



Й. З. Піскозуб^{1,2}, Н. О. Далик¹

¹ Національний університет "Львівська політехніка", м. Львів, Україна

² Краківська політехніка ім. Тадеуша Костюшка, м. Краків, Польща

ЕМОЦІЙНО-АДАПТИВНИЙ ДИЗАЙН КОРИСТУВАЦЬКИХ ІНТЕРФЕЙСІВ НА ПІДСТАВІ АНАЛІЗУ МІМІКИ СИСТЕМОЮ FACS

Проаналізовано особливості розроблення емоційно-адаптивного дизайну користувацьких інтерфейсів на підставі системи кодування мімічних дій FACS (англ. *Facial Action Coding System*). Дослідження передбачало аналіз даних після використання вебкамери та програмного забезпечення Visage SDK для автоматичного розпізнавання мімічних дій та ідентифікації емоцій користувачів у режимі реального часу. Проведено А/Б-тестування з неадаптивним та адаптивним прототипами та опитування користувачів задля отримання результатів зі задоволеності користувачів. Додатково враховано динамічні зміни емоційного стану користувачів для забезпечення безперервної адаптації. З'ясовано, що середня точність розпізнавання основних емоцій, таких як сум, страх, гнів, радість та відраза, становить близько 80 %, що підтверджує ефективність використання системи FACS у поєднанні з розробленим алгоритмом. Виявлено, що адаптивний інтерфейс дає змогу підвищити швидкість виконання завдань на 15 % та рівень задоволеності користувачів на 9-10 % порівняно з неадаптивними інтерфейсами. З'ясовано, адаптивний інтерфейс сприяє підвищенню продуктивності користувачів під час виконання рутинних і складних завдань, що дає змогу підвищити продуктивність та знизити рівень стресу у працівників під час роботи. Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості застосування адаптивних інтерфейсів у різних сферах, таких як, охорона здоров'я, транспортування та перевезення, освіта та наука, розважальній сфері та багато інших. Удосконалено метод адаптації інтерфейсу, який враховує динамічні зміни емоційного стану користувача, забезпечуючи вищий рівень персоналізації та інтуїтивності взаємодії. Розроблена система здатна реагувати на швидкі зміни емоційного стану, що є особливо важливим у стресових і критичних ситуаціях, таких як керування транспортними засобами або медичні системи моніторингу. Запропоновано перелік подальших досліджень з акцентом на інтеграцію мультимодальних алгоритмів і оброблення додаткових біометричних даних, таких як частота серцевих скорочень. Це дасть змогу підвищити точність і надійність системи розпізнавання емоцій, а також забезпечить ефективнішу адаптацію інтерфейсів під конкретні умови використання та індивідуальні особливості користувачів цифрових інтерфейсів.

Ключові слова: емоційно-адаптивний інтерфейс; користувацький досвід; система кодування мімічних дій; розпізнавання емоцій; персоналізований користувацький досвід.

Вступ / Introduction

Емоційно-адаптивний дизайн користувацьких інтерфейсів є важливим напрямом досліджень у сфері взаємодії людини з цифровими пристроями. У світовій науковій літературі активно вивчають можливості використання адаптивних систем, здатних реагувати на емоційний стан користувачів для покращення взаємодії. Зокрема, система кодування мімічних дій FACS (англ. *Facial Action Coding System*), яку розробили Екман і Фрізен, широко використовують як стандартний інструмент для кодування мімічних рухів і розпізнавання базових емоцій, таких як радість, гнів, страх тощо [7].

Використання FACS стало основою для багатьох досліджень, спрямованих на автоматизацію процесу розпізнавання емоцій і створення більш персоналізованих користувацьких інтерфейсів. Взаємодія між людиною та комп'ютером значно покращилась останніми ро-

ками завдяки розвитку технологій природної взаємодії [13]. Попри значний прогрес у сфері розпізнавання емоцій, все ще існують обмеження, пов'язані з інтеграцією динамічних адаптивних рішень, які враховують зміни емоційного стану користувача в режимі реального часу. Більшість наявних підходів зосереджені на статичному аналізі емоцій, що не дає змоги ефективно адаптувати інтерфейси до потреб користувачів у різних контекстах. Ці прогалини вказують на актуальність дослідження, спрямованого на створення емоційно-адаптивного інтерфейсу на підставі аналізу міміки.

Важливим є розроблення підходу до адаптивного дизайну користувацьких інтерфейсів, який використовує систему FACS для точного визначення емоційного стану користувача.

Об'єкт дослідження – розроблення емоційно-адаптивного дизайну інтерфейсу користувача на підставі аналізу його міміки.

Інформація про авторів:

Піскозуб Йосиф Збігневич, д-р фіз.-мат. наук, професор, кафедра прикладної математики.

Email: yosyf.z.piskozub@lpnu.ua; <https://orcid.org/0000-0001-7978-4052>

Далик Назар Олегович, аспірант, кафедра комп'ютерних технологій у видавничо-поліграфічних процесах.

Email: nazar.o.dalyk@lpnu.ua; <https://orcid.org/0009-0008-8751-558X>

Цитування за ДСТУ: Піскозуб Й. З., Далик Н. О. Емоційно-адаптивний дизайн користувацьких інтерфейсів на підставі аналізу міміки системою FACS. Науковий вісник НЛТУ України. 2025, т. 35, № 3. С. 150–157.

Citation APA: Piskozub, Yo. Z., & Dalyk, N. O. (2025). Emotionally adaptive user interface design based on facial expression analysis using the FACS system. *Scientific Bulletin of UNFU*, 35(3), 150–157. <https://doi.org/10.36930/40350316>

Предмет дослідження – методи і засоби розроблення емоційно-адаптивного дизайну інтерфейсу користувача на підставі аналізу його міміки, що дасть змогу покращити рівень взаємодії між користувачем і програмною системою.

