційними інструментами дає змогу створювати складніші, адаптивніші та персоналізовані цифрові системи нового покоління.

Хорошим прикладом емоційно-інтелектуальної розширеної реальності є дослідження, проведене доктором філософії Куналем Гуптою у 2021 році, у якому було розроблено віртуальну гру, адаптивну до емоцій користувача. У цій грі, дія якої відбувається у віртуальному лісі, елементи середовища змінювалися в режимі реального часу залежно від емоційного стану користувача. Для навчання та калібрування системи використовувалися фізіологічні сигнали: електроенцефалографія, електродермальна активність та варіабельність серцевого ритму. Наприклад, за наявності негативних емоцій інтенсивність туману й звукового оформлення зменшувалася, що дозволяло створити більш комфортне віртуальне середовище. Такий підхід демонструє можливості емоційно-орієнтованої XR як інструменту персоналізованої взаємодії, у якому

контент та інтерфейс динамічно адаптуються до емоцій користувача, підвищуючи загальну ефективність занурення [51].

В межах іншого дослідження, виконаного дослідниками із Ханчжоуського університету електроніки (Hangzhou Dianzi University), було створено систему на основі віртуальної реальності, яка використовує мультимодальні фізіологічні сигнали – зокрема електрокардіограму, активність зіниць та інші показники – для моделювання рівня страху під час гри. Цей приклад є показовим з точки зору мультисенсорного розпізнавання емоцій у віртуальному середовищі, оскільки дозволяє підвищити виразність віртуальних об'єктів.

Ще одне цікаве рішення – використання даних про рухи людини та фізіологічні сигнали для додання аватарам у віртуальній реальності експресивних властивостей у реальному часі. Застосовуючи двовимірну модель «збудження-валентність», дослідники реалізували систему частинок, яка змінювала колір та яскравість віртуального аватара залежно від емоцій користувача. Наприклад, при високому рівні гніву колір змінювався з синього на червоний, що дозволяло іншим користувачам легко ідентифікувати емоційний стан співрозмовника у віртуальному середовищі.

Для пацієнтів із великим депресивним розладом існує система розпізнавання емоцій за виразом обличчя. В ній використовуються віртуальні обличчя для візуалізації шести базових емоцій, що дає змогу ефективно здійснювати моніторинг емоційного стану пацієнтів у медичній практиці [52].

3.4 Імплементация емоційного аналізу у штучний інтелект

Використовуючи емоційні дані у поєднанні з технологіями штучного інтелекту можна створити умови для розвитку інноваційних прикладних рішень. Під час одного з досліджень було розроблено інноваційний застосунок, заснований на штучному інтелекті та технологіях Інтернету речей, який орієнтований на догляд за дітьми. Система могла виявляти емоційні стани дитини, зокрема плач, на основі чого батьки отримували віддалений доступ до інформації про емоційний стан своєї дитини. За допомогою мобільного

застосунку також було можливе дистанційне керування колискою, що сприяло кращому управлінню часом. Цей приклад демонструє, як емоційно-інтелектуальний штучний інтелект може стати дієвим інструментом підтримки батьків і доглядальників [53].

Інше дослідження, яке проводилось спільно декількома університетами та одним із медичних центрів Південної Кореї, було зосереджене на мультимодальному розпізнаванні емоцій у медичній сфері. Для виявлення пацієнтів із панічним розладом використовувалися фізіологічні показники – ЕКГ, електродермальна активність, дихання та периферійна температура – у трьох станах: спокою, стресу та відновлення. На основі цих даних застосовувалися алгоритми машинного навчання, такі як логістична регресія, метод найближчих сусідів, опорні вектори, випадкові ліси та багат шарові перцептрони. Автоматизація цього процесу дозволила підвищити точність діагностики та зменшити людський фактор, що позитивно позначилося на ефективності лікування і знизило витрати в охороні здоров'я.

Також наявна система розпізнавання емоцій із врахуванням контексту аналізує відеозображення обличчя, жести тіла, семантичне оточення та соціальну динаміку. Обробка даних у ній здійснюється за допомогою згорткових нейронних мереж із механізмом самоуваги та глибинного картографування. Це дозволяє досягти високої точності, адаптивності до культурного контексту й ефективності розпізнавання емоцій у різноманітних сферах – від медицини до сервісного обслуговування [54].

3.5 Геопросторовий аналіз емоційних даних: застосування в міському середовищі та соціальних дослідженнях

Геопросторовий аналіз емоцій передбачає дослідження емоційного стану людей з урахуванням їхнього просторового розташування, що дозволяє виявляти закономірності, пов'язані з географічними особливостями середовища. Такий підхід поєднує методи аналізу емоційних даних із геоінформаційними технологіями, що дає змогу візуалізувати емоційні реакції у конкретних місцях,

аналізувати їхню динаміку в часі та приймати обґрунтовані рішення в межах міського планування, громадського здоров'я чи управління надзвичайними ситуаціями. Застосування просторово-часового моделювання емоцій значно розширює можливості соціальних і технічних систем у контексті персоналізації, адаптивності та емоційної чутливості голосових асистентів та цифрових сервісів.

Поєднання геопросторових даних з аналізом емоцій дозволяє створювати емоційно-чутливі геоінформаційні сервіси, які надають персоналізовані рекомендації, базуючись на виявленому емоційному стані та вподобаннях користувачів. Один із прикладів такої системи було розроблено в Токійському технологічному інституті. У її основі – механізм рекомендації пішохідних маршрутів з урахуванням емоційного забарвлення, сезонності та естетичної привабливості. Система використовує аналіз настроїв у твіттер-дописах для обчислення емоційних оцінок і виокремлення ключових слів, пов'язаних із пір року та настроєм. Крім того, аналіз косинусної схожості між словами та геотегованими дописами дозволяв пропонувати маршрути, що найкраще відповідали поточному емоційному стану й розташуванню користувача [55].

Інструменти геопросторової візуалізації емоцій можуть надати цінні ідейні внески для управління містами. Наприклад, у дослідницькому центрі Гарвардського університету реалізовано вебзастосунок, який використовує аналіз настроїв із Twitter для відображення географічних кластерів стресу або негативних емоцій у різні періоди пандемії COVID-19. Такий тип візуалізації дозволяє аналітикам і політикам краще зрозуміти, як різні події сприймаються населенням у різних локаціях. Виявлення просторових і часових закономірностей у динаміці емоційних реакцій дає змогу ефективніше розподіляти ресурси, планувати заходи та комунікувати з громадськістю [56].

Застосування геоаналізу емоційних даних є перспективним і в інших сферах, зокрема в транспортному плануванні, управлінні надзвичайними ситуаціями та громадському здоров'ї. Наприклад, у рамках дослідження Китайського університету науки і технологій було запропоновано інноваційний підхід до збору та аналізу емоцій людини з використанням методів штучного інтелекту – таких як обробка природної мови та комп'ютерний зір – в поєднанні

з ГІС для просторово-часового аналізу. Застосований підхід дає можливість дослідити зв'язок між емоційними станами людей і навколишнім середовищем шляхом візуалізації закономірностей емоцій у просторі та часі [57].

3.6 Виклики у створенні та впровадженні емоційного інтелекту в інтелектуальні технології нового покоління

Імплементація систем з емоційною чутливістю потребує ретельного врахування низки викликів, що виникають під час аналізу емоцій, зокрема труднощів із джерелами даних і обмежень наявних моделей. Наприклад, при роботі з текстовими даними однією з ключових проблем є нестача якісних наборів даних із достатнім розподілом емоційних категорій. Це призводить до неповноти емоційної інформації та ускладнює проведення глибокого аналізу. Крім того, між деякими емоціями можуть існувати розмиті межі (наприклад, між любов'ю та щастям), що вимагає застосування кількох емоційних міток для точного опису виразу. Ще однією складністю є необхідність врахування контексту: окремі моделі розглядають речення поза його контекстом і приписують йому статичну емоцію, що знижує точність аналізу. Такі виклики свідчать про потребу в подальших дослідженнях і розробці більш точних та стійких моделей для аналізу емоцій в першу чергу голосовими асистентами у смарт системах та іншими технологіями.

Використання невербальних сигналів – таких як міміка й мова тіла – також є складним завданням без відповідного контексту. Одним з ефективних підходів до вирішення цієї проблеми є мультимодальний емоційний аналіз, який передбачає поєднання даних з кількох джерел – відео, аудіо, тексту, ЕЕГ, жестів тощо. Саме тому аудіовізуальне виявлення емоцій широко застосовується завдяки простоті та гнучкості.

Серед сучасних підходів виокремлюється модель, яка поєднує 3D-CNN з конформером (трансформером), для виділення ознак з відеосигналу та їх подальшої інтеграції у модулі злиття. Така система підвищує точність розпізнавання емоцій. Також важливим є врахування характеристик користувача

під час побудови моделей емоційно-чутливих систем. Хмарні додатки, які поєднують семантичну обробку відгуків, аналіз настроїв та кластеризацію користувачів за ознаками на кшталт віку чи місця проживання, демонструють потенціал персоналізованих рекомендацій [58].

Крім того, оптимізація використання пам'яті є критично важливою для мобільних застосунків, зокрема у сфері Інтернету речей. Наприклад, у деяких рішеннях реалізовано багаторівневу систему – хмарний, туманний і IoT-рівень – для ідентифікації емоцій дітей з аутизмом в реальному часі. Система використовує глибоку згорткову нейронну мережу для покращення точності розпізнавання емоцій на обличчі та впроваджує нову стратегію заміщення кешу на основі нечіткої логіки для ефективного управління ресурсами [59].

Надзвичайно важливо приділяти увагу питанням безпеки та етики при впровадженні подібних технологій, особливо якщо дані збираються або обробляються третіми сторонами. Використання надійного шифрування, запровадження суворих правил доступу до даних та активний моніторинг на предмет потенційних загроз мають стати стандартом. Одним із перспективних рішень у цьому напрямі є використання блокчейн-технологій для децентралізованого й захищеного зберігання та передачі даних. Це не лише знижує ризик витоку або фальсифікації інформації, а й підвищує довіру користувачів, сприяючи розвитку етичних стандартів у сфері емоційно-чутливих систем.

Іншою важливою проблемою є робота з великими обсягами різноманітних даних, які надходять із різних сенсорів. Для ефективної обробки таких даних потрібні алгоритми, здатні об'єднувати інформацію з різних джерел і формувати цілісну картину емоційного стану користувача. Зокрема, ефективним є застосування гібридних моделей, що поєднують CNN та LSTM RNN (CNN-LSTM) для аналізу сенсорних даних – таких як фізіологічні, навколишні та просторові показники [60].

Часто голосові асистенти та інші застосунки з можливістю аналізу емоцій розробляються без належного врахування різноманітності – расової, етнічної, гендерної та культурної. Це може призводити до упереджених або неточних

результатів розпізнавання, що негативно впливає на певні групи користувачів. Окрім цього, несанкціоноване збирання емоційних даних викликає значні етичні занепокоєння, зокрема щодо можливого зловживання такими технологіями. Наприклад, у робочому середовищі це може призводити до дискримінації або тиску на працівників із метою демонстрації позитивних емоцій, що, у свою чергу, може підвищувати рівень стресу [61].

3.7 Голосові асистенти у смарт системах: етичні аспекти та напрями розвитку

Аналіз емоцій користувачів є критично важливим елементом міських сервісів і смарт систем із голосовими асистентами, оскільки він може надати цінну інформацію для розуміння потреб і вподобань людей у різних контекстах. Для досягнення цієї мети можуть використовуватись різноманітні технології, зокрема візуальне, аудіо-, текстове, фізіологічне та мультимодальне розпізнавання емоцій, кожне з яких поєднує кілька методів задля подолання обмежень окремих підходів. Комбінування різних методологій дозволяє досягти глибшого й точнішого аналізу емоцій. Наприклад, поєднання аналізу міміки, мови тіла та голосу дає змогу вловити складні емоційні нюанси: тонкі зміни виразу обличчя доповнюються тоном і висотою голосу, що забезпечує підвищену точність. Крім того, інтеграція текстових повідомлень користувачів із фізіологічними вимірюваннями відкриває додатковий рівень розуміння: зіставлення вживаних слів із фізіологічними змінами дозволяє отримати цілісну картину емоційної реакції. Синергія між аналізом тексту та фізіологічними даними надає всебічне уявлення про емоції, демонструючи як словесне вираження емоцій, так і фізіологічні зміни, які цим супроводжуються. Отже, інтеграція цих різнорідних методів створює синергетичний ефект [22].

Загальні етапи розпізнавання емоцій включають: збір даних, попередню обробку, виділення ознак, вибір моделі, її навчання, тестування, оцінювання та розгортання. Існує низка бібліотек, програмних засобів та фреймворків, призначених для аналізу емоцій у різних системах, наприклад у розумних

голосових асистентах, зокрема: TensorFlow, PyTorch, NLTK, TextBlob, Hugging Face, OpenCV, Keras, scikit-image, DeepFace, Affectiva, Amazon Recognition, FaceReader, Beyond Verbal API, Votakuri, EmoVoice, Good Vibrations, Emotion API, Affectiva, nViso, Kairos, Tone Analyzer, Receptiviti, BiText та Synesketch. Ці інструменти можуть бути використані для різних типів емоційного аналізу, включно з обробкою зображень, розпізнаванням емоцій на основі голосу та технологіями аналізу емоцій у текстах.

Вибір відповідної технології залежить від конкретного завдання та наявних даних. Саме тому вкрай важливо ретельно оцінити переваги й недоліки кожного підходу перед вибором інструментів для аналізу емоцій, а також використовувати адекватні аналітичні моделі для ефективного виявлення емоцій користувача. Моделі аналізу емоцій можна класифікувати на кілька основних груп: засновані на правилах, на методах машинного навчання та на глибинному навчанні. Кожна з цих категорій має свої сильні сторони й обмеження, а вибір конкретної моделі визначається специфікою задачі та характеристиками вхідних даних [27].

