

РЕЦЕНЗІЯ

доктора технічних наук, професора Федорова Євгена Євгеновича
на дисертаційну роботу Решетняка Валентина Валентиновича
**«Методи та засоби оцінювання дизайну інтерфейсу мобільних додатків на основі
використання технології відслідковування погляду»**,
подану на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю
123 Комп'ютерна інженерія галузі знань 12 Інформаційні технології

Ступінь актуальності обраної теми.

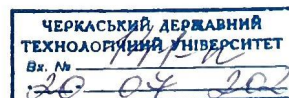
Стрімке зростання кількості та функціональної складності мобільних додатків висуває на перший план задачу об'єктивного оцінювання якості їхніх інтерфейсів. Конкурентна спроможність мобільного продукту дедалі більше визначається не лише його функціональністю, а й тим, наскільки ефективно інтерфейс організовує візуальну увагу користувача. Традиційні методи тестування якості інтерфейсу, такі як опитування, експертні огляди, А/В-тести, мають суб'єктивний характер і не дають змоги точно встановити, на якому етапі взаємодії виникає проблема сприйняття.

Технологія відслідковування погляду (айтрекінг) надає об'єктивну поведінкову характеристику взаємодії, проте її практичне застосування донедавна стримувалося потребою в дорогому стаціонарному обладнанні та відсутністю формалізованого методологічного апарату для інтерпретації даних. Окремою малодослідженою проблемою залишається застосування айтрекінгу в умовах обмеженого апаратного середовища, виключно на основі фронтальної камери смартфона.

Таким чином, дисертаційна робота Решетняка В.В., присвячена розробці методів та засобів оцінювання дизайну інтерфейсу мобільних додатків на основі технології відслідковування погляду, є актуальною, має теоретичне і практичне значення та відповідає сучасним тенденціям розвитку галузі.

Новизна наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації.

Вперше розроблено модель інформаційної взаємодії користувача з мобільним інтерфейсом в умовах айтрекінг-дослідження, яка за рахунок формалізації процесу взаємодії у вигляді чотирифазного циклу (сенсорна реєстрація, візуальне декодування, когнітивне інтерпретування, поведінкова реакція) з трьома паралельними інформаційними каналами (візуальним, когнітивним і суб'єктивним) встановлює відповідність між кожною фазою та вимірюваними показниками айтрекінгу, що дозволяє локалізувати дизайн-проблему в конкретній частині взаємодії.



Вперше розроблено метод оцінювання дизайну статичних мобільних інтерфейсів на основі айтрекінгу, який за рахунок використання фронтальної камери смартфона як єдиного апаратного сенсора, набору спеціалізованих метрик візуальної уваги та структурованої послідовності з шести етапів проведення айтрекінг-дослідження: (1) визначення об'єкта та цілей дослідження, (2) налаштування технічного середовища, (3) проведення експериментальної сесії, (4) збір та аналіз метрик погляду, (5) інтерпретація результатів, (6) формування рекомендацій і повторне тестування – дозволяє отримати об'єктивну оцінку дизайну інтерфейсу без використання спеціалізованого обладнання;

Вперше розроблено метод оцінювання ефективності дизайну динамічних мобільних екранів, який за рахунок використання часової зони інтересу (T-AOI) з прив'язкою до координат повного документа і тайм-кодів, паралельної реєстрації стану інтерфейсу під час сесії та розширеного набору метрик охоплення і залученості (глибина, швидкість і кількість зупинок прокрутки), що реалізуються у шість послідовних етапів: (1) підготовка та розмітка T-AOI з документуванням динаміки, (2) налаштування середовища з організацією синхронізованого запису, (3) проведення сесії, (4) обробка даних із виключенням переходів та перерахунком координат у простір документа, (5) інтерпретація результатів із аналізом глибини прокрутки, (6) формування рекомендацій та верифікація змін, – дозволяє коректно аналізувати розподіл візуальної уваги в сценаріях з динамічним контентом, де стандартна AOI, прив'язана до статичних координат екрану, не забезпечує повної картини взаємодії.