Мета роботи – проаналізувати ефективність застосування моделей емоційно-адаптивного користувацького інтерфейсу, здатного засобами системи FACS автоматично змінювати свій дизайн і функціональність, за якими такі інтерфейси зможуть адаптуватись до нагальних потреб користувача.

Для досягнення зазначеної мети визначено такі основні завдання дослідження:

- проаналізувати сучасні методи розпізнавання емоцій користувача на підставі його мімічних даних задля кращого розуміння, як саме застосовувати аналіз міміки для адаптації користувацьких інтерфейсів.
- провести А/Б-тестування неадаптивної та адаптивної версій користувацького інтерфейсу, а також за допомогою опитування респондентів отримати дані щодо рівня їхньої задоволеності від його використання, що дасть змогу зрозуміти вплив адаптивного дизайну на зміну емоційного стану користувача.
- проаналізувати наявні дослідження та аналітичні звіти для узагальнення отриманих результатів і їх зіставлення, що сприятиме покращенню користувацького досвіду та підвищенню ефективності взаємодії користувача з цифровими пристроями.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Наразі проблема створення емоційно-адаптивних користувацьких інтерфейсів залишається однією з найбільш важливих та перспективних у сфері взаємодії між людиною та цифровими пристроями. Однією з ключових методик, яку широко застосовують для розпізнавання емоцій, є система кодування мімічних дій FACS (англ. *Facial Action Coding System*). Вони зазначають, що система FACS є технікою для вимірювання рухів обличчя, що дає змогу ідентифікувати основні емоційні стани [7]. Ця методика розпізнавання емоцій користувача є базовою для багатьох досліджень, пов'язаних з автоматичним розпізнаванням емоцій людини.

Емоції відіграють важливу роль у взаємодії людини з комп'ютером, а тому розроблення систем, які можуть автоматично розпізнавати емоційні стани користувачів, є основою до створення більш ефективних та адаптивних інтерфейсів [4]. Автори зазначають, що моделі, засновані на системі FACS, є основою для створення алгоритмів, здатних надавати персоналізований досвід користувачам. Проте більшість наявних рішень зосереджена на статичному аналізі емоцій, що не враховує їхніх динамічних змін.

Інтеграція розпізнавання емоцій у реальних сценаріях є важливим аспектом для покращення взаємодії з користувачами в умовах змішаної реальності (англ. *mixed reality*) [16]. Акцентовано увагу на потребі створення систем, здатних виявляти емоційні стани людини на підставі аналізу міміки в режимі реального часу, зокрема – за допомогою методів глибокого навчання.

У роботі [15] пропонують автоматичний підхід до аналізу мімічних дій, наголошуючи на важливості використання машинного навчання для класифікації базових емоцій. Зазначено, що основною проблемою систем з розпізнавання емоцій у реальному часі є їхня здатність адаптуватись до змінних емоційних станів у динамічному середовищі.

Останні дослідження в науковому середовищі [6] також демонструють успішну інтеграцію розпізнавання емоцій у процеси тестування цифрових інтерфейсів користувачів. Наприклад, було запропоновано підхід для тестування вебзастосунків, який містить розпізнавання емоцій користувачів, запис сеансів і аналіз взаємодій. Стверджують, що використання цього підходу дає змогу виявляти проблемні області інтерфейсу та покращувати користувацький досвід.

Отже, аналіз останніх досліджень та публікацій показує, що система FACS є потужним інструментом для розпізнавання емоцій користувачів на підставі міміки, але її застосування в адаптивних інтерфейсах залишається обмеженим через недостатнє врахування динамічних змін емоційного стану. Для покращення користувацького досвіду потрібно виходити за межі стандартного оцінювання емоцій, інтегруючи інноваційні техніки, які забезпечують глибше розуміння UX та створення персоналізованих рішень. Актуальність цього дослідження полягає в необхідності розроблення інтерактивних систем, які здатні динамічно змінювати свій дизайн відповідно до емоцій користувачів, що сприятиме покращенню користувацького досвіду та підвищенню ефективності взаємодії користувача з цифровими пристроями.

Матеріали та методи дослідження. Для проведення А/Б тестування було залучено 8 людей, віком від 21 до 33 років, які не мали значних відхилень у психологічному або фізіологічному стані. Для створення інтерактивного прототипу використовували Figma. Для збирання даних використовували камеру, яка забезпечувала достатню якість для аналізу міміки. Основним програмним забезпеченням для аналізу виразів обличчя була Visage SDK, одне з поширених і доступних рішень для автоматичного розпізнавання емоцій на підставі системи FACS.

Учасники дослідження розміщувались перед вебкамерою, яка була попередньо налаштована під оптимальним кутом огляду для забезпечення повного захоплення зони обличчя. Важливою умовою проведення експерименту було стабільне освітлення та відсутність перешкод, що могли б заважати точному зчитуванню мімічної активності.

У процесі виконання завдань в інтерактивному прототипі, створеному у середовищі Figma [8], програмне забезпечення Visage SDK [19] в режимі реального часу автоматично розпізнавало та відстежувало ключові маркери обличчя (facial landmarks), зокрема – позиції брів, очей, носа, рота та щелепи. Ці дані використовували для ідентифікації мімічних дій користувача відповідно до системи FACS (англ. *Facial Action Coding System*), що водночас дало змогу визначати його базові емоційні стани, такі як радість, сум, гнів, здивування, страх, відраза та нейтральність.