Безпека є ключовою проблемою в емоційно-чутливих системах. У низці досліджень ця проблема вирішується за допомогою різних методів – таких як анонімізація даних із використанням генеративно-змагальних мереж, федеративне навчання та гомоморфне шифрування. Анонімізація дозволяє зберігати конфіденційність користувачів при використанні їхніх даних для аналізу. Генеративно-змагальні мережі використовують дві моделі глибинного навчання для генерації синтетичних даних, подібних до реальних, що допомагає захистити чутливу інформацію. Федеративне навчання дає змогу декільком учасникам спільно тренувати модель без потреби розкривати сирі дані. Гомоморфне шифрування дозволяє зашифрованим даним бути обробленими алгоритмами машинного навчання без розшифрування.

Аналіз емоцій може слугувати основою для створення інтелектуальних систем з емоційною чутливістю, які мають значні переваги для міських сервісів. Наприклад, у віртуальній грі з елементами розширеної реальності можна змінювати рівень туману та звукове середовище відповідно до емоційного стану

користувача, що підвищує ефект занурення й персоналізації. У таких системах аватар може змінювати свій зовнішній вигляд, ґрунтуючись на емоціях користувача, що спрощує взаєморозуміння у віртуальному середовищі. Іншим прикладом є застосування емоційно-орієнтованого штучного інтелекту у сфері догляду за дітьми – наприклад, система, яка визначає емоційний стан дитини й автоматично гойдає колиску при виявленні плачу. Просторовий аналіз емоцій дозволяє впроваджувати сервіси, які враховують розташування й настрій користувача, рекомендуючи маршрути для покращення емоційного стану [13].

Отже, аналіз емоцій користувачів є важливим аспектом міських сервісів, що надає цінну інформацію про потреби й уподобання в різних умовах. За умови використання відповідних аналітичних моделей і врахування питань безпеки, можливо створити інтелектуальні системи, на кшталт голосових асистентів, з реальними перевагами – зокрема, емоційно-орієнтовану XR, емоційно-інтелектуальний штучний інтелект і просторовий аналіз емоцій.

Емоційно-чутливі додатки мають важливе значення для підвищення якості сервісів, однак їхнє створення супроводжується низкою викликів – зокрема нестачею якісних даних і нерівномірним розподілом між емоційними категоріями. Також необхідні моделі, здатні обробляти розмитість емоційних станів. Для подолання слабких сторін наявних методів необхідно досліджувати нові підходи, такі як мультимодальний аналіз емоцій, що поєднує аудіо- та візуальні характеристики. Крім того, для мобільних додатків актуальним є управління пам'яттю, зокрема використання стратегій заміщення кешу, особливо в умовах Інтернету речей. При використанні різних сенсорів важливо обирати адекватні стратегії обробки великих масивів даних. Емоційно-чутливі системи також повинні враховувати індивідуальні особливості користувачів. Створення алгоритмів штучного інтелекту з урахуванням расових, культурних, етнічних та гендерних відмінностей є критично важливим і потребує додаткового вивчення. Водночас відстеження даних для аналізу емоцій викликає етичні занепокоєння, оскільки їх можна використати у шкідливих цілях або для дискримінації окремих груп. Саме тому важливим є впровадження політик, які регулюватимуть ці аспекти.

Хоча емоційно-інтелектуальні системи мають багатообіцяючі сфери застосування, їхня ефективність залежить від низки чинників. Однією з основних передумов є наявність різноманітних датасетів, оскільки такі системи потребують повних і репрезентативних даних для точного розпізнавання емоцій. Крім того, використання різних технологій емоційного аналізу – таких як розпізнавання міміки, інтерпретація фізіологічних і мовних сигналів, а також аналіз текстів – вимагає високоточного алгоритмічного забезпечення з метою запобігання хибним інтерпретаціям.

Приватність і етичні аспекти також є критично важливими, оскільки викликають занепокоєння щодо безпеки даних та їхнього можливого зловживання. Важливо досягти балансу між персоналізованим досвідом користувача та забезпеченням конфіденційності. Це передбачає впровадження надійних механізмів захисту даних і прозорих процедур інформованої згоди користувач, особливо у системах, які використовують голосових асистентів для сприйняття емоцій, що сприятиме дотриманню етичних стандартів і формуванню довіри.

Попри перспективність поєднання емоційного аналізу з сучасними технологіями, необхідно визнати виклики, з якими стикаються дослідники у цій галузі. Точне виявлення й аналіз емоцій залишається складним завданням через їхню суб'єктивність та індивідуальність. Варіативність емоційних реакцій людини, вплив культурних чинників і контекстуальні відмінності створюють суттєві бар'єри для розробки універсально ефективних систем розпізнавання емоцій. До того ж, нечіткість меж між емоціями й нестача повних і різноманітних датасетів обмежують надійність алгоритмів аналізу емоцій. Оскільки ця галузь знаходиться на перетині психології, технологій та науки про дані, етичні аспекти, пов'язані з приватністю, безпекою даних і відповідальним застосуванням емоційної інформації, ще більше ускладнюють дослідницьке середовище. Незважаючи на всі ці труднощі, дослідники й практики продовжують вдосконалювати емоційно-чутливі технології, які поважають людські емоції й водночас роблять позитивний внесок у розвиток різних галузей [7].

3.8 Висновок до третього розділу

В третьому розділі кваліфікаційної роботи було здійснено комплексний аналіз процесів впровадження емоційного інтелекту у голосові асистенти смарт систем. Розглянуто технічні засади побудови систем розпізнавання емоцій, зокрема обробку акустичних ознак мовлення, вплив шумового середовища та застосування згорткових і рекурентних нейронних мереж. Проаналізовано підходи до індивідуалізації голосових асистентів, включаючи використання моделей із самонавчанням, часткову анотацію даних та комбінований аналіз семантичних і фізіологічних ознак.

Особливу увагу приділено моделям інтеграції емоційного інтелекту у віртуальне середовище, де продемонстровано адаптивність цифрового контенту до емоцій користувача, а також ефективність мультимодального аналізу. Розглянуто приклади імплементації емоційного аналізу в штучний інтелект для різноманітних цілей. Досліджено потенціал геопросторового аналізу емоційних даних у міських і соціальних контекстах, що демонструє нові шляхи персоналізації міських сервісів.

Систематизовано проблеми, пов'язані з нечіткістю емоційних меж, нестачею репрезентативних датасетів і необхідністю культурної адаптації систем. Висвітлено етичні аспекти збирання й використання емоційних даних, підкреслено роль інклюзивності, конфіденційності та довіри користувачів як критичних умов для розвитку емоційно-чутливих технологій нового покоління.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Охорона праці

4.1.1 Вплив психоемоційного навантаження на розробників голосових асистентів та методи його мінімізації

В сучасних умовах інтенсивного розвитку інформаційних технологій працівники стикаються з високим рівнем психоемоційного навантаження. Постійна робота з великими обсягами інформації, необхідність прийняття швидких рішень, відповідальність за якість продукту та дотримання жорстких термінів можуть призводити до стресу, емоційного вигорання та зниження продуктивності. Тому важливо впроваджувати заходи, спрямовані на мінімізацію психоемоційного навантаження, з урахуванням вимог чинного законодавства у сфері охорони праці.

У сфері розробки голосових асистентів працівники часто стикаються з високим рівнем когнітивного навантаження, необхідністю обробки великої кількості інформації, швидким темпом роботи та високою відповідальністю за результати. Це може призводити до розвитку хронічного стресу, емоційного вигорання та інших негативних наслідків для здоров'я.

Психоемоційне навантаження – це сукупність психофізіологічних реакцій організму на вплив факторів робочого середовища, що викликають стрес, втому та інші негативні стани. Згідно з ДСТУ ISO 10075-1:2005 «Ергономіка. Психічне навантаження в роботі. Частина 1. Загальні поняття, терміни та визначення», психічне навантаження визначається як вплив на психічну систему людини, що виникає в процесі виконання роботи. Цей стандарт розрізняє поняття "психічне навантаження" та "психічне напруження": перше стосується зовнішніх факторів, що впливають на працівника, таких як складність завдань, темп роботи, інформаційне навантаження та організаційні умови, тоді як друге описує внутрішню реакцію працівника на ці фактори, включаючи емоційні, когнітивні та фізіологічні аспекти [62].

Відповідно до НПАОП 0.00-1.28-10 «Правила охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин», роботодавець зобов'язаний забезпечити умови праці, що мінімізують вплив шкідливих факторів, у тому числі психоемоційного навантаження. Ці Правила встановлюють конкретні вимоги до організації робочих місць користувачів ПК, зокрема: робоче місце повинно бути розміщене в приміщенні площею не менше 6 м² та об'ємом не менше 20 м³ на одного працівника; рівень освітленості на робочому місці повинен становити не менше 300 лк при загальному освітленні та не менше 500 лк при комбінованому освітленні; температура повітря в приміщенні повинна бути в межах 22-24°C, відносна вологість – 40-60%, швидкість руху повітря – не більше 0,1 м/с.

Організація режиму праці та відпочинку: Передбачено регламентовані перерви: при роботі з ПК до 4 годин на день – одна перерва тривалістю 15 хвилин; при роботі понад 4 години – дві перерви по 15 хвилин кожна. Дотримання цих вимог сприяє зниженню психоемоційного навантаження на працівників, забезпечуючи комфортні та безпечні умови праці [63].

ДСТУ ISO 9241-5:2004 «Ергономічні вимоги до роботи з відеотерміналами в офісі. Частина 5. Вимоги до компонування робочого місця та до робочої пози», робоче місце повинно бути організоване таким чином, щоб мінімізувати фізичне та психоемоційне навантаження.

Робочий стілець: повинен забезпечувати стійку опору тіла у динамічній позі, що є зручною протягом певного проміжку часу, фізіологічно задовільною та відповідає завданню чи роботі, що повинна бути виконана. Основні вимоги включають: необмежену циркуляцію крові в нижніх кінцівках; легке утримання і змінювання пози; забезпечення підтримки спинного хребта; достатній рівень тертя поверхні, щоб уникнути зісковзання з місця.

Робоча поверхня: повинна бути стабільною та безпечною. Якщо людина нахиляється у будь-яку сторону чи сидить скраю, робоча поверхня, що навантажена устаткуванням, призначеним для роботи, не повинна перекинутися. Частина устаткування не повинні перекинутися, якщо їх завантажують

предметами, призначеними для роботи (папір, дисплеї тощо), і вони функціонують за призначенням.

Контактні поверхні: робоча поверхня і частини опорної конструкції, що контактують із користувачем протягом призначеного часу, не повинні допускати надмірну втрату енергії від тіла чи бути холодними у разі дотику.

На основі ДСТУ ISO 9241-5:2004 визначено, що робоче місце має бути спроектоване так, щоб забезпечити фізіологічно комфортні умови для користувача (розробника). Це передбачає наявність регульованого стільця зі спинкою, що підтримує хребет, оптимальне розташування екрана дисплея (відстань 500-700 мм, кут зору 10-20°), та належний простір для ніг (не менше 600 мм у висоту). Комфортна постава та можливість змінювати положення тіла сприяють зниженню м'язового напруження та втоми, що безпосередньо впливає на зменшення психоемоційного навантаження [64].

4.1.2 Оцінка професійних ризиків при використанні голосових асистентів для смарт систем

Працівники, які взаємодіють із голосовими асистентами у смарт системах, можуть піддаватися певним професійним ризикам, що потребують системного аналізу та контролю. Така взаємодія часто передбачає використання голосу як основного інструменту управління, що може викликати перевантаження голосових зв'язок, втому мовного апарату або навіть розвиток професійних захворювань у разі інтенсивного використання голосових команд в шумному середовищі. До роботи з такими системами мають допускатися особи, які не мають протипоказань до тривалого голосового навантаження, високої концентрації уваги та роботи в умовах емоційної напруги.

Під час довготривалої роботи з голосовими інтерфейсами зростає ризик виникнення психоемоційного виснаження через часті помилки розпізнавання команд, потребу постійно повторювати інструкції або залежність від точності вимови. Також ризик когнітивного перевантаження може проявлятися в зниженні працездатності, зростанні дратівливості та втраті уваги. Крім того,

працівники, які зазнають впливу постійного шуму або змушені одночасно працювати з декількома пристроями, можуть відчувати підвищене фізіологічне навантаження, зокрема на слуховий та нервовий апарат [65].

Згідно з ДСТУ ISO 31000:2018, управління ризиками повинно бути інтегрованим, структурованим і всеохоплюючим процесом, який включає ідентифікацію, аналіз, оцінку та обробку ризиків з подальшим моніторингом і корекцією. Цей стандарт визначає важливість врахування контексту організації, включаючи внутрішні (політики, ресурси, технології) та зовнішні (економічні, соціальні, нормативні) чинники, які можуть впливати на досягнення цілей. Одним із ключових етапів є аналіз ризиків, під час якого оцінюються ймовірність і наслідки: наприклад, ризик технічного збою в системі голосового асистента може мати ймовірність 0,2 при високому впливі на бізнес-процеси.

Стандарт також вимагає чіткого визначення критеріїв прийнятності ризиків та впровадження заходів їх зниження – усунення джерела, запровадження резервних систем, зміни процедур. Ефективність таких систем може зменшити кількість критичних інцидентів на 30-50% протягом перших двох років після впровадження [66].

Ще один ДСТУ IEC/ISO 31010:2013 надає розгорнуті настанови щодо вибору та застосування систематичних методів оцінювання ризиків, які можуть виникати на всіх етапах впровадження новітніх технологій, зокрема голосових асистентів у смарт системах. Рекомендовані 30 методів, серед яких можна виділити основні: аналіз сценаріїв, контрольні списки, аналіз «що-якщо», аналіз дерева відмов та аналіз причинно-наслідкових зв'язків. Вибір конкретного методу залежить від характеру об'єкта дослідження, складності системи та наявності даних. Наприклад, аналіз «що-якщо» дає змогу моделювати ймовірні порушення у роботі голосового асистента у випадку перевантаження обчислювальної потужності або відмови мікрофона.