Відсутність (наявність) порушень принципів академічної доброчесності.

Ознак порушень принципів академічної доброчесності не встановлено.

Повнота викладу наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації, в наукових публікаціях, зарахованих за темою дисертації.

За результатами дослідження опубліковано 5 наукових праць, з них: 1 наукова стаття у виданні, індексованому наукометричною базою Scopus; 2 наукові статті у фахових виданнях України; 2 публікації у матеріалах і тезах доповідей на міжнародних науково-практичних конференціях. Вважаю рівень і кількість наукових публікацій здобувача достатнім.

Практичне значення одержаних результатів.

Практичне значення отриманих результатів наукового дослідження полягає у створенні доступного інструментарію оцінювання якості мобільних інтерфейсів, який

не потребує спеціалізованого апаратного забезпечення та може бути застосований безпосередньо у практиці проєктування, юзабіліті-тестування й дизайн-аудиту.

Розроблено алгоритм реалізації методу оцінювання статичних екранів, що охоплює шість етапів: класифікацію екрану та визначення AOI, формування вибірки, налаштування й калібрування програмного засобу, проведення сесії з поекранним суб'єктивним оцінюванням, обробку та аналіз метрик погляду, формулювання рекомендацій і повторне тестування.

Розроблено алгоритм реалізації методу оцінювання динамічних екранів, що розширює базову процедуру трьома операціями попередньої обробки: синхронізацією тайм-кодів потоку погляду зі станом інтерфейсу, трансформацією екранних координат у координати повного документа та паралельною реєстрацією подій прокрутки і навігаційних переходів.

Розроблено мобільний додаток EyeSense, що забезпечує засобами стандартного смартфона з фронтальною камерою повний цикл айтрекінг-дослідження: калібрування, запис координат погляду, побудову теплових карт і маршрутів, хмарне завантаження анонімізованих результатів.

Проведено експериментальну валідацію розробленого методу та програмного засобу за участю 55 осіб, рекрутованих через платформу Prolific, на трьох типових екранах мобільних додатків (картка товару, екран медичних результатів, навігаційна карта) з аналізом за віковими групами та рівнем цифрової компетентності.

Практичне застосування розроблених дисертантом моделей, методів та програмних засобів дало можливість виявити конкретні проблеми сприйняття досліджених екранів, обґрунтувати дизайн-рекомендації об'єктивними поведінковими даними та зменшити залежність проєктних рішень від суб'єктивних оцінок.

Структура роботи, оцінка змісту дисертації та її завершеність.

Дисертація включає вступ, чотири розділи, висновки, список використаних джерел і додатки. Робота містить 19 рисунків, 18 таблиць в основному тексті та посилання на 97 використаних джерел.

Зміст анотації є узагальненим коротким викладом основного змісту дисертації та висвітлює її наукові положення, висновки й рекомендації. Анотацію подано державною та англійською мовами. В анотації до дисертаційної роботи відображено актуальність теми дослідження, сформульовано науково-технічну задачу, наведено основні наукові та практичні результати. Анотація є змістовною та достатньо повно відображає суть виконаної роботи.

У вступі обґрунтовано актуальність теми, визначено мету та основні задачі, сформульовано об'єкт і предмет дослідження, наведено наукову новизну та практичне значення отриманих результатів. Вступ характеризується достатнім рівнем аргументованості.

У першому розділі проведено ґрунтовний аналітичний огляд апаратних і програмних засобів айтрекінгу. Розглянуто існуючі апаратні комплекси для відслідковування погляду: комплекси на основі взаємодії з екраном, мобільні комплекси з використанням окулярів, системи для віртуальної та доповненої реальності, а також мобільний і веб-камерний айтрекінг. Проаналізовано параметри, що впливають на якість відслідковування, та методи відслідковування погляду, зокрема методи локалізації очей, методи гейз-трекінгу і алгоритми виявлення фіксацій (I-VT, I-HMM, I-MST, I-AOI, I-DT). Значну увагу приділено порівняльній характеристиці цих алгоритмів за обчислювальною складністю та якістю сегментації. Наведено аналіз існуючих досліджень мобільного айтрекінгу для оцінювання інтерфейсів, за результатами якого сформульовано цілі та задачі дисертаційного дослідження. Розділ свідчить про глибоке опрацювання проблеми.