У разі, коли система фіксувала зміну емоційного стану користувача на негативний (наприклад, виявляла ознаки злості або розгубленості), у прототипі відбувались зміни, покликані краще пояснити завдання користувачу. Зокрема, візуально активувались додаткові підказки, які спрямовували увагу користувача на ключові елементи, що потребували дії або роз'яснення. Також підсвічувались важливі компоненти інтерфейсу.

Завдяки цьому підходу вдалось реалізувати контекстно-емоційне реагування інтерфейсу, що дало мож-

ливість значно покращити суб'єктивне сприйняття інструменту користувачами та наблизити інтерфейс до моделі емоційно-інтелектуальної взаємодії. На підставі зібраних даних було створено алгоритм адаптації інтерфейсу, який змінював вигляд і поведінку інтерфейсу відповідно до визначеного емоційного стану користувача. Алгоритм містив класифікацію емоцій, де розпізнані емоції використовували для прийняття рішень щодо зміни кольорової схеми інтерфейсу або виведення персоналізованих підказок та адаптацію інтерфейсу, коли інтерфейс застосунку динамічно реагував на зміни емоційного стану, підвищуючи рівень зручності користувача.

Для оцінювання ефективності адаптивного інтерфейсу користувача було проведено експеримент, де учасники взаємодіяли з адаптивним інтерфейсом.

Оцінювання містило [13]:

- тривалість виконання завдань, де порівнювався час, необхідний для виконання однакових завдань в адаптивному та неадаптивному інтерфейсах;
- задоволеність користувачів, яка вимірювалася за допомогою стандартизованих анкет;
- точність розпізнавання емоцій, яка перевірялася способом зіставлення з даними самозвітання учасників;
- серед можливих джерел похибок, які можуть вплинути на результати, є якість запису камери, невелика кількість користувачів і суб'єктивність реакцій.

Результати дослідження та їх обговорення / Research results and their discussion

У межах цього дослідження було проведено А/В-тестування адаптивного та неадаптивного інтерфейсів, яке дало можливість глибше проаналізувати вплив емоційно-адаптивного дизайну на досвід користувачів під

час взаємодії з цифровим інтерфейсом. Завдяки проведеному тестуванню вдалось краще зрозуміти рівень адаптації інтерфейсних елементів до емоційного стану користувача та як він впливає на ефективність, зручність та емоційне сприйняття інтерфейсу.

Для цього створено дві версії інтерактивного клікабельного прототипу в середовищі Figma [8], які імітували типові сценарії взаємодії з вебзастосунками, зокрема – заповнення форм, навігацію за меню та пошук інформації. Обидва прототипи мали ідентичну структуру, функціональність та виконували завдання, однак істотно відрізнялися підходом до оброблення емоційного стану користувача. Тут під емоційним станом користувача будемо розуміти його поточний психологічний стан, що містить сукупність настроїв, почуттів, бажань, афектів та інших емоційних реакцій, які виникають у відповідь на певні події, обставини або стимули. Він може бути позитивним (радість, задоволення) або негативним (гнів, смуток) і впливає на поведінку та сприйняття користувачем інформації.

Перша версія виступала як контрольна – статичний, неадаптивний інтерфейс, який не реагував на жодні зовнішні або поведінкові сигнали від користувача. Друга версія, натомість, реалізовувала концепцію емоційно-адаптивного дизайну: під час виконання завдань система імітувала зміну поведінки інтерфейсу залежно від виявлених емоційних проявів. Зокрема, в разі виникнення ознак фрустрації або розгубленості (моделювання через попередньо задані сценарії) інтерфейс підсвічував важливі елементи, надавав підказки або спрощував візуальне середовище, що сприяло зменшенню когнітивного навантаження (рис. 1).

Рис. 1. Підказки у прототипі з адаптивною версією інтерфейсу / Hints in the prototype with the adaptive version of the interface

Для зчитування емоцій користувачів у реальному часі в межах дослідження було використано професійне програмне забезпечення Visage SDK – високоточну платформу для комп'ютерного зору, засновану на технології системи FACS (англ. *Facial Action Coding System*) [19]. Ця система дає змогу виконувати тривимірне трекінгування обличчя, виявляти мікроекспресії та аналізувати мімічну активність на підставі сукупності м'язових дій, відповідних одиницям системи FACS.

Вебкамера, інтегрована у процес тестування адаптивної версії інтерфейсу користувача, здійснювала безперервну фіксацію міміки користувачів під час виконання заданого сценарію (рис. 2). Під час аналізу емо-

цій користувачів в реальному часі система визначала інтенсивність базових емоцій – радості, смутку, гніву, страху, відризи, здивування та нейтрального стану – та обчислювала ймовірність їх прояву у вигляді числових значень (табл. 1). Як вже було зазначено вище, оцінювання та врахування емоційного стану користувача є важливим аспектом під час розроблення відповідних інтерфейсів, створенні контенту та взагалі при будь-якій взаємодії з людьми. Він може бути позитивним (радість, задоволення) або негативним (гнів, смуток) і впливає на поведінку та сприйняття користувачем інформації, яку надає відповідний інтерфейс. Може бути як усвідомленим, так і неусвідомленим, тобто деякі

емоції система має чітко ідентифікувати, інші ж впливають на систему на неусвідомленому рівні.