Важливо також враховувати акустичні ризики, оскільки надмірний рівень шуму – як з боку самого пристрою (сигнали зворотного зв'язку, повідомлення, команди), так і з боку робочого середовища – може спричинити зниження точності розпізнавання голосу, підвищене когнітивне навантаження та втому

користувача. За умови фонових шумів понад 55 дБ (згідно з рекомендаціями ВООЗ для офісних середовищ), ефективність мовної взаємодії знижується до 30-40%. Застосування таких методів оцінювання ризиків дозволяє вчасно ідентифікувати подібні загрози, визначити ймовірність їх виникнення та впровадити запобіжні заходи, наприклад, використання спрямованих мікрофонів, шумопоглинаючих алгоритмів або акустичного екранування робочої зони [67].

Працюючи з голосовими асистентами, працівники можуть користуватися гарнітурами або портативними пристроями, які при тривалому носінні можуть спричинити дискомфорт, біль у вухах або головний біль. Рекомендується проводити періодичні перевірки якості технічних засобів, а також регулярні перерви для зниження рівня навантаження. Освітлення, мікроклімат, рівень фонових звуків і зручність розташування обладнання мають відповідати гігієнічним нормам.

При використанні голосових команд система може записувати або передавати голосові дані користувача, що створює ризик витоку конфіденційної інформації або її несанкціонованого використання. У зв'язку з цим повинні бути передбачені технічні заходи захисту даних, включаючи шифрування голосових повідомлень, а також чіткі інструкції щодо політики конфіденційності. Дотримання цих заходів дозволить створити безпечні умови праці при використанні голосових асистентів у смарт-середовищах [68].

Вимоги до системи управління охороною здоров'я та безпекою праці встановлює ДСТУ ISO 45001:2019, який дозволяє організаціям не лише відповідати нормативним вимогам, а й активно виявляти небезпеки, оцінювати ризики та впроваджувати заходи для їх усунення або мінімізації. Стандарт вимагає чітко структурувати процеси управління ризиками, забезпечити документування процедур, проведення аудитів і постійне вдосконалення. Особлива увага приділяється участі працівників, які повинні бути поінформованими, навченими та залученими до прийняття рішень у сфері безпеки. При роботі з голосовими асистентами це передбачає навчання персоналу щодо правильного використання технології, запобігання технічним

помилкам, а також моніторинг потенційного негативного впливу на фізичне й психоемоційне здоров'я.

Цей стандарт також вимагає врахування шкідливих виробничих факторів, зокрема шуму. У випадку постійної роботи з голосовими інтерфейсами, особливо у відкритих офісних просторах або виробничих приміщеннях із підвищеним рівнем фонового шуму, показники можуть перевищувати 65–70 дБ. Такий рівень створює акустичне навантаження, яке знижує ефективність сприйняття мовної інформації, призводить до втоми слухового апарату та підвищує ризик стресових реакцій. Відповідно до положень ISO 45001, це вимагає впровадження коригувальних заходів – використання звукопоглинальних матеріалів, оптимізацію гучності відповідей голосового асистента, застосування навушників зі зниженням шуму або інтеграцію адаптивних алгоритмів, що розрізняють голос оператора серед фонових перешкод.

За даними міжнародної практики, впровадження повноцінної системи управління охороною праці на базі ISO 45001 дозволяє зменшити кількість професійних інцидентів на 30-40% у перші 1-2 роки, особливо в умовах автоматизованого середовища. Це підкреслює ефективність стандартизованого підходу до оцінки ризиків, зокрема й у випадку взаємодії людини з інтелектуальними технологіями. У сфері голосових асистентів це означає, що безпека праці не повинна обмежуватися лише технічною надійністю пристрою – вона має охоплювати і комфорт користувача, когнітивне навантаження, захист слуху та психологічну адаптацію до нових форм спілкування з машиною [69].

4.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Оцінка стійкості роботи проекту економіки до впливу вражаючих факторів ядерної зброї.

Оцінка стійкості об'єктів економіки до впливу вражаючих факторів ядерної зброї є критично важливою для забезпечення безперервності функціонування ключових інфраструктур у надзвичайних ситуаціях. Методика

оцінки стійкості об'єктів економіки передбачає системний підхід до аналізу вразливості та розробки заходів з підвищення стійкості.

Першим кроком є ідентифікація критичних елементів інфраструктури, які забезпечують життєдіяльність населення та функціонування економіки. Це можуть бути енергетичні системи, транспортні мережі, об'єкти зв'язку та водопостачання. Для кожного з них визначаються потенційні загрози, пов'язані з впливом ударної хвилі, теплового випромінювання, проникаючої радіації та електромагнітного імпульсу.

Далі проводиться аналіз вразливості об'єктів до зазначених факторів. Це включає оцінку міцності конструкцій, наявності захисних систем, резервних джерел енергії та можливостей для відновлення функціонування після ураження. Особлива увага приділяється системам управління та зв'язку, оскільки їх вихід з ладу може призвести до дезорганізації управління в умовах кризи.

На основі отриманих даних розробляються заходи з підвищення стійкості об'єктів. Це можуть бути технічні рішення, такі як укріплення конструкцій, встановлення захисних екранів, впровадження резервних систем живлення та зв'язку. Також важливим є організаційне забезпечення, включаючи розробку планів реагування на надзвичайні ситуації, навчання персоналу та проведення регулярних тренувань.

Крім того, методика передбачає оцінку ефективності впроваджених заходів шляхом моделювання можливих сценаріїв ураження та аналізу їх впливу на функціонування об'єктів. Це дозволяє виявити слабкі місця та внести корективи в плани забезпечення стійкості [70].

У відкритому сучасному світі використання ядерної зброї несе загрозу, що поширюється далеко за військовий аспект, торкаючись основних соціальних та економічних аспектів. Зокрема, гуманітарні наслідки подібних випадків дуже значущі. Не лише велика кількість жертв і постраждалих внаслідок радіаційних наслідків, але і масові порушення соціальної структури та розлади в управлінні людськими ресурсами [71].

На економічному рівні використання ядерної зброї супроводжується серйозними втратами продуктивності. Зруйнування інфраструктури та велика

кількість вимушених змін у виробництві призводять до значних економічних втрат. Крім того, можливий негативний вплив на інвестиційний клімат та природну нестабільність, що може спричинити спад розвитку економіки.

Глобальні ефекти використання ядерної зброї також варто враховувати. Зокрема, створення «ядерної зими» через великі пожежі та викидання вуглекислого газу може призвести до глобального похолодання і значних змін клімату. Крім того, можливі торгові та економічні обмеження через заходи із знищення ядерної зброї та реакції на їхнє використання. Використання ядерної зброї може призвести до серйозних загроз для економічної структури, охоплюючи фізичне знищення інфраструктури, втрату критичної інформації, екологічні проблеми, руйнування фінансової стійкості, порушення ланцюга постачання, психологічний тиск. Заходи щодо безпеки стають необхідними для запобігання та пом'якшення можливих наслідків.

Використання ядерної зброї може призвести до руйнування фізичної інфраструктури, втрати критичної інформації та джерел, серйозних екологічних проблем, руйнування фінансової стійкості, порушення ланцюга постачання та негативного психологічного впливу. Застосування в ядерній сфері має потенційно руйнівні наслідки для суспільства та економіки, і тому необхідно вживати ефективні заходи безпеки для запобігання та пом'якшення цих наслідків. Використання ядерної зброї породжує низку серйозних наслідків, і фізичне руйнування є однією з ключових складових цього впливу. Оцінка ступеня фізичного зруйнування враховує кількість та потужність ядерних вибухів, а також точність їхнього місцезнаходження [72].

Спричинене вибухами руйнування включає у себе не лише будівлі та інфраструктуру, але і природні ресурси. Це може вести до масових людських втрат, серйозних екологічних катастроф, великих зрушень в екосистемах. Помітні також будуть пожежі, що виникнуть в результаті теплового випромінювання вибухів, і ризик радіоактивного забруднення, яке може поширитися на великі відстані від епіцентру. Напрямок вітру та інші атмосферні умови гратимуть важливу роль у розповсюдженні забруднюючих речовин.

Вибух може призвести до зруйнування інформаційних систем, що мають велике значення для економіки та функціонування суспільства. Втрата даних може стосуватися не лише фізичних архівів, але й електронних систем зберігання, включаючи банківські системи, державні реєстри, індустріальні бази даних [71].

Критичні ресурси, такі як енергетичні вузли, водопостачання, транспортна інфраструктура, можуть бути серйозно пошкоджені, що призведе до різкого зниження рівня життя населення та функціонування економічних систем. Внаслідок цього виникнуть проблеми з логістикою, забезпеченням продуктами харчування, ліками, а також із забезпеченням транспорту та комунікацій.

Оцінка втрат та відновлення інфраструктури та інформаційних ресурсів є складною задачею, оскільки вона взаємодіє з іншими аспектами впливу ядерної зброї.

Уражена територія може стати непридатною для життя на тривалий період через радіоактивне забруднення ґрунту, водойм, і атмосфери. Це має серйозні наслідки для біорізноманіття, здоров'я людей і тварин, а також для сільськогосподарської діяльності. Зміни в екосистемах можуть вплинути на різноманіття видів та водопостачання. Підвищення рівня радіоактивності в ґрунті може призвести до отруєння рослин, що впливає на тваринний світ і, в кінцевому рахунку, на людей через продовольчий ланцюг.

Екологічні аспекти, пов'язані з застосуванням ядерної зброї, суттєво впливають на навколишнє середовище, що створює величезні виклики для екосистем та людського здоров'я. Однією з найпоширеніших екологічних загроз є ядерне забруднення, яке виникає в результаті вибуху ядерного пристрою.

Фізичне руйнування об'єктів, що вибухають, викликає вивільнення великої кількості радіоактивних матеріалів у навколишнє середовище. Це може призвести до радіоактивного забруднення ґрунту, водойм та атмосфери. Такі зони стають небезпечними для життя і можуть залишатися такими протягом тривалого часу, ускладнюючи або навіть роблячи неможливим відновлення екосистем [73].

Втрата інформації та критичних ресурсів також становитиме суттєвий виклик. Ядерні атаки можуть призвести до знищення даних, комунікаційних мереж та цілісності інформаційних систем. Крім того, втрата критичних джерел, таких як енергія, вода та інші ресурси, обмежить здатність країни функціонувати на повний обсяг.

Екологічні проблеми також будуть вагомим аспектом. Радіоактивне забруднення внаслідок ядерних вибухів може привести до забруднення ґрунту, водних ресурсів та атмосфери. Це вплине на екосистеми, сільське господарство та загальне здоров'я населення, що потребує великих зусиль для відновлення та ліквідації наслідків.

Порушення ланцюга постачання виникне через знищення та перерви у транспортних і комунікаційних мережах, що призведе до важкостей у забезпеченні товарами та послугами. Це вплине на роботу підприємств, споживчий попит та загальну стабільність економічного середовища.

Психологічні моменти включають в себе страх, стрес та тривогу населення, що може вплинути на його здоров'я та працездатність. Прагнення влади забезпечити безпеку і підтримати психологічний стан громадян стане невід'ємною частиною ефективної стратегії відновлення [73].

Заходи щодо безпеки передбачатимуть впровадження систем протидії ядерній загрозі, розробку та вдосконалення планів дій в разі подібних ситуацій, а також сприяння міжнародному співробітництву в області ядерної безпеки.

Інфраструктурні проекти: Реконструкція та відновлення інфраструктури, такої як транспортні мережі, енергетичні системи та комунікації, є ключовим елементом економічного відновлення. Реалізація інфраструктурних проектів сприяє збільшенню виробничих можливостей та підтримує економічний зріст.

Соціально-економічні заходи: Підтримка населення через соціальні програми, медичну допомогу та психологічну підтримку є важливим аспектом відновлення громади. Заходи зі створення нових робочих місць та фінансова допомога допомагають відновити стабільність в соціальній та економічній сферах.

Науково-технічний розвиток: Інвестиції в наукові дослідження та технологічний розвиток сприяють створенню інноваційних рішень для вирішення проблем, пов'язаних з наслідками ядерної атаки. Розвиток нових технологій може сприяти відновленню та покращенню економічної продуктивності.

Міжнародне співробітництво: Спільна дія та обмін ресурсами між країнами сприяє вирішенню глобальних викликів, пов'язаних із наслідками ядерної загрози. Міжнародні партнерства сприяють обміну найкращими практиками, технологіями та ресурсами для відновлення постраждалих регіонів.

Зелена економіка: Відновлення економіки після ядерної загрози може бути використане як можливість переорієнтації на сталість та екологічно чисті технології. Використання принципів зеленої економіки сприяє стійкому розвитку та зменшенню впливу на навколишнє середовище [72].

У підсумку, оцінка стійкості об'єкту економіки до впливу ядерної зброї виявляється важливим завданням, що вимагає комплексного дослідження та застосування ефективних стратегій управління ризиками. Розглядаючи фізичне руйнування, втрату інформації, екологічні проблеми, руйнування фінансів, порушення ланцюга постачання та психологічні аспекти, можна визначити, що протидія впливу ядерної загрози передбачає не лише відновлення матеріальних ресурсів, але й здатність суспільства та економіки адаптуватися та розвиватися в умовах надзвичайних обставин. Розробка та впровадження комплексних стратегій відновлення та розвитку, спрямованих на інфраструктурні проекти, соціально-економічні заходи, науково-технічний розвиток, міжнародне співробітництво та принципи зеленої економіки, може стати основою для забезпечення стійкості та відновлення після потенційного впливу ядерної небезпеки [71].