У другому розділі представлено систему метрик візуальної уваги та класифікацію типів екранів із визначенням областей інтересу, зокрема окрему типологію динамічних екранів мобільних інтерфейсів і додаткові метрики для них. Розроблено модель інформаційної взаємодії користувача з мобільним інтерфейсом в умовах айтрекінг-дослідження з описом її структури, інформаційних потоків і каналів передачі. У межах дослідження запропоновано два методи оцінювання дизайну для статичних і динамічних екранів, доповнені формалізованим правилом багатокритеріального прийняття рішення щодо якості дизайну, яке охоплює вибір критеріїв, визначення вагових коефіцієнтів методом аналізу ієрархій, нормалізацію показників та обчислення узагальненого показника якості дизайну. Такий підхід є доцільним у контексті оцінювання різнотипних екранів, де вагомість окремих критеріїв суттєво відрізняється.

У третьому розділі описано програмну реалізацію засобу EyeSense. Наведено аналіз вимог, обґрунтування вибору технологій, архітектуру додатку та взаємодію з апаратною складовою. Детально розглянуто алгоритми обробки даних погляду: зважене згладжування (ЕМА-буфер), дискретизацію даних, алгоритм виявлення фіксацій (I-DT), побудову теплової карти (Gaussian KDE) та побудову маршруту погляду. Описано процес калібрування, а також процес збереження та передачі даних.

Четвертий розділ присвячено експериментальному дослідженню розподілу візуальної уваги на трьох типах екранів. Наведено методiku експерименту з характеристикою вибірки, матеріалів і обладнання та процедурою проведення.

Представлено результати, що охоплюють загальні патерни розподілу уваги, вікові відмінності, вплив цифрової компетентності та кореляцію між об'єктивними й суб'єктивними даними. Виконано багатокритеріальне оцінювання якості дизайну досліджених екранів із формуванням експертної групи, визначенням вагових коефіцієнтів і розрахунком комплексного показника якості дизайну. Сформульовано дизайн-рекомендації та окреслено обмеження дослідження.

Висновки до дисертації містять узагальнення основних наукових і практичних результатів, отриманих у ході дослідження. У них відображено досягнення поставленої мети та вирішення визначених задач, а також окреслено напрями подальших досліджень.

У цілому дисертаційна робота є завершеним, цілісним науковим дослідженням, у якому послідовно вирішено поставлену науково-технічну задачу, а отримані результати є обґрунтованими, взаємопов'язаними та мають як теоретичне, так і практичне значення.

Зауваження та недоліки дисертації щодо її вмісту й оформлення.

Варто відзначити деякі недоліки дисертаційної роботи:

1. У першому розділі ґрунтовно класифіковано методи локалізації очей (на основі форми, особливостей форми та зовнішнього вигляду) і гейз-трекінгу, проте у пункті 1.4.2 порівняльний аналіз сучасних appearance-based методів оцінювання напрямку погляду на основі згорткових нейронних мереж подано стисло, без кількісних характеристик їх точності. Це послаблює обґрунтування вибору Eyedid SDK у підрозділі 3.2 як базового технологічного рішення серед наявних альтернатив.

2. У пункті 2.8.2, під час формалізації процедури визначення вагових коефіцієнтів критеріїв K1-K5 методом аналізу ієрархій, склад і кваліфікаційні вимоги до експертної групи безпосередньо не наведено. Ці відомості з'являються лише в пункті 4.4.1 (група з п'яти фахівців зі стажем не менше п'яти років). Обсяг експертної групи є відносно невеликим, а критерії добору експертів, їхня предметна незалежність та спосіб усунення можливих систематичних зміщень суджень розкрито стисло, що знижує прозорість експертної складової методу.