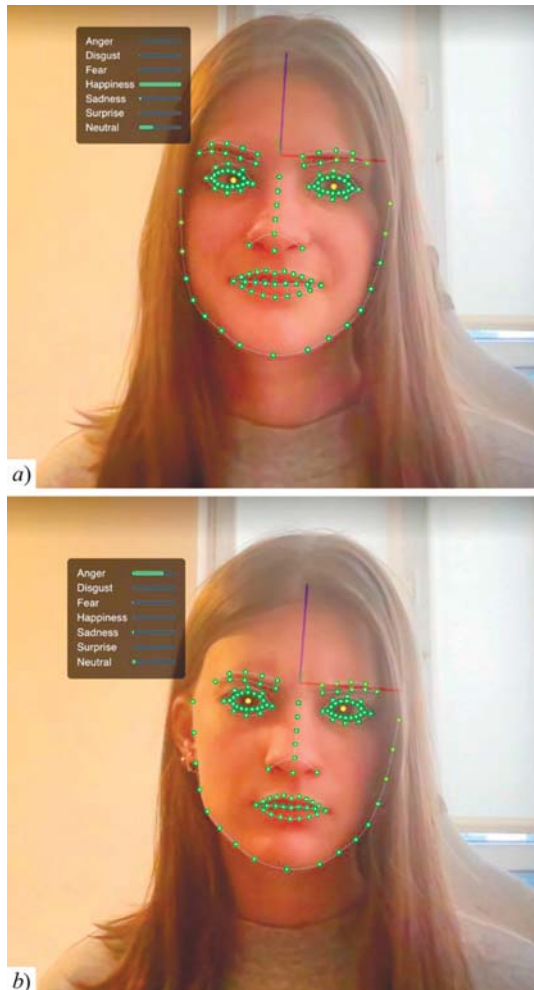


Рис. 2. Зчитування емоцій засобами платформи Visage SDK / Emotion recognition using Visage SDK

Табл. 1. Обчислені ймовірності прояву емоцій (середні значення за всіма учасниками) / Calculated probabilities of emotion expression (average values across all participants)

Емоція	Середня ймовірність, %
Радість	42 ^{±1,07}
Сум	18 ^{±0,77}
Гнів	13 ^{±0,81}
Страх	8 ^{±0,45}
Відраза	7 ^{±0,33}
Здивування	6 ^{±0,15}
Нейтральний	68 ^{±4,09}

Отримані дані використовували, як вхідні параметри для динамічної адаптації інтерфейсу в адаптивному прототипі. Зокрема, у разі виявлення емоцій, що свідчили про труднощі або негативне сприйняття (наприклад, смуток, фрустрація чи злість), інтерфейс автоматично змінював свою поведінку: активувався режим візуальних підказок, підсвічувалися ключові функціональні області, а також коригувався рівень деталізації елементів з метою зменшення когнітивного навантаження.

Після завершення кожного з експериментальних сценаріїв з учасниками опитування було проведено структуровані інтерв'ю, які мали на меті здійснити якісне оцінювання користувацького досвіду та глибше проаналізувати суб'єктивне сприйняття емоційно-адаптивного інтерфейсу. Такий формат інтерв'ювання респондента дав змогу поєднати стандартизовані питання із відкри-

тими відповідями, що сприяло збору як кількісних, так і якісних даних.

Перелік питань з інтерв'ю:

1. Як ви оціните загальне задоволення адаптивним інтерфейсом?
2. Як ви оціните чутливість інтерфейсу до ваших емоцій?
3. Чи відчували ви зниження стресу під час взаємодії з адаптивним інтерфейсом?
4. Чи було у вас відчуття підтримки з боку інтерфейсу?
5. Наскільки інтерфейс був зрозумілим під час виконання завдань?
6. Як ви оцінюєте реакцію адаптивного інтерфейсу на ваші дії?
7. Наскільки зручною була подача підказок?
8. Що б ви змінили в поведінці адаптивного інтерфейсу?
9. Оцініть доцільність адаптивного інтерфейсу.

У ході інтерв'ю абсолютна більшість респондентів висловила високий рівень задоволеності адаптивною версією інтерфейсу. Учасники опитування відзначали, що система, яка змінює свою поведінку відповідно до їхнього емоційного стану, викликає почуття підтримки, турботи та створює враження, ніби інтерфейс "розуміє" користувача. Серед характерних коментарів були такі фрази, як "це ніби хтось мені допомагає в потрібний момент" або "інтерфейс реагує так, як я би очікував від живого асистента".

Згідно з даними анкетування (табл. 2), середній рівень задоволеності взаємодією з адаптивним інтерфейсом, оцінений за 5-бальною шкалою, становив 4,8 бала, що свідчить про високу ефективність та сприйнятливості емоційно-адаптивного підходу серед користувачів. Окремі учасники також зазначали, що адаптація інтерфейсу до їхнього емоційного стану сприяла зниженню напруги, покращенню концентрації та загального настрою під час роботи з інтерфейсом.

Табл. 2. Результати опитування (середні оцінки за шкалою 1-5) / Survey results (average ratings on a scale of 1-5)

Питання	Середня оцінка
Загальне задоволення адаптивним інтерфейсом	4,8 ^{±0,19}
Чутливість інтерфейсу до емоцій	4,6 ^{±0,18}
Зниження стресу під час взаємодії	4,0 ^{±0,11}
Відчуття підтримки з боку інтерфейсу	4,6 ^{±0,14}
Зручність подачі підказок	4,4 ^{±0,10}
Доцільність адаптивного інтерфейсу	4,2 ^{±0,11}

Разом із позитивними відгуками респондентів у процесі дослідження були також виявлені певні недоліки емоційно-адаптивного підходу, які варто враховувати на етапі подальшого вдосконалення функціональності системи. Зокрема, декілька учасників зазначили, що в окремих випадках система некоректно інтерпретувала емоційний стан, що призводило до хибної поведінки інтерфейсу. Так, були зафіксовані ситуації, коли нейтральний або зосереджений вираз обличчя помилково трактувався як негативний емоційний стан, унаслідок чого інтерфейс активував підказки або змінював структуру без реальної потреби.