4.3 Висновок до четвертого розділу

У четвертому розділі кваліфікаційної роботи описано вплив психоемоційного навантаження на розробників голосових асистентів та методи

його мінімізації. Наведено чинники, що спричиняють стрес у розробників, та умови його зниження. Розглянуто ергономічні, психологічні та організаційні аспекти мінімізації навантаження. Подано оцінку професійних ризиків при використанні голосових асистентів для смарт систем. Оцінено вплив мовного, когнітивного та акустичного навантаження на працівників. Визначено типи ризиків і рекомендовані заходи щодо їх усунення. Досліджено оцінку стійкості роботи проєкту економіки до впливу вражаючих факторів ядерної зброї. Проаналізовано критичні об'єкти інфраструктури та їхню вразливість до зовнішніх загроз. Подано приклади технічних рішень для підвищення безперервності роботи систем.

ВИСНОВКИ

В результаті виконання кваліфікаційної роботи було проведено комплексне дослідження процесів створення голосових асистентів смарт систем із можливістю розпізнавання емоцій. У роботі теоретично обґрунтовано значення емоційного аналізу для підвищення якості взаємодії людини з технологіями. Розглянуто ключові методи та моделі розпізнавання емоцій, зокрема на основі аудіо-, візуальних, текстових і фізіологічних сигналів, також виділено їхні сильні сторони та обмеження.

У першому розділі кваліфікаційної роботи освітнього рівня «Магістр»:

- подано основні поняття емоційного аналізу в контексті взаємодії людини із технологією;
- розглянуто техніки та системи розпізнавання емоцій за типами вхідних даних;
- висвітлено методи емоційного аналізу, класифікації та виявлення афективних станів;
- проаналізовано підходи до побудови фреймворків для роботи з емоційними даними;
- досліджено машинне й глибоке навчання у контексті розпізнавання емоцій;
- сформовано порівняльний огляд методів із зазначенням їхніх переваг та обмежень.

У другому розділі кваліфікаційної роботи:

- описано сучасні програмні інструменти, SDK та API для реалізації емоційного аналізу в смарт системах;
- досліджено технології на основі штучного інтелекту, ГІС та XR, які використовуються для побудови емоційно-чутливих інтерфейсів;
- подано порівняльний опис інструментів за критерієм швидкодії розпізнавання емоцій.

У третьому розділі кваліфікаційної роботи:

- розроблено концепцію тришарової структури інтеграції емоційного інтелекту у голосові асистенти;
- запропоновано напрями вдосконалення точності емоційного розпізнавання та врахування індивідуальних особливостей користувачів;
- спроєктовано шляхи застосування емоційно-чутливих систем у міських, соціальних та побутових умовах;
- протестовано типові сценарії впровадження із врахуванням вимог конфіденційності, безпеки та етики.

У розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» проаналізовано вплив психоемоційного навантаження на розробників голосових асистентів та методи його мінімізації. Подано оцінку професійних ризиків при використанні голосових асистентів. Оцінено стійкість роботи проєкту економіки до впливу вражаючих факторів ядерної зброї.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ

1. Moin, F. Aadil, Z. Ali, and D. Kang, “Emotion recognition framework using multiple modalities for an effective human–computer interaction,” *J. Supercomput.*, vol. 79, no. 8, pp. 1-30, 2023.
2. S. Alsubai, “Emotion detection using deep normalized attention-based neural network and modified-random forest,” *Sensors*, vol. 23, no. 1, p. 225, Dec. 2022.
3. M. Awais, M. Raza, N. Singh, K. Bashir, U. Manzoor, S. U. Islam, and J. J. P. C. Rodrigues, “LSTM-based emotion detection using physiological signals: IoT framework for healthcare and distance learning in COVID-19,” *IEEE Internet Things J.*, vol. 8, no. 23, pp. 16863-16871, Dec. 2021.
4. H. Hadjar, P. McKeivitt, and M. Hemmje, “Home-based immersive web rehabilitation gaming with audiovisual sensors,” in *Proc. 33rd Eur. Conf. Cognit. Ergonom.*, Oct. 2022, pp. 1-7.
5. K. S. Willis and C. Nold, "Sense and the city: An Emotion Data Framework for smart city governance," *Journal of Urban Management*, vol. 11, no. 2, pp. 1-10, 2022.
6. J. Deng and F. Ren, “A survey of textual emotion recognition and its challenges,” *IEEE Trans. Affect. Comput.*, vol. 14, no. 1, pp. 49–67, Jan. 2023.
7. Petrova, D. Vaufreydaz, and P. Dessus, “Group-level emotion recognition using a unimodal privacy-safe non-individual approach,” in *Proc. Int. Conf. Multimodal Interact.*, Oct. 2020, pp. 813–820.
8. M. R. Islam, M. A. Moni, M. M. Islam, D. Rashed-Al-Mahfuz, M. S. Islam, M. K. Hasan, M. S. Hossain, M. Ahmad, S. Uddin, A. Azad, S. A. Alyami, M. A. R. Ahad, and P. Lió, “Emotion recognition from EEG signal focusing on deep learning and shallow learning techniques,” *IEEE Access*, vol. 9, pp. 94601–94624, 2021.
9. J. Heredia, Y. Cardinale, I. Dongo, and J. Díaz-Amado, “A multi-modal visual emotion recognition method to instantiate an ontology,” in *Proc. 16th Int. Conf. Softw. Technol.*, 2021, pp. 453-464.

10. M. B. Akçay and K. Oğuz, “Speech emotion recognition: Emotional models, databases, features, preprocessing methods, supporting modalities, and classifiers,” *Speech Commun.*, vol. 116, pp. 56-76, Jan. 2020.
11. Y. Ghafoor, S. Jinping, F. H. Calderon, Y.-H. Huang, K.-T. Chen, and Y.-S. Chen, “TERMS: Textual emotion recognition in multidimensional space,” *Int. J. Speech Technol.*, vol. 53, no. 3, pp. 2673-2693, Feb. 2023.
12. H. Z. Wijasena, R. Ferdiana, and S. Wibirama, “A survey of emotion recognition using physiological signal in wearable devices,” in *Proc. Int. Conf. Artif. Intell. Mechatronics Syst. (AIMS)*, Apr. 2021, pp. 1-6.
13. M. Li, X. Qiu, S. Peng, L. Tang, Q. Li, W. Yang, and Y. Ma, “Multimodal emotion recognition model based on a deep neural network with multiobjective optimization,” *Wireless Commun. Mobile Comput.*, vol. 2021, pp. 1-10, Aug. 2021.
14. M. Sharafi, M. Yazdchi, R. Rasti, and F. Nasimi, “A novel spatio-temporal convolutional neural framework for multimodal emotion recognition,” *Biomed. Signal Process. Control*, vol. 78, Sep. 2022, Art. no. 103970.
15. T. Sun, S. Wang, and S. Zhong, “Multi-granularity feature attention fusion network for image-text sentiment analysis,” in *Proc. 39th Comput. Graph. Int. Conf. (CGI)*, 2023, pp. 3-14.
16. О. Гудь, Н. Кунанець, “Застосування рекурентних нейронних мереж для покращення процесу планування SCRUM-спринтів,” *Information Systems and Networks*, № 16, с. 203–211, 2024.
17. N. Khan, A. A. Ihalage, Y. Ma, B. Liu, Y. Liu, and Y. Hao, “Deep learning framework for subject-independent emotion detection using wireless signals,” *PLoS ONE*, vol. 16, no. 2, Feb. 2021, Art. no. e0242946.
18. P. Theerthagiri, “Stress emotion recognition with discrepancy reduction using transfer learning,” *Multimedia Tools Appl.*, vol. 82, no. 4, pp. 5949-5963, Feb. 2023.
19. S. Vashishtha and S. Susan, “Unsupervised fuzzy inference system for speech emotion recognition using audio and text cues (workshop paper),” in *Proc. IEEE 6th Int. Conf. Multimedia Big Data (BigMM)*, Sep. 2020, pp. 394-403.

20. I. Siam, N. F. Soliman, A. D. Algarni, F. E. A. El-Samie, and A. Sedik, "Deploying machine learning techniques for human emotion detection," *Comput. Intell. Neurosci.*, vol. 2022, pp. 1-16, Feb. 2022.
21. H. S. H. Kumar, Y. P. Gowramma, S. H. Manjula, D. Anil, and N. Smitha, "Comparison of various ML and DL models for emotion recognition using Twitter," in *Proc. 3rd Int. Conf. Intell. Commun. Technol. Virtual Mobile Netw. (ICICV)*, Feb. 2021, pp. 1332-1337.
22. M. Maithri, U. Raghavendra, A. Gudigar, J. Samanth, P. D. Barua, M. Murugappan, Y. Chakole, and U. R. Acharya, "Automated emotion recognition: Current trends and future perspectives," *Comput. Methods Programs Biomed.*, vol. 215, Mar. 2022, Art. no. 106646.
23. M. Singh, A. K. Jakhar, and S. Pandey, "Sentiment analysis on the impact of coronavirus in social life using the BERT model," *Social Netw. Anal. Mining*, vol. 11, no. 1, p. 33, Dec. 2021.
24. M. Misuraca, A. Forciniti, G. Scepi, and M. Spano, "Sentiment analysis for education with R: Packages, methods and practical applications," 2020, *arXiv:2005.12840*.
25. W. E. Villegas-Ch, J. García-Ortiz, and S. Sánchez-Viteri, "Identification of emotions from facial gestures in a teaching environment with the use of machine learning techniques," *IEEE Access*, vol. 11, pp. 38010-38022, 2023.
26. S. K. Singh, A. K. Singh, and R. K. Tripathi, "Emotion recognition from unimodal to multimodal analysis: A review," *Information Fusion*, vol. 89, pp. 1-20, 2023.
27. R. Pereira, C. Mendes, J. Ribeiro, and R. Ribeiro, "Systematic review of emotion detection with computer vision and deep learning," *Sensors*, vol. 24, no. 11, p. 3484, May 2024.
28. G. Oh, J. Ryu, E. Jeong, J. H. Yang, S. Hwang, S. Lee, and S. Lim, "DRER: Deep learning-based driver's real emotion recognizer," *Sensors*, vol. 21, no. 6, p. 2166, Mar. 2021.

29. S. K. Kanaparthi, S. P. L. P. Bellamkonda, B. Kadiam, and B. Mungara, "Detection of stress in IT employees using machine learning technique," in *Proc. Int. Conf. Appl. Artif. Intell. Comput. (ICAAIC)*, May 2022, pp. 486-493.
30. S. Bandyopadhyay, S. Thakur, and J. Mandal, "Emotion detection for online recommender system using deep learning: A proposed method," *Innov. Syst. Softw. Eng.*, vol. 18, pp. 1-8, 2022.
31. A. Stanko, O. Duda, A. Mykytyshyn, O. Totosko, and R. Koroliuk, "Artificial Intelligence of Things (AIoT): Integration challenges, and security issues," in *Proc. 1st Int. Workshop on Bioinformatics and Applied Information Technologies (BAIT'2024)*, Zboriv, Ukraine, Oct. 2024.
32. S. Torcate, F. S. Fonseca, M. A. de Santana, J. C. Gomes, and W. P. dos Santos, "Deep architectures based on convolutional neural networks and random forests for detection and recognition of emotions in facial expressions in the elderly," *Appl. Soft Comput.*, pp. 1-56, 2022.
33. Dozorskyi V., Dediv I., Sverstiuk S., Nykytyuk V., Karnaukhov A., "The Method of Commands Identification to Voice Control of the Electric Wheelchair," in *Proc. 1st Int. Workshop on Computer Information Technologies in Industry 4.0 (CITI 2023)*, pp. 233-240, 2023.
34. Malik, S. Latif, S. Manzoor, M. Usama, J. Qadir, and R. Jurdak, "Emotions beyond words: Non-speech audio emotion recognition with edge computing," 2023, *arXiv:2305.00725*.
35. G. Rathee, S. Garg, G. Kaddoum, and M. M. Hassan, "A secure emotion aware intelligent system for Internet of healthcare," *Alexandria Eng. J.*, vol. 75, pp. 605-614, Jul. 2023.
36. Cardone, F. Di Martino, and S. Sessa, "GIS-based fuzzy sentiment analysis framework to classify urban elements according to the orientations of citizens and tourists expressed in social networks," *Evol. Intell.*, vol. 15, pp. 1-10, Apr. 2021.
37. Cardone, B., Di Martino, F., Mauriello, C., & Miraglia, V., "An Emotion Detection GIS-Based Framework for Evaluating Exposure to Heatwave Scenarios in Urban Settlements During a Pandemic." *Applied Sciences*, 15(2), pp. 702. 2025.

