

РЕЦЕНЗІЯ

кандидата технічних наук, доцента

Карапетян Анаїт Радіківни

на дисертацію 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

1. Актуальність теми дисертаційної роботи.

Дисертаційна робота перебуває на перетині мобільних обчислень, поведінкових досліджень людино-машинної взаємодії та методів прийняття рішень на основі даних. Проблема об'єктивного оцінювання якості мобільних інтерфейсів є не лише науковою, а й суто прикладною: на сучасному ринку мобільних додатків якість взаємодії з користувачем стає визначальним чинником конкурентоспроможності продукту. Традиційні методи тестування, такі як опитування, евристичні огляди, А/В-тести, спираються на суб'єктивні судження і не дають змоги точно встановити, у якій саме фазі взаємодії та в якій зоні екрана виникає проблема сприйняття. Технологія відслідковування погляду усуває цю обмеженість, надаючи об'єктивну поведінкову характеристику розподілу візуальної уваги користувача.

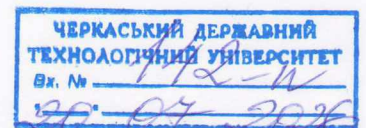
Особливістю наявних рішень для айтрекінг-досліджень є потреба у дорогому стаціонарному обладнанні або відсутність формалізованої процедури аналізу зібраних даних. Спеціалізовані апаратні комплекси забезпечують високу точність, проте є малодоступними для команд продуктової розробки та непридатними для масових польових досліджень, тоді як наявні програмні рішення здебільшого обмежуються збором сирих даних без цілісної методики їх інтерпретації. У цьому контексті розробка методу, що реалізується виключно засобами фронтальної камери смартфона та доповнюється формалізованим правилом прийняття рішень, є актуальним і своєчасним науковим завданням.

Таким чином, тема дисертаційної роботи Решетняка В.В. є актуальною та відповідає сучасним напрямкам розвитку комп'ютерної інженерії та інформаційних технологій.

2. Наукова новизна дисертації.

Наукова новизна дисертації полягає в наступному:

– **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.

3. Практичне значення одержаних результатів.

Практична цінність роботи полягає у наступному:

– 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 поєднанням 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.

4. Структура роботи, оцінка змісту дисертації та її завершеність.

Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Робота містить 19 рисунків і 18 таблиць, список використаних джерел налічує 97 найменувань.

Анотацію подано державною та англійською мовами. У ній відображено актуальність теми, сформульовано науково-технічну задачу та узагальнено основні наукові й прикладні результати дослідження; за змістом анотація повно відповідає суті виконаної роботи.

У вступі обґрунтовано актуальність обраної теми, визначено мету й задачі дослідження, окреслено його об'єкт і предмет, сформульовано наукову новизну та практичне значення отриманих результатів. Вступ вирізняється належним рівнем аргументованості.

Перший розділ присвячений аналітичному огляду сучасного стану апаратних і програмних засобів айтрекінгу. Здобувачем систематизовано наявні апаратні комплекси відслідковування погляду: від систем на основі взаємодії з екраном до мобільних окулярних комплексів і рішень для віртуальної та доповненої реальності, а також розглянуто мобільний і веб-камерний айтрекінг. Проаналізовано чинники, що впливають на якість відслідковування, методи локалізації очей і гейз-трекінгу та алгоритми виявлення фіксацій (I-VT, I-HMM, I-MST, I-AOI, I-DT) з їх порівнянням за обчислювальною складністю та якістю сегментації. За підсумками огляду наявних досліджень мобільного айтрекінгу сформульовано мету й задачі дисертаційної роботи. Розділ свідчить про глибоке опрацювання проблеми.

У другому розділі викладено теоретичне ядро роботи. 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. Наведено два методи оцінювання дизайну мобільних інтерфейсів для статичних і динамічних екранів. Представлено процедуру багатокритеріального оцінювання та

прийняття рішення щодо якості дизайну, що включає критерії оцінювання, визначення вагових коефіцієнтів, нормалізацію показників та обчислення узагальненого показника.

Третій розділ описує програмну реалізацію засобу EyeSense: аналіз вимог, обґрунтування вибору технологій, архітектуру додатка та його 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 містить результати експериментального дослідження розподілу візуальної уваги на трьох типах екранів. Наведено методику експерименту, характеристику вибірки, матеріалів та обладнання, а також отримані результати: загальні патерни розподілу уваги, вікові відмінності, вплив цифрової компетентності та кореляцію об'єктивних і суб'єктивних оцінок. Виконано багатокритеріальне оцінювання якості дизайну досліджених екранів із формуванням експертної групи, визначенням вагових коефіцієнтів і розрахунком комплексного показника якості, за підсумками якого 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 і цілісним науковим дослідженням, у якому послідовно розв'язано поставлену науково-технічну задачу, а одержані результати є обґрунтованими, взаємопов'язаними й мають теоретичну та практичну значущість.