Також фіксувалися протилежні ситуації, коли система не розпізнавала очевидні ознаки фрустрації або напруження, що призводило до відсутності очікуваної адаптації інтерфейсу. Подібна відсутність узгодженості між емоційним станом користувача та поведінкою відповідного інтерфейсу створювала відчуття штучності взаємодії, а в окремих випадках – навіть дратівливості або недовіри до системи.

Окрему увагу учасники опитування звернули на частотність реагування системи, наголосивши на важливості тонкого балансу між своєчасністю і надмірною реакцією. Надто часті або необґрунтовані втручання з боку інтерфейсу можуть бути сприйняті як нав'язливі або непотрібні, водночас як занадто тривала затримка у відповіді може знижувати ефективність адаптації та не виправдовувати очікувань користувача.

На підставі отриманих результатів було сформульовано ключове питання для подальших досліджень: який саме момент часу є оптимальним для запуску адаптації інтерфейсу на підставі емоційного зворотного зв'язку? Надто швидка реакція може виглядати нав'язливою або штучною, тоді як надмірна затримка нівелює ефект підтримки користувача. Отже, потрібно розробити модель порогів чутливості та темпоральної логіки адаптації,

яка враховує контекст дій користувача, інтенсивність емоції та тривалість її прояву.

Узагальнюючи, експеримент підтвердив ефективність використання Visage SDK як інструменту для емоційного аналізу в UX-дослідженнях, а також довів практичну цінність емоційно-адаптивних інтерфейсів. Отримані дані можуть слугувати основою для побудови адаптивних систем наступного покоління, з високим рівнем персоналізації взаємодії.

Також було проведено експериментальне дослідження з використанням системи FACS та програмного забезпечення Microsoft Azure Face API, яке за замовчуванням дає змогу аналізувати емоції людини за 27 точками (рис. 3), тобто можна досягти точності роботи системи у розпізнаванні основних емоцій користувача близько 80 % [12].

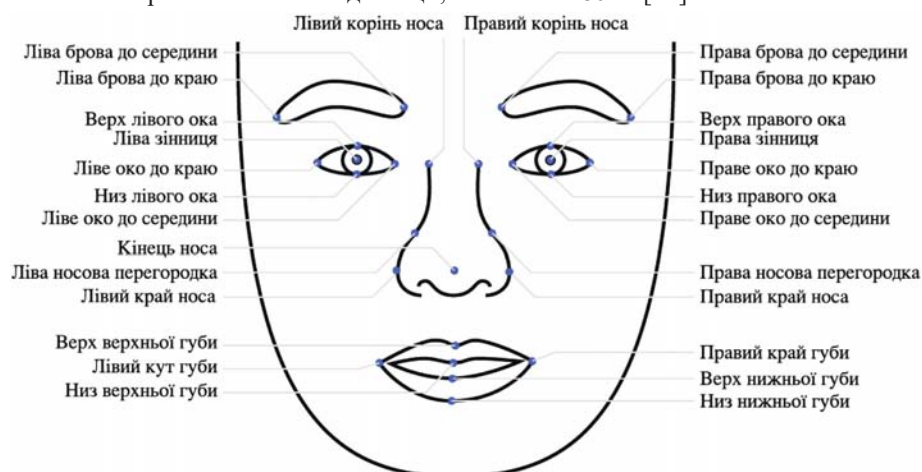


Рис. 3. Точки, за якими аналізуються емоції людини за допомогою Microsoft Azure Face API / Facial landmarks used for emotion analysis with Microsoft Azure Face API

Найкращі результати було отримано для розпізнавання суму, страху, гніву, радості та відразі [12]. Також було зафіксовано швидкість адаптації інтерфейсу до емоційних змін користувачів – середня тривалість реакції становила 0,5 с.

Для оцінювання ефективності адаптації інтерфейсу, було здійснено дослідження [5, 12, 13], які показали, що користувачі, які взаємодіяли з адаптивним інтерфейсом, виконували завдання на 15 % швидше порівняно з неадаптивним інтерфейсом [13]. Понад це, рівень задоволеності користувачів, за результатами дослідження [5], підвищується на 9-10 %.

Окрім емоцій, за допомогою Microsoft Azure Face API, можна, за потреби, також розпізнати набір функцій [17] – атрибути, що надає додаткові можливості для аналізу користувача. Ці додаткові атрибути дають змогу створити глибший психологічний та поведінковий профіль користувача, що може бути корисним, наприклад, у персоналізованих навчальних системах або в безпечному інтерфейсі для водіїв. Серед атрибутів доступні аксесуари, розмиття, експозиція, окуляри, маски, візуальний шум та поза голови (рис. 4).

На підставі отриманих результатів можна зробити висновок про високу ефективність емоційно-адаптивного інтерфейсу, що базується на аналізі мимічної активності користувачів. Використання програмного забезпечення може допомогти зчитати емоції, істотно підвищити точність розпізнавання емоцій і покращити загальний користувацький досвід. Значущість такого підходу особливо підвищується в контексті зростання за-

питу на персоналізовані цифрові сервіси, зокрема – в галузях з високим когнітивним або емоційним навантаженням. У подальших дослідженнях доцільно зосередитися на розширенні функціональності системи способом інтеграції мультимодального аналізу та внесення додаткових біометричних показників.