38. X. Xiao, C. Fang, H. Lin, L. Liu, Y. Tian, and Q. He, “Exploring spatiotemporal changes in the multi-granularity emotions of people in the city: A case study of Nanchang, China,” *Comput. Urban Sci.*, vol. 2, no. 1, p. 1, Dec. 2022.
39. Zhang and Y. Li, “The impact of campus outdoor space features on students’ emotions based on the emotion map,” *Int. J. Environ. Res. Public Health*, vol. 20, no. 5, p. 4277, Feb. 2023.
40. H. Wang, Z. Wang, D. Chen, Q. Liu, H. Ke, and K. Han, “Metamobility: Connecting future mobility with metaverse,” 2023, *arXiv:2301.06991*.
41. N. Zagorodna, Y. Skorenkyy, N. Kunanets, I. Baran, and M. Stadnyk, “Augmented reality enhanced learning tools development for cybersecurity major,” in *Proc. ITTAP’2022: Int. Workshop on Information Technologies: Theoretical and Applied Problems*, Ternopil, Ukraine, Nov. 2022, pp. 1–8.
42. N. Joshi, N. Beecken, H. Bah, F. Steinicke, and J. Degner, “Advanced emotion analytics of virtual group meetings involving intelligent virtual agents,” in *Proc. IEEE Conf. Virtual Reality 3D User Interfaces Abstr. Workshops (VRW)*, Mar. 2022, pp. 344-350.
43. S. Reig, E. P. Cruz, M. M. Powers, J. He, T. Chong, Y. J. Tham, S. Kratz, A. Robinson, B. A. Smith, R. Vaish, and A. Monroy-Hernández, “Supporting piggybacked co-located leisure activities via augmented reality,” in *Proc. CHI Conf. Hum. Factors Comput. Syst.*, Apr. 2023, pp. 1-15.
44. Testa, B., Xiao, Y., Sharma, H., Gump, A., & Salekin, A. (2022). Privacy against Real-Time Speech Emotion Detection via Acoustic Adversarial Evasion of Machine Learning. *arXiv preprint arXiv:2211.09273*.
45. R. Ramesh, “Emotion detection with privacy preservation using adversarial learning,” M.S. thesis, Texas A&M Univ., College Station, TX, USA, 2021, pp. 1-48.
46. M. A. Anwar, M. Agrawal, N. Gahlan, D. Sethia, G. K. Singh, and R. Chaurasia, “FedEmo: A privacy-preserving framework for emotion recognition using EEG physiological data,” in *Proc. 15th Int. Conf. Commun. Syst. Netw. (COMSNETS)*, Jan. 2023, pp. 119-124.

47. O. Didukh, M. Kreminskyi, R. Bakhmut, and N. Kunanets, “Doctor’s voice assistant application prototype,” *Scientific Journal of the Lviv Polytechnic National University. Series: Information Systems and Networks*, vol. 13, pp. 137–145, 2023.

48. Ma, Y., Zhang, Y., Bachinski, M., & Fjeld, M. (2023). “Emotion-aware voice assistants: Design, implementation, and preliminary insights.” *Proceedings of the 2023 International Conference on Artificial Intelligence and Computer Engineering*, pp 527-532.

49. Міжнародні наукові дослідження: інтеграція науки та практики як механізм ефективного розвитку : Матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції (м. Київ, 29-30 квітня 2025 р.) / ГО «Інститут інноваційної освіти»; Науково-навчальний центр прикладної інформатики НАН України. – Київ – Запоріжжя : АА Тандем, 2025. 104 с.

50. Kumar, S., Haq, M., Jain, A., Jason, C. A., Moparathi, N. R., Mittal, N., & Alzamil, Z. S. (2023). “Multilayer neural network based speech emotion recognition for smart assistance.” *Computers, Materials & Continua*, pp 1523-1540.

51. Gupta, Y. Zhang, Y. S. Pai, and M. Billingham, “WizardOfVR: An emotion-adaptive virtual wizard experience,” in *Proc. SIGGRAPH Asia XR*, Dec. 2021, pp. 1-2.

52. R. Zheng, T. Wang, J. Cao, P.-P. Vidal, and D. Wang, “Multi-modal physiological signals based fear of heights analysis in virtual reality scenes,” *Biomed. Signal Process. Control*, vol. 70, Sep. 2021, Art. no. 102988.

53. H. Alam, M. Burhan, A. Gillani, I. U. Haq, M. A. Arshed, M. Shafi, and S. Ahmad, “IoT based smart baby monitoring system with emotion recognition using machine learning,” *Wireless Commun. Mobile Comput.*, vol. 2023, pp. 1-11, Apr. 2023.

54. E. H. Jang, K. W. Choi, A. Y. Kim, H. Y. Yu, H. J. Jeon, and S. Byun, “Automated detection of panic disorder based on multimodal physiological signals using machine learning,” *ETRI J.*, vol. 45, no. 1, pp. 105-118, Feb. 2023.

55. Li, S. Ishitsubo, K. Yamauchi, P. Siriaraya, S. Nakajima, and Y. Kawai, “A sentiment-aware delightful walking route recommendation system considering the

scenery and season,” in *Proc. Int. Conf. Data Mining Workshops (ICDMW)*, Dec. 2021, pp. 867-872.

56. T. Edry, N. Maani, M. Sykora, S. Elayan, Y. Hswen, M. Wolf, F. Rinaldi, S. Galea, and O. Gruebner, “Real-time geospatial surveillance of localized emotional stress responses to COVID-19: A proof of concept analysis,” *Health Place*, vol. 70, Jul. 2021, Art. no. 102598.

57. Y. Huang, T. Fei, M.-P. Kwan, Y. Kang, J. Li, Y. Li, X. Li, and M. Bian, “GIS-based emotional computing: A review of quantitative approaches to measure the emotion layer of human-environment relationships,” *ISPRS Int. J. Geo-Inf.*, vol. 9, no. 9, p. 551, Sep. 2020.

58. P. Guo, Z. Chen, Y. Li, and H. Liu, “Audio-visual fusion network based on conformer for multimodal emotion recognition,” in *Proc. 2nd CAAI Int. Conf. Artif. Intell. (CICAI)*, Beijing, China, 2023, pp. 315-326.

59. F. M. Talaat, Z. H. Ali, R. R. Mostafa, and N. El-Rashidy, “Real time facial emotion recognition model based on kernel autoencoder and convolutional neural network for autism childrens,” *Kafrelsheikh Univ.*, Egypt, 2023, pp. 1-17.

60. S. D. Gogula, M. Rahouti, S. K. Gogula, A. Jalamuri, and S. K. Jagatheesaperumal, “An emotion-based rating system for books using sentiment analysis and machine learning in the cloud,” *Appl. Sci.*, vol. 13, no. 2, p. 773, Jan. 2023.

61. Peter and M.-T. Ho, “Why we need to be weary of emotional AI,” *AI Soc.*, vol. 37, pp. 1-3, 2022.

62. ДСТУ ISO 10075-1:2005. Ергономіка. Психічне навантаження в роботі. Частина 1. Загальні поняття, терміни та визначення (ISO 10075-1:2000, IDT). Чинний від 2006-01-01. Вид. офіц. Держспоживстандарт України.

63. НПАОП 0.00-1.28-10. Правила охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин. Чинний від 2010-01-01. Вид. офіц. Мінсоцполітики України.

64. ДСТУ ISO 9241-5:2004. Ергономічні вимоги до роботи з відеотерміналами в офісі. Частина 5. Вимоги до компонування робочого місця та

до робочої пози (ISO 9241-5:1998, IDT). Чинний від 2005-01-01. Вид. офіц. Держспоживстандарт України.

65. Маслова О.В., Гончарова І.П. Ризикоорієнтовні підходи в охороні праці: електронний навчальний курс / О.В. Маслова, І.П. Гончарова, Біла Церква, БІНПО ДЗВО «УМО» НАПН УКРАЇНИ, 2023. 76 с.

66. ДСТУ ISO 31000:2018. Менеджмент ризиків. Принципи та настанови (ISO 31000:2018, IDT). Чинний від 2019-01-01. Вид. офіц. ДП «УкрНДНЦ».

67. ДСТУ ІЕС/ISO 31010:2013. Керування ризиком. Методи загального оцінювання ризику (ІЕС/ISO 31010:2009, IDT). Чинний від 2014-07-01. Вид. офіц. ДП «УкрНДНЦ».

68. Гандзюк М.П. Основи охорони праці: Підручник. 4-е вид./Гандзюк М.П., Желібо Є.П., Халімовський М.О. - Київ: Каревела, 2008. – 384с.

69. ДСТУ ISO 45001:2019. Системи управління охороною здоров'я та безпекою праці. Вимоги та настанови щодо застосування (ISO 45001:2018, IDT). Чинний від 2021-01-01. Вид. офіц. ДП «УкрНДНЦ».

70. 9 Практичне заняття. Оцінка стійкості роботи промислового підприємства за надзвичайних ситуацій. StudFiles. URL: <https://studfile.net/preview/9726254/page:50> (дата звернення: 28.04.2025).

71. Das A., Nandi N., Ray S. Alpha and SSVEP power outperform gamma power in capturing attentional modulation in human EEG. Cerebral Cortex. 2023. URL: <https://doi.org/10.1093/cercor/bhad412> (дата звернення: 29.04.2025).

72. Redondo, P. V., Huser, R., & Ombao, H. (2022). Functional-Coefficient Models for Multivariate Time Series in Designed Experiments: with Applications to Brain Signals. URL: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2208.00292> (дата звернення: 01.05.2025).

73. Fryz, L. Scherbak, B. Mlynko, and T. Mykhailovych, “Linear Random Process Model-Based EEG Classification Using Machine Learning Techniques,” in Proceedings of the 1st International Workshop on Computer Information Technologies in Industry 4.0 (CITI 2023), 2023, vol. 3468, pp. 126-132. URL: <https://ceur-ws.org/Vol-3468/short5.pdf> (дата звернення: 01.05.2025).

ДОДАТКИ

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені ІВАНА ПУЛЮЯ
НАУКОВЕ ТОВАРИСТВО ім. ШЕВЧЕНКА**

МАТЕРІАЛИ

ХІІ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

«ІНФОРМАЦІЙНІ МОДЕЛІ, СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ»



18–19 грудня 2024 року

**ТЕРНОПІЛЬ
2024**

УДК 001
М34

ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ

Голова: Приймак Микола – професор кафедри комп'ютерних систем та мереж, д.т.н., професор.

Співголови: Марущак Павло – проректор з наукової роботи, докт. техн. наук, професор.

Баран Ігор – канд. техн. наук, доцент, декан факультету ФІС.

Науковий секретар: Надія Крива – старший викладач.

Члени: Василь Кривень – завідувач кафедри математичних методів в інженерії д.ф.-м.н., професор; Галина Осухівська – завідувач кафедри комп'ютерних систем та мереж, к.т.н., доцент; Микола Карпінський – професор кафедри кібербезпеки, д.т.н., професор; Жанна Баб'як – завідувач кафедри української та іноземних мов, к.пед. н., доцент; Ярослав Литвиненко – професор кафедри комп'ютерних наук, д.т.н., професор; Михайло Петрик – завідувач кафедри програмної інженерії, д.ф.-м.н., професор; Наталія Загородна – завідувач кафедри кібербезпеки, к.т.н., доцент.

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ

Голова: Скоренький Юрій Любомирович – канд. техн. наук, доцент кафедри фізики.

Члени: доцент кафедри комп'ютерних наук, к.т.н. В. Никитюк; доцент кафедри програмної інженерії, к.т.н. Д. Михалик; доцент кафедри кібербезпеки, к.т.н. М. Стадник; доцент кафедри комп'ютерних систем та мереж, к.т.н. Є. Тиш; ст. викладач Л. Джиджора.

Матеріали XII науково-технічної конфіції «Інформаційні моделі, системи та технології»
М34 Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя,
(Тернопіль, 18–19 грудня 2024 р.). – Тернопіль : Тернопільський національний
технічний університет імені Івана Пулюя, 2024. – 238 с.

Адреса оргкомітету: ТНТУ ім. І. Пулюя, м. Тернопіль, вул. Руська, 56, 46001,
тел. (0352) 52-41-33, факс (0352) 25-49-83.

E-mail: confis2024@gmail.com

Редагування, оформлення та верстка: Надія Крива

СЕКЦІЇ КОНФЕРЕНЦІЇ, ЯКІ ПРЕДСТВЛЕНІ В ЗБІРНИКУ

- Математичне моделювання
- Інформаційні системи та технології, кібербезпека
- Комп'ютерні системи та мережі
- Програмна інженерія та моделювання складних розподілених систем
- Новітні фізико-технічні та освітні технології

В збірнику надруковано тези доповідей XII науково-технічної конференції «Інформаційні моделі, системи та технології» (Тернопіль, 18–19 грудня 2024 р.) за такими науковими напрямками: математичне моделювання; інформаційні системи та технології, кібербезпека; комп'ютерні системи та мережі; програмна інженерія та моделювання складних розподілених систем; новітні фізико-технічні та освітні технології.

Розрахований на науковців, викладачів та студентів вузів.

За зміст тез та дотримання норм академічної доброчесності відповідальність несе автор.