3. Перевірку відношення узгодженості CR описано, а досягнуті значення ($CR \leq 0,008$) є прийнятними (Таблиця 4.9); водночас у роботі не передбачено регламентованої процедури дій у разі перевищення порогу $CR \leq 0,1$ (повторне опитування, відсіювання неузгоджених суджень), що ускладнює незалежне відтворення розрахунку вагових коефіцієнтів.

4. Вагові коефіцієнти критеріїв визначено окремо для кожного типу екранів (Таблиця 4.9), проте чутливість підсумкового показника DQI до варіації цих ваг не

досліджено. Доцільно було б навести аналіз чутливості, який показав би, наскільки зміна коефіцієнтів у межах експертної похибки впливає на підсумкове рішення щодо якості дизайну та ранжування проблемних зон.

5. Процедуру нормалізації різнорідних метрик до спільної шкали перед згортою описано узагальнено (формули 2.2-2.4); не наведено обґрунтування вибору саме лінійної нормалізації порівняно з альтернативними схемами, які можуть давати відмінні результати за наявності викидів у метриках погляду.

6. Порогові рівні прийняття рішення (таблиця 2.2), що зіставляються зі значенням DQI, задано без статистичного обґрунтування меж між градаціями якості, що надає їм характеру експертного припущення.

7. У підрозділі 3.5 параметри конвеєра обробки сигналу погляду задано фіксованими константами (крок дискретизації ЕМА-буфера 150 мс, що дає ефективну частоту лише 6-7 Гц; мінімальна тривалість фіксації 150 мс і поріг розсіювання 30 пікселів в алгоритмі I-DT). Аналізу чутливості метрик до цих параметрів не наведено, а порівняно низька ефективна частота дискретизації обмежує надійне розрізнення коротких фіксацій і саккад; вплив цього обмеження на точність обчислюваних метрик у роботі не оцінено кількісно.

8. У четвертому розділі аналіз за двома факторами (вік та цифрова компетентність) на вибірці з 55 осіб (Таблиця 4.1) призводить до малого наповнення окремих підгруп; водночас у підрозділі 4.3 не зазначено застосованих статистичних критеріїв, оцінок статистичної потужності та поправок на множинність порівнянь за трьома екранами й кількома зонами інтересу.

Незважаючи на вказані недоліки, дисертаційна робота є важливим науковим дослідженням та заслуговує на позитивну оцінку.

Висновок щодо відповідності дисертації вимогам, які висуваються до ступеня доктора філософії.

Розглянуте дисертаційне дослідження Решетняка Валентина Валентиновича є завершеною науковою працею, у якій вирішено актуальну науково-технічну задачу підвищення об'єктивності оцінювання якості дизайну інтерфейсу мобільних додатків на основі технології відслідковування погляду.

Отримані результати характеризуються науковою новизною, практичною значущістю та достатнім рівнем апробації. Розроблені модель інформаційної взаємодії, методи оцінювання дизайну статичних і динамічних мобільних інтерфейсів та їх алгоритмічне забезпечення можуть бути використані при проєктуванні та дизайн-аудиті

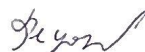
інтерфейсів мобільних додатків, що підтверджує практичну цінність дисертаційної роботи.

Дисертація відповідає вимогам до наукових досліджень на здобуття ступеня доктора філософії, визначеним Постановою Кабінету Міністрів України №44 від 12.01.2022 «Про затвердження Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії».

Вважаю, що дисертаційне дослідження на тему «Методи та засоби оцінювання дизайну інтерфейсу мобільних додатків на основі використання технології відслідковування погляду» відповідає вимогам МОН України, а її автор, Решетняк Валентин Валентинович, заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 123 Комп'ютерна інженерія галузі знань 12 Інформаційні технології.

Рецензент:

доктор технічних наук, професор,
професор кафедри статистики
та прикладної математики
Черкаського державного
технологічного університету



Євген ФЕДОРОВ

Підпис д.т.н., професора Євгена ФЕДОРОВА засвідчую:

Учений секретар

Черкаського державного
технологічного університету

к.т.н., доцент



Ірина МИРОНЕЦЬ