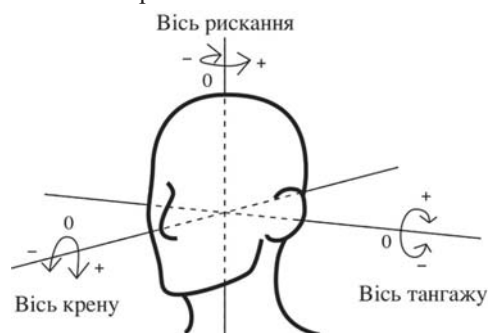


Рис. 4. Оцінювання тривимірної орієнтації обличчя за осями крену, ристання (повороту) та тангажу / Three-dimensional orientation of the face is assessed along the roll, yaw, and pitch axes

Обговорення результатів дослідження. У дослідженнях [13] представлено проектування та аналіз адаптивного користувацького інтерфейсу (AUI) для настільного застосування, який використовує новітні рішення для розпізнавання емоційного стану користувача на підставі мимічних виразів і постави тіла, зафіксованих за допомогою RGB-D сенсора. Шість базових емоцій розпізнають за мимікою обличчя, а фізіологічний стан – за поставою тіла. Миміка та постава в режимі реального часу зчитуються з сенсора Kinect. Було проведено ґрун-

товне дослідження з метою порівняння зручності використання автоматичного, ручного та гібридного АUI. Інтерфейси оцінювалися за критеріями ефективності, результативності, продуктивності та безпеки щодо помилок. Результати показали, що гібридна адаптація покращує зручність використання у плані продуктивності та ефективності.

Також, автори дослідження [2] пропонують використовувати Emoticontrol – підхід до адаптації інтерфейсів на підставі емоцій користувачів, орієнтований на якість досвіду, із використанням навчання з підкріпленням без моделі MFRL (англ. *Model-Free Reinforcement Learning*). Метою підходу є максимізація потрібних адаптацій та мінімізація зайвих, що веде до підвищення якості досвіду користувачів QoE (англ. *Quality of Experience*). Окрім цього, підхід враховує покращення якості обслуговування програмного забезпечення QoS (англ. *Quality of Service*) способом проектування альтернативних архітектур програмних систем. Для оцінювання ефективності було обрано сферу навчання евакуації під час надзвичайних ситуацій, оскільки в умовах потенційної небезпеки люди зазнають сильних емоцій.

Використання рішень на підставі штучного інтелекту має великий потенціал у цій сфері досліджень. У роботі [3] запропоновано рішення зазначеної проблеми з використанням двох концепцій штучного інтелекту – згорткових нейронних мереж CNN (англ. *Convolutional Neural Networks*) та генеративно-змагальних мереж GAN (англ. *Generative Adversarial Networks*). CNN було навчено для точного виявлення моментів, коли людина перебуває в негативному емоційному стані, досягнувши максимальної точності 80,38 % із втратою (loss) 0,42. GAN було навчено синтезувати зображення із вхідного домена, здатні викликати позитивні емоції. Продемонстровано можливості використання глибокого навчання для виявлення стресу та негативного настрою, а також стратегії, які можна реалізувати для їх зменшення.

У роботі [18] наведено ґрунтовний огляд наявної літератури з дизайну, орієнтованого на настрій. Розглянуто, як дизайнери та дослідники дизайну наразі враховують настрій у контексті досвідоорієнтованого підходу до проектування. Використовуючи методологію скопінг-огляду, було відібрано та тематично проаналізовано 66 релевантних наукових статей. Цей огляд поглиблює наше розуміння настрою як окремого аспекту людського досвіду в дизайні та окреслює сучасний стан дизайну, орієнтованого на настрій, як нової галузі досліджень. Для сприяння подальшому розвитку в цій сфері пропонують чотири напрями дослідження, наголошуючи на потребі розширення теоретичних основ, створення артефактів, обміну думками та розроблення методів із фокусом на настрій.

Автори дослідження [11] розглянули різні теорії емоцій. Наведено різні методи розпізнавання емоцій та проаналізовано їхні переваги й недоліки в контексті застосування в електронному навчанні. Згідно з висновками цього дослідження, мультимодальні системи розпізнавання емоцій, що базуються на об'єднанні інформації з міміки, жестів і повідомлень користувача, демонструють кращу ефективність порівняно з одномодальними підходами.

Оптимізований користувацький досвід та індивідуалізована допомога у виконанні завдань є ключовими факторами успіху електронного бізнесу, оскільки вони

приносять користь як користувачам, так і постачальникам послуг. У роботі [14] представлено адаптаційного агента, призначеного для спостереження та аналізу інтерактивної поведінки, емоційного стану та виконання завдань окремими користувачами під час роботи з інтерактивними e-business-додатками. Агент розпізнає конкретні ситуації та може адаптувати інтерфейс програми в режимі реального часу, взаємодіючи з фреймворком розроблення інтерфейсів, заснованим на моделюванні (MBUID), та надаючи доменно-специфічні підказки для користувача.

У дослідженні [9] представили першу модель, яка оцінює емоції користувачів тільки під час пасивного перегляду соціального контенту. Було проведено експеримент за участі 29 осіб, які взаємодіяли з контрольованою стрічкою соціальних мереж. У процесі перегляду стрічки зафіксовано поведінкові характеристики та фізіологічні сигнали учасників, а також зібрано дані самозвітання на підставі двох валідованих моделей емоцій. На підставі цих даних здійснено навчання під наглядом для створення класифікатора емоцій, який надійно виявляв до 8 емоційних станів і досягав точності до 83 %. Аналіз показав, що поведінкові характеристики були достатніми для надійного розпізнавання емоцій учасників.