Р. Калущка, М. Карпінський ЗАХИЩЕНА КОРПОРАТИВНА КОМПЮТЕРНА МЕРЕЖА R. Kalushka, M. Karpinskyi A SECURE CORPORATE COMPUTER NETWORK	35
I. M. Kit РОЗРОБКА АЛГОРИТМІВ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ІНДИВІДУАЛЬНИХ ТЕРАПЕВТИЧНИХ СТРАТЕГІЙ I. M. Kit DEVELOPMENT OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE ALGORITHMS FOR INDIVIDUALIZED THERAPEUTIC STRATEGIES	36
О. А. Ковальчук ТИПИ ШКІДЛИВИХ ПРОГРАМ ДЛЯ ANDROID O. A. Kovalchuk TYPES OF ANDROID MALWARE	38
Н. М. Колачик ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ РОЗРОБКИ ГОЛОСОВИХ АСИСТЕНТІВ ДЛЯ СМАРТ-СИСТЕМ ІЗ МОЖЛИВІСТЮ СПРИЙНЯТТЯ ЕМОЦІЙ КОРИСТУВАЧА N. M. Kolachyk RESEARCH ON THE DEVELOPMENT OF VOICE ASSISTANTS FOR SMART SYSTEMS WITH EMOTION RECOGNITION CAPABILITIES	39
В. Колижнюк ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНОГО ЦИФРОВОГО ІНСТРУМЕНТАРІЮ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ V. Kolyzhniuk USING MODERN DIGITAL TOOLS FOR FORECASTING	40
М. Кончак АНАЛІЗ МЕТОДІВ ЗАХИСТУ ВЕБ ДОДАТКІВ ВІД КІБЕРАТАК M. Konchak ANALYSIS OF METHODS FOR PROTECTING WEB APPLICATIONS FROM CYBER ATTACKS	41
М. Копач; Ю. Скоренький, к.ф.-м.н., доц. ДОСЛІДЖЕННЯ ВРАЗЛИВОСТЕЙ ЦИФРОВИХ ДВІЙНИКІВ ВИРОБНИЧИХ ЛІНІЙ МЕТАЛООБРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ M. Kopach, Yu. Skorenkyu STUDY OF VULNERABILITIES OF DIGITAL TWINS OF THE METAL PROCESSING ENTERPRIZES	42
А. В. Кондратюк, Я. В. Литвиненко ПРОГРАМНІ ІНСТРУМЕНТИ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ЦИКЛІЧНИХ СИГНАЛІВ A. V. Kondratiuk, Ia. V. Lytvynenko PROGRAMMING TOOLS FOR CYCLIC SIGNALS SIMULATION	43
В. І. Корнелів АВТОМАТИЗАЦІЯ ФОТОГРАММЕТРІЇ З AGISOFT METASHAPE V. I. Kornyliv AUTOMATION OF PHOTOGRAMMETRY USE AGISOFT METASHAPE	44
А. Р. Комендат, Т. А. Лечаченко АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ЗАХИСТУ ВЕБ САЙТІВ A. R. Komendat, T.A. Lechachenko ANALYSIS OF WEB SITE PROTECTION TECHNOLOGIES	45

УДК 004.93

Н. М. Колячик

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ РОЗРОБКИ ГОЛОСОВИХ АСИСТЕНТІВ ДЛЯ SMART-СИСТЕМ ІЗ МОЖЛИВІСТЮ СПРИЙНЯТТЯ ЕМОЦІЙ КОРИСТУВАЧА

UDC 004.93

N. M. Kolachyk

RESEARCH ON THE DEVELOPMENT OF VOICE ASSISTANTS FOR SMART SYSTEMS WITH EMOTION RECOGNITION CAPABILITIES

У сучасному світі голосові асистенти стали невід'ємною частиною smart-систем, забезпечуючи зручну взаємодію між користувачами і пристроями. Однак для підвищення ефективності та природності такої взаємодії важливо, щоб асистенти могли розпізнавати та реагувати на емоційний стан користувача. Це вимагає інтеграції методів обробки природної мови, машинного навчання та афективних обчислень.

Методи розробки голосових асистентів зі сприйняттям емоцій:

1) Обробка природної мови – дозволяє системам розуміти та генерувати людську мову. Для розпізнавання емоцій використовуються алгоритми, які аналізують тон, контекст та семантику висловлювань, визначаючи емоційне забарвлення повідомлень.

2) Машинне навчання та глибокі нейронні мережі – застосування моделей глибокого навчання, таких як рекурентні нейронні мережі та довготривала короткочасна пам'ять, дозволяє ефективно обробляти послідовності даних. Використання моделей машинного навчання на великих наборах даних покращує розуміння голосових команд та дозволяє точно виявляти емоційні патерни у мовленні.

3) Афективні обчислення – ця галузь спрямована на розробку систем, здатних розпізнавати, інтерпретувати та реагувати на людські емоції. Використання методів афективного аналізу для обробки акустичних характеристик мовлення (гучність, тональність, паузи) дозволяє підвищити ефективність голосових асистентів [1].

Для ефективного розпізнавання емоцій необхідне поєднання кількох методів збору даних. Голосові асистенти можуть аналізувати акустичні дані мовлення, але також можуть використовувати додаткові сенсори для збору інформації про мікровирази обличчя, біометричні показники (температура тіла, частота серцебиття) та невербальні сигнали. Такий мультиканальний підхід дозволяє досягти високої точності у визначенні емоцій користувача.

Застосування емоційного інтелекту дозволяє голосовим асистентам не лише ідентифікувати емоційний стан, а й адаптувати свою поведінку відповідно до ситуації. Наприклад, при виявленні стресу або незадоволеності у голосі користувача, система може запропонувати заспокійливу реакцію або допомогу. Важливим є також використання синтезованої мови, яка здатна передавати певний емоційний тон, щоб підтримати більш природний діалог.

Розробка голосових асистентів зі сприйняттям емоцій стикається з низкою викликів, включаючи: точність розпізнавання емоцій (індивідуальні особливості мовлення, діалектів та культурних відмінностей ускладнюють створення універсальних моделей), обчислювальні ресурси (емоційно чутливі системи вимагають великих обсягів даних та потужних обчислювальних ресурсів, що потребує оптимізації алгоритмів для роботи у реальному часі), етичні аспекти (збір та обробка емоційних даних піднімає питання конфіденційності та етики використання персональної інформації).

Незважаючи на ці виклики, впровадження емоційного інтелекту у голосові асистенти створює нові можливості для глибшого розуміння користувачів та побудови більш інтуїтивних систем. Такі асистенти мають потенціал для широкого застосування у медичній сфері, освіті, розважальних системах та в бізнес-середовищі [2].

Література

1. E-chat: Emotion-sensitive Spoken Dialogue System with Large Language Models. arXiv. URL: <https://arxiv.org/abs/2401.00475>.
2. Emotion Recognition in Voice Assistants Using Deep Learning and Affective Computing. IEEE Xplore. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/10226198>.

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
Науково-навчальний центр прикладної інформатики

ІНСТИТУТ ІННОВАЦІЙНОЇ ОСВІТИ

**МІЖНАРОДНІ НАУКОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ:
ІНТЕГРАЦІЯ НАУКИ ТА ПРАКТИКИ ЯК
МЕХАНІЗМ ЕФЕКТИВНОГО РОЗВИТКУ**

МАТЕРІАЛИ
VI Міжнародної науково-практичної конференції

29–30 квітня 2025 р.
м. Київ



Київ – Запоріжжя
Інститут інноваційної освіти
2025

УДК 001(063):378.4 (Укр)
М43

**Підготовку до видання спільно здійснюють ГО «Інститут інноваційної освіти»
і Науково-навчальний центр прикладної інформатики НАН України**

*До збірника увійшли матеріали наукових робіт (тези доповідей, статті),
надані згідно з вимогами, що були заявлені на конференції.*

Роботи друкуються в авторській редакції, мовою оригіналу.

*Автори несуть всю повноту відповідальності за зміст поданих матеріалів,
достовірність та оригінальність інформації, коректність цитування наукових джерел і
посилання на них, згідно із Законом України від 01.12.2022 р. № 2811-IX.*

*Редакція не завжди поділяє думки авторів і не несе відповідальності за
недостовірність публікованих даних. Претензії до організаторів не приймаються.*

При передруку матеріалів посилання на авторів і видання є обов'язковим.

ISBN 978-966-488-320-4

**М43 Міжнародні наукові дослідження: інтеграція науки та практики як
механізм ефективного розвитку :** Матеріали VI Міжнародної науково-практичної
конференції (м. Київ, 29–30 квітня 2025 р.) / ГО «Інститут інноваційної освіти»;
Науково-навчальний центр прикладної інформатики НАН України. – Київ–
Запоріжжя : АА ТанDEM, 2025. – 104 с.

Матеріали конференції рекомендуються освітянам, науковцям, викладачам, здобувачам
вищої освіти, аспірантам, докторантам, студентам вищих навчальних закладів тощо¹.

Відповідальний редактор: С.К. Бурма
Коректор: П.А. Немкова

Матеріали видано в авторській редакції.

УДК 001(063):378.4 (Укр)

ISBN 978-966-488-320-4

© Усі права авторів застережені, 2025

© Інститут інноваційної освіти, 2025

© АА ТанDEM, 2025

¹ Відповідає п. 8 Порядку присудження (позбавлення) наукових ступенів Затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 17 листопада 2021 р. № 1197; п. 28 Постанови Кабінету Міністрів України від 30 грудня 2015 р. № 1187 «Про затвердження Ліцензійних умов провадження освітньої діяльності»; п. 13 Постанови Кабінету Міністрів України від 12 липня 2004 р. № 882 «Про питання стипендіального забезпечення»

<i>Колачик Н.М.,</i> АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ РОЗПІЗНАВАННЯ ЕМОЦІЙ У ГОЛОСОВИХ АСИСТЕНТАХ SMART-СИСТЕМ.....	66
<i>Колачик Н.М.,</i> ІНТЕГРАЦІЯ ЕМОЦІЙНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ГОЛОСОВИХ АСИСТЕНТАХ ДЛЯ ПЕРСОНАЛІЗОВАНИХ SMART-СИСТЕМ.....	68
<i>Савчишин Я.С.,</i> ІНТЕГРАЦІЯ БІОМЕТРИЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ІЗ ХМАРНИМИ ПЛАТФОРМАМИ ТА ШТУЧНИМ ІНТЕЛЕКТОМ У МЕЖАХ ІОТ: МОЖЛИВОСТІ, ВИКЛИКИ ТА ПРАКТИЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ.....	72
<i>Савчишин Я.С.,</i> SMART-СИСТЕМИ БІОМЕТРИЧНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ НА БАЗІ ІОТ: ПЕРЕВАГИ, ВИКЛИКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ.....	74

Розділ 7

ІНЖЕНЕРІЯ, ВИРОБНИЦТВО ТА БУДІВНИЦТВО ENGINEERING, MANUFACTURING, AND CONSTRUCTION

<i>Кубриш Н.Р., Бабіч В.М.,</i> АРХІТЕКТУРА БУДІВЕЛЬ, ЩО ПЛАВАЮТЬ НА ВОДІ.....	76
<i>Татаренко М.В., Кубриш Н.Р.,</i> БІОМАТЕРІАЛИ В БУДІВНИЦТВІ: ВИКОРИСТАННЯ ГРИБІВ ТА БАКТЕРІЙ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ КОНСТРУКЦІЙ.....	81

Розділ 8

ОХОРОНА ЗДОРОВ'Я ТА СОЦІАЛЬНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ HEALTHCARE AND SOCIAL SECURITY

<i>Kamińska A., Karpiuk P., Iwan M.,</i> DISRUPTING BONE BALANCE: HOW BREAST CANCER CELLS AFFECT OSTEOBLAST FUNCTION.....	86
<i>Степанюк В.Б.,</i> ПЕРСПЕКТИВА ВИКОРИСТАННЯ ЛІКАРСЬКИХ РОСЛИН ФЛОРИ КАРПАТ.....	89
<i>Церковна М.С., Кравченко А.І., Артюшенко О.В.,</i> РОЛЬ ФІЗИЧНОЇ ПІДГОТОВКИ У ФОРМУВАННІ ПРОФЕСІЙНИХ КОМПЕТЕНЦІЙ ВІЙСЬКОВОСЛУЖБОВЦІВ.....	92

Список використаних джерел

1. Akhtar M., Moridpour S. A Review of Traffic Congestion Prediction Using Artificial Intelligence. *Journal of Advanced Transportation*. 2021.
2. Analysing Urban Traffic Patterns with Neural Networks and COVID-19 Response Data / L. Svabova та ін. *Applied Sciences*. 2024. Т. 14. С. 54–62.

Колачик Н.М.,

здобувач вищої освіти другого (магістерського) рівня
Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ РОЗПІЗНАВАННЯ ЕМОЦІЙ У ГОЛОСОВИХ АСИСТЕНТАХ СМАРТ-СИСТЕМ

Сучасні смарт-системи часто мають в собі голосові помічники, які допомагають людям легко спілкуватися зі своїми пристроями. Важливим елементом цього залучення є майстерність асистента у розпізнаванні емоцій користувача, що дозволяє коригувати відповіді та вдосконалювати персоналізацію. Але забезпечення високої точності розпізнавання емоцій користувача все ще є складним завданням, що вимагає ефективних методів та технологій для їх рішення.

Одним із таких підходів є впровадження нейронних мереж, таких як згорнуті сітки та нейроморфні системи. Ці моделі автоматично виявлять примітні ознаки з голосових сигналів, що сприяють майже точній оцінці емоційного стану користувача. Дослідження показують, що нейронні мережі підкріплюють аналіз голосової команди, що сприяє високій точності розпізнавання, а це в свою чергу є перспективним напрямом для інтеграції в смарт-системи [1].

Окрім того, попереднє опрацювання голосових сигналів теж є важливим. Воно включає нормалізацію, фільтрацію шумів та виділення ключових характеристик, таких як мел-частотні кепстральні коефіцієнти. Завдяки цим методам можна покращити якість вхідних даних для моделей машинного навчання, що досить позитивно впливає на точність розпізнавання емоцій. Наприклад, дослідження методів попередньої обробки голосових сигналів показують, що правильний вибір простору попередньої обробки може суттєво підвищити ефективність систем автентифікації та розпізнавання мови [2].

Розпізнані емоції можна використати як неявний зворотній зв'язок для адаптації роботи смарт-систем. До прикладу, в рекомендаційних системах інформація про емоційний стан користувача може бути використана для більш точного підбору контенту, що відповідає його поточному настрою та побажанням. Це, в свою чергу, дозволяє підвищити релевантність та

задоволеність користувача від взаємодії з такою системою. Дослідження в цій галузі демонструють, що використання розпізнаних емоцій як неявного фідбеку може значно покращити якість рекомендацій [3].

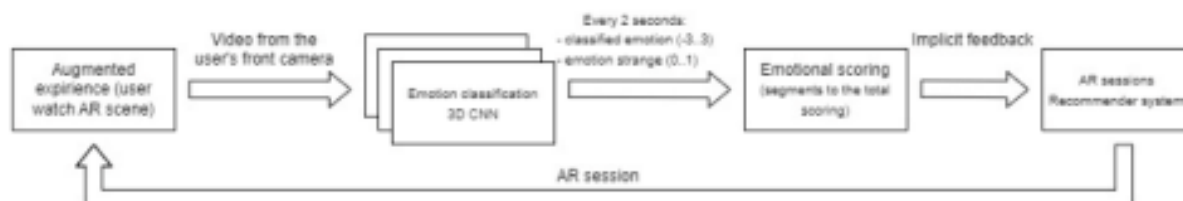


Рисунок 1 – Загальний процес інтеграції розпізнавання емоцій у рекомендаційну систему

Джерело: [3]

Підвищення точності розпізнавання емоцій в інтелектуальних системах на основі голосу включає в себе впровадження сучасних методів машинного навчання, ефективність попередньої обробки сигналу, а також адаптивність систем на основі емоційного стану користувача. Застосовуючи комплексний підхід до вирішення цих завдань, можна більш інтуїтивно та чутливо підійти до потреб користувача певних смарт-систем, що покращить користувацький досвід та взаємодію.