5. Відсутність порушень принципів академічної доброчесності.

Ознак порушень принципів академічної доброчесності не встановлено.

6. Повнота викладення дисертації в опублікованих працях.

Основні результати дисертації відображено в 5 наукових працях, з-поміж яких 3 статті (зокрема 1 – у виданні, що індексується наукометричною базою Scopus, та 2 – у вітчизняних фахових наукових журналах) і 2 публікації у матеріалах та тезах наукових конференцій. Вважаю, що рівень і кількість наукових публікацій здобувача є цілком достатніми.

7. Недоліки та зауваження

Разом із загальним позитивною оцінкою роботи, вважаю за доцільне звернути увагу на такі зауваження:

1. Запропонована в підрозділі 2.3 класифікація типів екранів на п'ять категорій (фінанси, медицина, навігація, e-commerce, текст) є практично зручною, проте критерії, за якими виокремлено саме ці категорії, систематично не наведені, а вичерпність переліку не обґрунтована; формалізація ознак класифікації посилила б теоретичну вагу розділу.
2. У моделі інформаційної взаємодії у підрозділі 2.5 фаза когнітивного інтерпретування, на відміну від трьох інших фаз, не має прямого вимірюваного показника й ідентифікується лише опосередковано (через повторні фіксації та розходження між об'єктивними й суб'єктивними оцінками). Це послаблює формальну повноту моделі й ускладнює однозначну локалізацію дизайн-проблеми саме на цій фазі.
3. Індекс цифрової компетентності (SL), за яким учасників поділено на групи, обчислюється як нормована сума відповідей на короткий опитувальник із п'яти запитань (формула 4.1) із порогом $SL \geq 0,9$ (Таблиця 4.1). Вибір саме цього порогового значення та валідність самого інструмента відносно усталених шкал цифрової грамотності у роботі не обґрунтовано, що ускладнює інтерпретацію виявлених міжгрупових відмінностей.
4. При описі вибірки у пункті 4.2.1 зазначено її різноманітність за національністю, однак географічний розподіл учасників платформи Prolific не наведено. Оскільки стратегії сканування та напрям читання суттєво різняться між культурами, узагальнення результатів на інші аудиторії потребує відповідного застереження або додаткового аналізу за країнами проживання.
5. Процедурі визначення вагових коефіцієнтів критеріїв $K1-K5$ методом аналізу ієрархій викладено коректно, наведено склад експертної групи (п'ять фахівців) та прийнятні значення відношення узгодженості ($CR \leq 0,008$) (Таблиця 4.9). Водночас обсяг експертної групи є відносно невеликим, а критерії добору експертів та їхньої незалежності розкрито стисло; з огляду на те, що DQI є ключовим вихідним показником, доцільно було б навести аналіз чутливості підсумкового значення DQI до варіації вагових коефіцієнтів.
6. Більшість результатів експерименту в підрозділі 4.3 подано у вигляді медіанних значень метрик (Tff , Tfd , Ff); для повноти статистичного обґрунтування доцільно було б навести міри розсіювання (квартилі чи довірчі інтервали) та величину ефекту. Зокрема, висновок про відсутність статистично значущих вікових відмінностей в об'єктивних метриках у пункті 4.3.2 зроблено без зазначення застосованого критерію та оцінювання статистичної потужності, що за невеликих обсягів підгруп підвищує ризик помилки другого роду.

Разом з тим, попри вказані зауваження, дисертація є важливим і завершеним науковим дослідженням та заслуговує на позитивну оцінку.

8. Висновок

Дисертація Решетняка Валентина Валентиновича «Методи та засоби оцінювання дизайну інтерфейсу мобільних додатків на основі використання технології відслідковування погляду» є завершеним науковим дослідженням, у якому розв'язано актуальну науково-технічну задачу підвищення об'єктивності оцінювання якості дизайну інтерфейсу мобільних додатків засобами технології відслідковування погляду, і за актуальністю, науковою новизною, практичною значущістю та рівнем апробації цілком відповідає вимогам до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії, наведеним у Постанові 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».

Автор дисертації – Решетняк Валентин Валентинович – заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 123 Комп'ютерна інженерія галузі знань 12 Інформаційні технології.

Рецензент:

кандидат технічних наук, доцент,
завідувач кафедри статистики
та прикладної математики
Черкаського державного
технологічного університету



Анаїт КАРАПЕТЯН

Підпис к.т.н., доцента Анаїт КАРАПЕТЯН засвідчую:
учений секретар
Черкаського державного
технологічного університету
к.т.н., доцент



Ірина МИРОНЕЦЬ