У роботі [1] представлено фреймворк для адаптації UI, що враховує окремі виміри емоцій та їхні часові характеристики. Зокрема, запропонований механізм дає змогу адаптувати інтерфейс відповідно до різних типів класифікацій емоцій (базові емоції, одиниці мімічних дій – FACS, шкали збудження/валентності) та тривалості, залежно від процесу консолідації різних емоцій. Оскільки кожна людина відчуває емоції по-різному, інтерактивні вебсистеми можуть надавати персоналізований досвід, намагаючись допомогти користувачам досягти бажаного емоційного стану. Поширеним способом реалізації цього підходу є адаптація інтерфейсу користувача (UI). Проте вплив таких адаптацій на емоційний стан користувачів досі недостатньо вивчено.

У роботі [10] описано змішаний факторіальний експеримент за участі 44 учасників, кожен з яких мав виконати два завдання у вебсередовищі: читання та транскрипцію. Емоційні дані збирали як за допомогою анкет, заповнених користувачами, так і через аналіз міміки з вебкамери. Візуалізовано емоційні траєкторії учасників під час виконання завдань та проаналізували найпоширеніші з них. Хоча більшість учасників досягли бажаного емоційного стану як у експериментальній, так і в плацебо-групі, не було отримано статистично значущих доказів того, що адаптований інтерфейс істотно підвищує ймовірність досягнення бажаних емоцій. Враховуючи результати проведеного дослідження та обговорення отриманих даних, зроблено висновок про доцільність і перспективність подальшого розвитку напряму адаптації користувацьких інтерфейсів до емоційного стану користувачів.

Попередні дослідження [3, 9, 11, 13, 14] засвідчили ефективність використання емоційно-адаптивних підходів у дизайні інтерфейсів, однак саме експериментальне А/В-тестування, проведене в межах цього дослідження, дало змогу отримати практичні докази впливу адаптивності на поведінку та задоволеність користувачів. Порівняння однакових інтерфейсів – з адаптивним дизайном і без нього – дало змогу зафіксувати різницю

в емоційній реакції користувачів, рівні залучення та загальній ефективності взаємодії з інтерфейсом.

Враховуючи результати досліджень та обговорення отриманих даних [1, 10], можна зробити висновок про доцільність і перспективність подальшого розвитку напрямку адаптації користувацьких інтерфейсів до емоційного стану користувачів. Такий підхід відкриває нові можливості для створення більш інтуїтивних, чутливих до контексту та емоційно комфортних цифрових продуктів, що, водночас, сприяє підвищенню якості взаємодії та загального користувацького досвіду.

Отже, внаслідок виконаної роботи можна сформулювати такі наукову новизну та практичну значущість результатів дослідження.

Наукова новизна отриманих результатів дослідження – отримав подальший розвиток метод розроблення емоційно-адаптивного користувацького інтерфейсу, за яким на підставі результатів А/В тестування можна встановити рівень адаптації інтерфейсу до емоційного стану користувача, що сприяє підвищенню ефективності їхньої взаємодії та покращенню емоційного комфорту під час використання цифрового продукту.

Практична значущість результатів дослідження – можливість упровадження запропонованого емоційно-адаптивного рішення в різних сферах – від охорони здоров'я, автомобільних систем і освітніх платформ до розважальних додатків, що дає змогу підвищити рівень залученості користувачів, покращити якість їхньої взаємодії та забезпечити більш інтуїтивний досвід, особливо важливий у стресових або критичних ситуаціях.

Висновок / Conclusions

Проаналізовано ефективність застосування моделей емоційно-адаптивного користувацького інтерфейсу, здатного засобами системи FACS автоматично змінювати свій дизайн і функціональність, за якими такі інтерфейси зможуть адаптуватись до нагальних потреб користувача. За результатами проведеного дослідження можна зробити такі основні висновки.

1. З'ясовано, що система FACS дає змогу досягти високої точності розпізнавання основних емоційних станів, таких як радість, сум і гнів, що підтверджують експериментальні результати з високою точністю.
2. Проведено А/В-тестування двох варіантів користувацького інтерфейсу, неадаптивної та адаптивної, та за допомогою опитування виявлено рівень задоволеності користувачів, що дасть змогу ширше та ефективніше впроваджувати адаптивний дизайн на практиці для підвищення ефективності та зниження стресу серед користувачів.
3. Проаналізовано наукові дослідження та аналітичні звіти, завдяки чому можна стверджувати, що впровадження алгоритмів, здатних адаптувати цифрові інтерфейси у реальному часі, має важливе значення для підвищення ефективності користувацького досвіду, особливо у критичних сферах, таких як охорона здоров'я, освіта та наука, транспортування, та інші.