Висновки: в результаті були проаналізовані три методи підвищення точності розпізнавання емоцій у голосових асистентах смарт-систем, а саме застосування глибоких нейронних мереж для обробки голосових сигналів, використання методів попередньої обробки аудіоданих та інтеграція розпізнаних емоцій у систему адаптації відповідей.

Список використаних джерел

1. Ткаченко, К., & Брусенцев, В. (2022). Використання нейронних мереж під час розпізнавання голосових команд. Цифрова платформа: інформаційні технології в соціокультурній сфері, 5(1), 130–143. <https://doi.org/10.31866/2617-796X.5.1.2022.261297>.
2. Нгалані, Г. Б. К., & Пастушенко, М. С. (2022). Обґрунтування та вибір простору попередньої обробки голосового сигналу в системі автентифікації. Харківський національний університет радіоелектроніки: наукові праці, 1(30), 57–70. <https://doi.org/10.30837/pt.2022.1.04>
3. Кулягін, А. І. (2023). Використання розпізнаної емоції як неявного фідбеку для рекомендаційної системи. Національний аерокосмічний університет імені М. Є. Жуковського «ХАІ», 3(73), 115–119. <https://doi.org/10.26906/SUNZ.2023.3.115>.

<i>Колачик Н.М.,</i> АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ РОЗПІЗНАВАННЯ ЕМОЦІЙ У ГОЛОСОВИХ АСИСТЕНТАХ СМАРТ-СИСТЕМ.....	66
<i>Колачик Н.М.,</i> ІНТЕГРАЦІЯ ЕМОЦІЙНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ГОЛОСОВИХ АСИСТЕНТАХ ДЛЯ ПЕРСОНАЛІЗОВАНИХ СМАРТ-СИСТЕМ.....	68
<i>Савчишин Я.С.,</i> ІНТЕГРАЦІЯ БІОМЕТРИЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ІЗ ХМАРНИМИ ПЛАТФОРМАМИ ТА ШТУЧНИМ ІНТЕЛЕКТОМ У МЕЖАХ ІОТ: МОЖЛИВОСТІ, ВИКЛИКИ ТА ПРАКТИЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ.....	72
<i>Савчишин Я.С.,</i> СМАРТ-СИСТЕМИ БІОМЕТРИЧНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ НА БАЗІ ІОТ: ПЕРЕВАГИ, ВИКЛИКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ.....	74

Розділ 7

ІНЖЕНЕРІЯ, ВИРОБНИЦТВО ТА БУДІВНИЦТВО ENGINEERING, MANUFACTURING, AND CONSTRUCTION

<i>Кубриш Н.Р., Бабіч В.М.,</i> АРХІТЕКТУРА БУДІВЕЛЬ, ЩО ПЛАВАЮТЬ НА ВОДІ.....	76
<i>Татаренко М.В., Кубриш Н.Р.,</i> БІОМАТЕРІАЛИ В БУДІВНИЦТВІ: ВИКОРИСТАННЯ ГРИБІВ ТА БАКТЕРІЙ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ КОНСТРУКЦІЙ.....	81

Розділ 8

ОХОРОНА ЗДОРОВ'Я ТА СОЦІАЛЬНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ HEALTHCARE AND SOCIAL SECURITY

<i>Kamińska A., Karpiuk P., Iwan M.,</i> DISRUPTING BONE BALANCE: HOW BREAST CANCER CELLS AFFECT OSTEOBLAST FUNCTION.....	86
<i>Степанюк В.Б.,</i> ПЕРСПЕКТИВА ВИКОРИСТАННЯ ЛІКАРСЬКИХ РОСЛИН ФЛОРИ КАРПАТ.....	89
<i>Церковна М.С., Кравченко А.І., Артюшенко О.В.,</i> РОЛЬ ФІЗИЧНОЇ ПІДГОТОВКИ У ФОРМУВАННІ ПРОФЕСІЙНИХ КОМПЕТЕНЦІЙ ВІЙСЬКОВОСЛУЖБОВЦІВ	92

Колачик Н.М.,

здобувач вищої освіти другого (магістерського) рівня
Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя

ІНТЕГРАЦІЯ ЕМОЦІЙНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ГОЛОСОВИХ АСИСТЕНТАХ ДЛЯ ПЕРСОНАЛІЗОВАНИХ СМАРТ-СИСТЕМ

Анотація. Стаття присвячена дослідженню інтеграції емоційного інтелекту в голосових асистентах для персоналізованих смарт-систем. Проаналізовано сучасні підходи до розпізнавання емоцій у мовленні, адаптивні алгоритми навчання нейромереж та їх роль у підвищенні користувацького досвіду. Визначено основні виклики та перспективи розвитку технологій розпізнавання емоцій у голосових асистентах.

Ключові слова: голосові асистенти, емоційний інтелект, розпізнавання емоцій, персоналізація, нейромережі.

Постановка проблеми. У сучасних смарт-системах голосові асистенти виступають ключовими компонентами взаємодії людини та штучного інтелекту. Незважаючи на стрімкий розвиток алгоритмів обробки природної мови та розпізнавання мовлення, більшість комерційних рішень залишаються орієнтованими на виконання формальних команд, ігноруючи емоційний стан користувача. Відсутність інтеграції емоційного інтелекту обмежує здатність систем забезпечувати глибшу персоналізацію сервісу, адаптацію до контексту комунікації та підвищення рівня залучення користувачів.

Розпізнавання емоцій у мовленні є надзвичайно складним завданням через варіативність прояву емоцій у різних культурах, індивідуальні особливості голосу, наявність фонових шумів та спотворень сигналу. Традиційні алгоритми машинного навчання, зокрема методи підтримки векторних машин або прості нейронні мережі, виявили свою обмеженість у здатності ідентифікувати тонкі нюанси емоційного забарвлення мовлення.

Стан дослідження. Дослідження в галузі розпізнавання емоційного стану за мовленням активно розвиваються на перетині обробки природної мови, акустичного аналізу сигналів та інтелектуальних інформаційних систем. Початкові моделі, засновані на аналізі інтонації, ритму та енергії мовлення, продемонстрували обмежену ефективність при реальному використанні. Важливим етапом розвитку стало застосування багатопараметричних штучних нейронних мереж та згорткових мереж для виділення емоційно значущих ознак без необхідності ручного опрацювання параметрів сигналу. Значні результати досягнуті також завдяки поєднанню моделей обробки часових залежностей та глибокого навчання

трансформерного типу.

Однак незважаючи на підвищення точності автоматичного розпізнавання емоцій, залишаються актуальними питання адаптації систем до індивідуальних особливостей мовлення користувача, обмеженість доступних емоційних корпусів та проблема етичного використання даних. Перспективним напрямом є розвиток мультимодальних систем, що об'єднують мовні, візуальні та фізіологічні канали, а також створення моделей, здатних до навчання за обмеженою кількістю даних для підвищення універсальності та точності персоналізованих голосових асистентів.

Виклад основного матеріалу. Створення голосових асистентів із можливістю сприйняття емоцій вимагає інтеграції різнорівневих методів обробки акустичних характеристик мовлення, засобів машинного навчання та технік адаптивної персоналізації. Початкові методи аналізу тональності, висоти та швидкості мовлення стали підґрунтям для створення перших моделей розпізнавання емоцій, але вони мали обмежену точність у складних умовах.

Дослідження вказують на важливість створення моделей розпізнавання емоцій, здатних працювати у режимі реального часу без значного зниження точності. Для цього пропонуються оптимізовані архітектури глибокого навчання, що мінімізують кількість параметрів та зменшують затримку обробки даних. Зокрема, використання методів попередньої обробки мовного сигналу дозволяє істотно підвищити якість виділення емоційних ознак ще до етапу глибокого аналізу [1].

Окрему увагу приділяють дослідженню впливу навколишнього шумового середовища на точність емоційного розпізнавання. Було встановлено, що інтеграція спеціальних фільтрів очищення сигналу перед його обробкою дозволяє знизити вплив перешкод на результати визначення та класифікації емоцій [1]. Таким чином, сучасні підходи комбінують як акустичну обробку, так і стійкі до шуму нейронні моделі, що забезпечує більшу надійність голосових асистентів у різноманітних умовах експлуатації.

З розвитком технік глибокого навчання значно покращилися методи виділення інформативних ознак з акустичного сигналу. CNN (Convolutional Neural Networks) – згорткові нейронні мережі забезпечують виділення спектральних ознак, а рекурентні нейронні мережі забезпечують обробку часових залежностей у мовленні. Крім того, застосування методів нормалізації спектрограм та використання мел-частотних кепстральних коефіцієнтів сприяло підвищенню стійкості моделей до фонового шуму, що є особливо важливим у реальних умовах експлуатації [2].

Ще одним важливим аспектом розробки систем розпізнавання емоцій є необхідність побудови моделей, здатних обробляти варіативні емоційні

стани, які не завжди відповідають базовій класифікації на позитивні, негативні та нейтральні емоції. Багатошарові структури аналізу дозволяють виявляти складні поєднання емоцій, що часто трапляються у реальному мовленні, наприклад, поєднання тривоги та радості, або роздратування і здивування [2].

Крім того, сучасні дослідження акцентують увагу на необхідності навчання моделей на багатомовних корпусах, оскільки особливості емоційної експресії суттєво відрізняються у різних мовних середовищах. Підвищення мовної гнучкості голосових асистентів сприяє кращій адаптації до глобального ринку та дозволяє покращити сприйняття користувачами з різних культурних контекстів. Комбіновані архітектури, що поєднують згорткові та рекурентні мережі, забезпечують вищу точність розпізнавання емоцій ніж однокомпонентні системи. Надзвичайно перспективним є застосування моделей із самонавчанням, що дає можливість персоналізації голосових асистентів. У цьому контексті особливої уваги набули моделі із навчанням з малих вибірок, які дозволяють адаптувати асистента до нового користувача без необхідності збирання великих обсягів даних [3].

Важливою тенденцією в розвитку систем розпізнавання емоцій є впровадження навчання з частковою анотацією даних, коли моделі навчаються за допомогою неповних або частково маркованих мовних корпусів. Це дозволяє суттєво зменшити витрати на підготовку навчальних вибірок і прискорити процес адаптації голосових асистентів до нових середовищ використання [3].

Варто підкреслити перспективність використання комбінованого аналізу як акустичних, так і семантичних ознак мовлення для підвищення якості розпізнавання емоцій. Застосування таких комплексних підходів сприяє кращому розумінню контексту висловлювань користувача і дозволяє системам давати більш релевантні та емоційно відповідні відповіді.

Застосування мультимодальних систем, що комбінують аналіз мовлення з аналізом візуальних та фізіологічних параметрів також є важливим напрямом. Такі підходи значно підвищують точність визначення емоцій, особливо у ситуаціях, де мовний сигнал є невисказаним чи суперечливим. Крім того, поєднання кількох каналів інформації дозволяє компенсувати втрати даних в одному з каналів і забезпечити більш надійне розпізнавання емоційного стану користувача [2].

Інший аспект пов'язаний із побудовою персоналізованих моделей для розпізнавання емоцій. Стандартизовані емоційні корпуси, такі як RAVDESS (Ryerson Audio-Visual Database of Emotional Speech and Song) чи IEMOCAP (Interactive Emotional Dyadic Motion Capture Database), демонструють обмежену ефективність при роботі з реальними користувачами через велику варіативність індивідуальних особливостей мовлення. Тому зараз активно розробляються методи тонкої адаптації моделей, які дозволять

налаштовувати їх параметри на основі невеликих індивідуалізованих даних [3].

Не менш важливим є питання етичності застосування технологій емоційного розпізнавання. Використання персональних емоційних даних потребує дотримання принципів конфіденційності та інформованої згоди користувача. Багато дослідників наголошують на необхідності розробки нормативних актів, що регламентують зберігання, обробку та використання емоційної інформації [1].

У контексті інтеграції емоційного аналізу в смарт-системи також важливим є зниження обчислювальної складності моделей. Актуальними є розробки щодо оптимізації кількості параметрів нейронних мереж для забезпечення швидкої обробки мовних сигналів у реальному часі без втрати точності. Застосування методів компресії моделей, таких як квантування ваг, дозволяє суттєво зменшити вимоги до обчислювальних ресурсів, що є важливим для впровадження у мобільних пристроях [2].

Слід приділити увагу також вивченню культурних особливостей вираження емоцій. Оскільки одна й та сама емоція може проявлятися по-різному в різних культурах. Моделі розпізнавання мають враховувати багатомовні та мультикультурні дані для забезпечення універсальності систем. Це особливо важливо для глобальних голосових асистентів, орієнтованих на широкий ринок користувачів [3].

Висновки. У результаті проведеного дослідження було встановлено, що інтеграція емоційного інтелекту в голосові асистенти смарт-систем є складним, багаторівневим процесом, який вимагає поєднання методів обробки акустичних характеристик мовлення, глибокого навчання та адаптивного налаштування моделей. Сучасні технології, такі як згорткові та рекурентні нейронні мережі, забезпечують високу точність розпізнавання емоцій, однак для реального впровадження у смарт-системи необхідне подальше зниження обчислювальної складності моделей. Особливу увагу слід приділяти мультимодальному підходу, що поєднує мовні, візуальні та фізіологічні дані для більш надійного розпізнавання емоцій.