References

1. Alipour, M., Céret, É., & Dupuy-Chessa, S. (2023). A framework for user interface adaptation to emotions and their temporal aspects. *Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction*, 7(EICS), 186, 1–25. <https://doi.org/10.1145/3593238>
2. Alipour, M., Moghaddam, M. T., Vaidhyanathan, K., & Kjærgaard, M. B. (2023). Emoticontrol: Emotions-based Control of User-Interfaces Adaptations. *Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction*, 7, 1–29. <https://doi.org/10.1145/3593227>
3. Burrows, H., Zarrin, J., Babu-Saheer, L., & Maktab-Dar-Oghaz, M. (2022). Realtime Emotional Reflective User Interface Based on Deep Convolutional Neural Networks and Generative Adversarial Networks. *Electronics*, 11(1), article ID 118. <https://doi.org/10.3390/electronics11010118>
4. Calvo, R. A., & DMello, S. (2010). Affect Detection: An Interdisciplinary Review of Models, Methods, and Their Applications. *IEEE Transactions on Affective Computing*, 1(1), 18–37. <https://doi.org/10.1109/T-AFFC.2010.1>
5. Choi, Y., & Kim, Y. S. (2022). An Adaptive UI Based on User-Satisfaction Prediction in Mixed Reality. *Applied Sciences*, 12(9), article ID 4559. <https://doi.org/10.3390/app12094559>
6. Drungilas, D., Ramašauskas, I., & Kurnis, M. (2024). Emotion Recognition in Usability Testing: A Framework for Improving Web Application UI Design. *Applied Sciences*, 14(11), article ID 4773. <https://doi.org/10.3390/app14114773>
7. Ekman, P., & Friesen, W. V. (1978). *Facial Action Coding System (FACS): A Technique for the Measurement of Facial Movement*. Consulting Psychologists Press. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Facial_Action_Coding_System
8. Figma. (2025, April 8). Wikipedia. Retrieved April 8, 2025. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Figma>
9. Gebhardt, C., Brombach, A., Luong, T., Hilliges, O., & Holz, C. (2024). Detecting users emotional states during passive social media use. *Proceedings of the ACM on Interactive, Mobile, Wearable and Ubiquitous Technologies*, 8(2), 77, 1–30. <https://doi.org/10.1145/3659606>
10. Guimarães, P. D., Silva, F. M., Ara, A., & Neris, V. A. (2024). A mixed factorial experiment with colors and adaptive web user interfaces to change emotions. In *Proceedings of the XXII Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems (IHC 23)*, 47, 1–12. <https://doi.org/10.1145/3638067.3638092>
11. Imani, M., & Montazer, G. A. (2019). A survey of emotion recognition methods with emphasis on e-learning environments. *Journal of Network and Computer Applications*, 147, article ID 102423. <https://doi.org/10.1016/j.jnca.2019.102423>
12. Kuntzler, T., Höfling, T. T. A., & Alpers, G. W. (2021). Automatic Facial Expression Recognition in Standardized and Non-standardized Emotional Expressions. *Front. Frontiers in Psychology*, 12, article ID 627561. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.627561>
13. Madjden, S., Ahmed, N., & Lataifeh, M. (2020). Adaptive user interface design and analysis using emotion recognition through facial expressions and body posture from an RGB-D sensor. *PLoS ONE*, 15(7), article ID e0235908. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0235908>
14. Märtin, C., & Herdin, C. (2024). Enabling real-time adaptations for individualized customer experience in user-centered e-business applications. *Procedia Computer Science*, 239, 1425–1432. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.06.315>
15. Martinez, B., Valstar, M., Jiang, B., & Pantic, M. (2013). Automatic Analysis of Facial Actions: A Survey. *IEEE Transactions on Affective Computing*, 4(3), 290–305. <https://doi.org/10.1109/T-AFFC.2013.16>
16. Mehta, D., Siddiqui, M. F. H., & Javaid, A. Y. (2018). Facial Emotion Recognition: A Survey and Real-World User Experiences in Mixed Reality. *Sensors*, 18(2), article ID 416. <https://doi.org/10.3390/s18020416>
17. Microsoft. (2025, April 8). Microsoft Learn. Retrieved April 8, 2025. URL: <https://learn.microsoft.com/en-us/azure/ai-services/computer-vision/concept-face-detection>
18. Peng, Z., Desmet, P. M. A., & Xue, H. (2023). Mood in experience design: A scoping review. *She Ji: The Journal of Design, Economics, and Innovation*, 9(3), 330–378. <https://doi.org/10.1016/j.sheji.2023.09.001>
19. Visage SDK. (2025, April 8). Wikipedia. Retrieved April 8, 2025. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Visage_SDK
20. Zaina, L. M., Redmiles, D., & Conte, T. U. (2021). Understanding UX Better: A New Technique to Go Beyond Emotion Assessment. *Sensors*, 21(21), article ID 7183. <https://doi.org/10.3390/s21217183>

EMOTIONALLY ADAPTIVE USER INTERFACE DESIGN BASED ON FACIAL EXPRESSION ANALYSIS USING THE FACS SYSTEM

The development of emotionally adaptive user interface design based on the Facial Action Coding System (FACS) was analyzed in this research. The research involved analyzing data collected via webcam and processed using Visage SDK, a software that enables automatic recognition of facial actions and real-time emotion detection. An A/B testing procedure was conducted using both non-adaptive and adaptive prototypes, followed by a user survey to evaluate satisfaction levels. The system continuously monitored the dynamic changes in users' emotional states, enabling real-time interface adaptation. It was found that the average accuracy of detecting core emotions such as sadness, fear, anger, joy, and disgust reached approximately 80 %, confirming the effectiveness of using FACS in combination with the proposed algorithm. The adaptive interface demonstrated the ability to increase task performance speed by 15 % and improve user satisfaction by 9-10 % compared to its non-adaptive counterpart. Furthermore, the adaptive system contributed to enhanced user performance when completing both routine and complex tasks, leading to increased efficiency and reduced stress levels, particularly in work-related environments. The practical significance of the obtained results lies in the applicability of emotionally adaptive interfaces across various domains, including healthcare, transportation, education, scientific research, and entertainment. The approach to interface adaptation was further refined to account for dynamic emotional fluctuations, resulting in a higher degree of personalization and intuitive user experience. Importantly, the system is capable of responding to rapid emotional changes, which is crucial in high-stress or critical scenarios such as vehicle operation or real-time medical monitoring. Future research is proposed to focus on integrating multimodal algorithms and incorporating additional biometric data—such as heart rate and electrodermal activity—to further enhance the accuracy, reliability, and context-specific adaptation of emotion-aware user interfaces tailored to individual user profiles and usage environments.

Keywords: emotionally adaptive interface; user experience; Facial Action Coding System; emotion recognition; personalized user experience.