Важливою проблемою залишається адаптація систем до індивідуальних відмінностей користувачів та культурних особливостей прояву емоцій, що потребує створення універсальних і водночас персоналізованих моделей. Окрему увагу приділяють питанням етичності, зокрема захисту персональних емоційних даних користувачів, що є необхідною умовою для масового впровадження таких технологій. Розвиток методів навчання на основі малих вибірок та часткової анотації дозволяє оптимізувати процес адаптації голосових асистентів до нових середовищ. Таким чином, подальший прогрес у сфері емоційного аналізу мовлення для голосових асистентів напряду залежить від комплексного вирішення технічних, етичних та культурних викликів.

Список використаних джерел

1. Zhu, C. Research on emotion recognition-based smart assistant system: Emotional intelligence and personalized services. (2023) Journal of System and Management Sciences, 13(5), 227-242. <https://doi.org/10.33168/JSMS.2023.0515>
2. Ma, Y., Zhang, Y., Bachinski, M., & Fjeld, M. (2023). Emotion-aware voice assistants: Design, implementation, and preliminary insights. Proceedings of the 2023 International Conference on Artificial Intelligence and Computer Engineering, 527-532. <https://doi.org/10.1145/3629606.3629665>
3. Kumar, S., Haq, M., Jain, A., Jason, C. A., Moparthy, N. R., Mittal, N., & Alzamil, Z. S. (2023). Multilayer neural network based speech emotion recognition for smart assistance. Computers, Materials & Continua, 1523-1540. <https://doi.org/10.32604/cmc.2023.028631>

Савчишин Я.С.,

здобувач вищої освіти другого (магістерського) рівня
Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя

ІНТЕГРАЦІЯ БІОМЕТРИЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ІЗ ХМАРНИМИ ПЛАТФОРМАМИ ТА ШТУЧНИМ ІНТЕЛЕКТОМ У МЕЖАХ ІОТ: МОЖЛИВОСТІ, ВИКЛИКИ ТА ПРАКТИЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ

Біометричні системи ідентифікації швидко еволюціонують завдяки розвитку Інтернету речей (IoT), хмарних технологій та штучного інтелекту (ШІ). У 2023 році глобальний ринок біометричних систем досяг \$42,9 мільярда і, за прогнозами, зростатиме в середньому на 13,3% щорічно до 2030 року [1]. Значна частина цього зростання пов'язана саме з впровадженням IoT-рішень і хмарної обробки даних, що дають змогу забезпечувати масштабованість, доступність і високу швидкість обробки біометричних запитів.

Інтеграція біометричних систем з хмарними платформами дозволяє передавати та обробляти великі об'єми даних у режимі реального часу. Наприклад, системи розпізнавання обличчя у великих аеропортах обробляють сотні тисяч запитів на день через хмарні сервери, що забезпечує зменшення часу перевірки особи з кількох хвилин до кількох секунд. Хмарні сервіси також забезпечують автоматичне оновлення алгоритмів без необхідності заміни фізичних пристроїв, що знижує експлуатаційні витрати підприємств на 20–30% [2].

Штучний інтелект додатково підсилює можливості біометричних систем. Сучасні алгоритми глибинного навчання дозволяють досягати точності розпізнавання обличчя понад 99,5% навіть в умовах недостатнього освітлення або часткового закриття обличчя [3]. Інші методи, такі як виявлення «живості» (liveness detection), допомагають розрізняти справжні

МІЖНАРОДНІ МУЛЬТИДИСЦИПЛІНАРНІ
НАУКОВІ ІНТЕРНЕТ-КОНФЕРЕНЦІЇ

www.economy-confer.com.ua

Світ наукових досліджень

Збірник наукових
публікації міжнародної
мультимідисциплінарної наукової
інтернет-конференції

Випуск 40

24-25 квітня 2025 р.

ISSN 2786-6823 (print)



AKADEMIA NAUK STOSOWANYCH
WYŻSZA SZKOŁA ZARZĄDZANIA I ADMINISTRACJI
W OPOLE

Тернопіль, Україна – Ополе, Польща
2025

УДК 001 (063)

Світ наукових досліджень. Випуск 40: матеріали Міжнародної мультидисциплінарної наукової інтернет-конференції (м. Тернопіль, Україна, м. Ополе, Польща, 24-25 квітня 2025 р.) / за ред. : О. Патряк та ін. ГО "Наукова спільнота", WSZIA w Opolu. Тернопіль: ФО- П Шпак В.Б. 2025. 204 с.

Збірник наукових публікацій укладено за матеріалами доповідей наукової мультидисциплінарної інтернет-конференції «Світ наукових досліджень. Випуск 40», які оприлюднені на інтернет-сторінці www.economy-confer.com.ua

Оргкомітет

ГО Наукова спільнота

Патряк Олександра Тарасівна, кандидат економічних наук, ЗУНУ;

Шевченко (Огінська) Анастасія Юрійвна, кандидат економічних наук, директор ТОВ «Школа для майбутнього»;

Яремко Оксана Михайлівна, кандидат юридичних наук, доцент, ЗУНУ;

Станько Ірина Ярославівна, кандидат юридичних наук, адвокат;

Назарчук Оксана Михайлівна, доктор філософії (Ph.D.), ДВНЗ «Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана»;

Гомотюк Оксана Євгенівна, доктор історичних наук, професор, ЗУНУ;

Біловус Леся Іванівна, доктор історичних наук, кандидат філологічних наук, професор, ЗУНУ;

Ребуха Лілія Зіновіївна, доктор педагогічних наук, кандидат психологічних наук, професор, Західноукраїнський національний університет;

Недошитко Ірина Романівна, кандидат історичних наук, доцент, ЗУНУ;

Стефанишин Олена Василівна, кандидат історичних наук, доцент, ЗУНУ;

Ухач Василь Зіновійович, кандидат історичних наук, доцент, ЗУНУ;

Яблонська Наталія Мирославівна, кандидат філологічних наук, старший викладач, ЗУНУ;

Савчук Надія Антонівна, кандидат психологічних наук, доцент, ЛНТУ;

Рудакевич Оксана Мирославівна, кандидат філософських наук, ЗУНУ;

Русенко Святослав Ярославович, аспірант, ТНПУ імені Володимира Гнатюка.

Адреса оргкомітету:

46005, Україна, м. Тернопіль, а/с 797

тел. +380977547363 e-mail: economy-confer@ukr.net

Оргкомітет конференції не завжди поділяє думку учасників. В збірнику максимально точно збережена орфографія і пунктуація, які були запропоновані учасниками. Повну відповідальність за достовірність несуть учасники, їх наукові керівники та рецензенти.

Всі права захищені. При будь-якому використанні матеріалів конференції посилання на джерело є обов'язковим. Усі роботи ліцензуються відповідно до Creative Commons Attribution 4.0 International License

ISSN 2786-6823 (print)

© ГО "Наукова спільнота" 2025

© Автори статей 2025



<i>Шишлюк Вікторія Русланівна, Малевич Олег Вікентійович</i> ВПЛИВ РЕФОРМИ ДЕЦЕНТРАЛІЗАЦІЇ НА ПРОДОВОЛЬЧУ БЕЗПЕКУ УКРАЇНИ: ВИКЛИКИ ТА МОЖЛИВОСТІ.....	38
---	-----------

Інформаційні системи і технології

<i>Taras Nenchuk</i> INTEGRATING THE THREE-POINT METHOD OF ESTIMATING PROJECT TASK DURATION IN MS PROJECT USING CUSTOM FIELD SETTINGS.....	41
--	-----------

<i>Гордєєв Микита Георгійович</i> ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ ДО ЕЛЕКТРОНІКИ ТА СХЕМОТЕХНІКИ В ЕЛЕКТРОНАВІГАЦІЙНИХ ПРИЛАДАХ.....	45
--	-----------

<i>Єна Максим Вікторович</i> АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ПІДХОДІВ ДО ОРГАНІЗАЦІЇ ТА РЕГУЛЮВАННЯ ТРАФІКУ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ (БПЛА).....	47
--	-----------

<i>Заволоцько Ганна, Білецька Олена</i> МУЛЬТИМЕДІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ЦИФРОВА БЕЗПЕКА В ОСВІТІ.....	49
---	-----------

<i>Колачик Назарій Миколайович</i> ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЕМОЦІЙНОГО КОНТЕКСТУ НА ВЗАЄМОДІЮ КОРИСТУВАЧА З ГОЛОСОВИМИ АСИСТЕНТАМИ У СМАРТ-СИСТЕМАХ.....	53
--	-----------

<i>Мартинюк Сергій Васильович, Андрищуляк Тарас Любомирович</i> ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ ЕЛО ЗА ДОПОМОГОЮ МЕТОДУ ГРАДІЄНТНОГО СПУСКУ.....	55
---	-----------

<i>Панова Еліна Ігорівна</i> ТЕХНІЧНА ТА НОРМАТИВНА СУМІСНІСТЬ Е-ID-СИСТЕМ. ЕЛЕКТРОННА ІДЕНТИФІКАЦІЯ «ДІЯ.ID» І ЛОКАЛЬНІ РЕЄСТРИ.....	63
---	-----------

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЕМОЦІЙНОГО КОНТЕКСТУ НА ВЗАЄМОДІЮ КОРИСТУВАЧА З ГОЛОСОВИМИ АСИСТЕНТАМИ У СМАРТ-СИСТЕМАХ

Колачик Назарій Миколайович

*здобувач вищої освіти ступеня магістра
Тернопільського національного технічного
університету імені Івана Пулюя*

Інтернет-адреса публікації на сайті:

<https://www.economy-confer.com.ua/full-article/6222/>

У сучасному цифровому середовищі голосові асистенти стали невід'ємною частиною повсякденного життя, забезпечуючи користувачам зручний доступ до інформації та послуг. З розвитком технологій виникає потреба в удосконаленні взаємодії між користувачем і голосовим асистентом, зокрема шляхом врахування емоційного контексту спілкування. Це дослідження спрямоване на аналіз впливу емоційної складової на ефективність та якість взаємодії користувача з голосовими асистентами у смарт-системах.

Традиційні голосові асистенти переважно орієнтовані на виконання функціональних завдань, не враховуючи емоційний стан користувача. Однак дослідження показують, що емоційний контекст суттєво впливає на сприйняття та взаємодію з технологіями. Зокрема, користувачі схильні приписувати голосовим асистентам людські риси, що впливає на рівень довіри та задоволеності від взаємодії. Відсутність емоційної чутливості у голосових асистентів може призводити до зниження ефективності комунікації та навіть до формування негативного досвіду користувача.

Додатковим чинником, що визначає ефективність взаємодії користувача з голосовим асистентом у контексті емоцій, є культурна чутливість системи. Різні культури мають різні уявлення про вираження та інтерпретацію емоцій, що впливає на те, як користувачі сприймають відповідь голосових помічників. Наприклад, у західних культурах пряме емоційне вираження є соціально прийнятним, тоді як у східних – емоційна стриманість вважається нормою. Таким чином, глобальні смарт-системи мають адаптуватися до культурних особливостей для покращення сприйняття та ефективності [1].

Одним із ключових аспектів емоційно-орієнтованої взаємодії є здатність голосових асистентів розпізнавати та відповідати на емоційний стан користувача. Інтеграція емоційного інтелекту в голосові асистенти сприяє підвищенню рівня задоволеності користувачів та покращенню якості взаємодії. Зокрема, використання просодичних елементів, таких як інтонація та тембр голосу, дозволяє голосовим асистентам виражати емпатію та адаптуватися до емоційного стану користувача.

Ще одним аспектом є контекстно-залежне реагування голосових помічників. Врахування попередніх емоційних взаємодій дозволяє створити «емоційний профіль» користувача, на основі якого голосовий асистент може

адаптувати свої відповіді. Застосування машинного навчання у цій сфері дає змогу підвищити точність передбачення емоційної реакції користувача та формувати більш природну модель діалогу [2].

Крім того, врахування емоційного контексту сприяє формуванню більш тісного зв'язку між користувачем і голосовим асистентом. Деякі дослідження вказують на те, що користувачі, які відчувають емоційну підтримку від них, демонструють вищий рівень довіри та лояльності до бренду. Це відкриває нові можливості для персоналізації взаємодії та створення більш ефективних смарт-систем.

Різного роду експериментальні дослідження показують, що користувачі демонструють підвищений рівень залученості у взаємодію, коли голосовий асистент демонструє емпатійні реакції – наприклад, заспокійливий тон при виявленні ознак тривоги або відповідне гумористичне зауваження у позитивному настрої користувача. Такі дії з боку голосового асистента сприяють створенню емоційної зв'язності, що наближає взаємодію до людської комунікації [3].

Врахування емоційного контексту у взаємодії з голосовими асистентами є важливим кроком у напрямку створення більш інтуїтивних та ефективних смарт-систем. Інтеграція емоційного інтелекту дозволяє покращити якість взаємодії, підвищити рівень задоволеності користувачів та сприяє формуванню довготривалих відносин між користувачем і різними технологіями смарт-систем. Подальші дослідження у цій галузі мають на меті розробку більш чутливих, адаптивних і культурно обізнаних голосових асистентів, здатних не лише розпізнавати, а й адекватно інтерпретувати емоційні потреби користувачів у різних контекстах.

Список літератури:

1. Batliner, A., Zeiler, S., & Schuller, B. (2021). The Problem of Labels in Emotion Recognition: Do We Need a Meta-Database? arXiv preprint. URL: <https://arxiv.org/abs/2108.01923> (дата звернення: 22.04.2025).
2. Galka, M., Laskowski, M., & Grabowski, Ł. (2025). Improving Speech Emotion Recognition Using Transformer-Based Models. arXiv preprint. URL: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2502.15367> (дата звернення: 23.04.2025).
3. Kollias, D., & Zafeiriou, S. (2022). Affect Analysis in-the-Wild: Valence-Arousal, Expressions, Action Units and a Unified Framework. arXiv preprint. URL: <https://arxiv.org/abs/2204.10191> (дата звернення: 23.04.2025).