

ВІДГУК

офіційного опонента

професора кафедри інформаційних технологій проєктування та прикладної математики Київського національного університету будівництва і архітектури,
доктора технічних наук, професора Терейковської Людмили Олексіївни
на дисертаційну роботу Решетняка Валентина Валентиновича

«Методи та засоби оцінювання дизайну інтерфейсу мобільних додатків на основі використання технології відслідковування погляду»

на здобуття ступеня доктора філософії
за спеціальністю 123 Комп'ютерна інженерія
галузі знань 12 Інформаційні технології

1. Ступінь актуальності обраної теми

Проблема об'єктивного оцінювання якості інтерфейсів програмних продуктів та врахування закономірностей зорового сприйняття користувача перебуває у фокусі уваги світової спільноти дослідників людино-машинної взаємодії. Стрімке ускладнення мобільних додатків і підвищення вимог до зручності взаємодії висувують на перший план задачу вимірюваного, відтворюваного оцінювання дизайну інтерфейсу, яку традиційні методи, такі як анкетування, евристичне оцінювання та А/В-експерименти, розв'язують лише частково, спираючись переважно на суб'єктивні судження й не розкриваючи, у якій фазі взаємодії та в межах якої зони екрана виникає проблема сприйняття.

Об'єктивну поведінкову характеристику розподілу візуальної уваги надає технологія відслідковування погляду (айтрекінг), проте її широкому впровадженню тривалий час перешкоджали висока вартість стаціонарного обладнання, вимоги до фіксації положення пристрою та складне калібрування. Досі недостатньо опрацьованим залишається питання проведення айтрекінг-досліджень мобільних інтерфейсів у гранично обмеженому апаратному середовищі, а саме виключно засобами фронтальної камери смартфона. Розроблені в дисертації Решетняка В.В. методи та засоби розв'язують цю актуальну науково-прикладну проблему, забезпечуючи об'єктивне оцінювання якості мобільних інтерфейсів на основі айтрекінгу без застосування спеціалізованого обладнання, що відповідає сучасним напрямкам розвитку комп'ютерної інженерії та інформаційних технологій.

2. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації

Наукові положення, висновки та рекомендації, сформульовані у дисертаційній роботі, є обґрунтованими та підтверджуються результатами теоретичного аналізу, формалізації моделей і експериментальної перевірки. Автором проаналізовано сучасний стан технологій айтрекінгу, виконано класифікацію методів локалізації очей (на основі форми, особливостей форми та

зовнішнього вигляду) і алгоритмів виявлення фіксацій (I-VT, I-DT, I-HMM), на підставі чого коректно сформульовано задачі дослідження.

Достовірність отриманих результатів забезпечується застосуванням обґрунтованого математичного апарату: методів комп'ютерного зору та обробки зображень, кластерного аналізу для виявлення фіксацій, методів статистичного аналізу й теорії ймовірностей для опрацювання експериментальних даних, а також методу аналізу ієрархій для визначення вагомості критеріїв при обчисленні комплексного показника якості дизайну DQI. Узгодженість теоретичних побудов із результатами експерименту, проведеного за участю 55 респондентів, підтверджує достовірність висновків.

Отримані результати є відтворюваними та можуть бути використані у подальших дослідженнях і практичних застосуваннях.

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

Наукова новизна дисертаційної роботи полягає у розробці інформаційної моделі та методів об'єктивного оцінювання дизайну мобільних інтерфейсів на основі технології відслідковування погляду, що підвищує обґрунтованість і відтворюваність оцінок якості дизайну. Отримано такі нові наукові результати:

1. Вперше розроблено модель інформаційної взаємодії користувача з мобільним інтерфейсом в умовах айтрекінг-дослідження, яка формалізує процес взаємодії як чотирифазний цикл із трьома паралельними інформаційними каналами та встановлює відповідність між фазами взаємодії і вимірюваними показниками айтрекінгу, що дозволяє локалізувати дизайн-проблему в конкретній фазі.
2. 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 шестиетапного процесу проведення дослідження дозволяє отримати об'єктивну оцінку дизайну без спеціалізованого обладнання.
3. Вперше розроблено метод оцінювання ефективності дизайну динамічних мобільних екранів, який за рахунок використання часової зони інтересу (T-AOI) та розширеного набору метрик охоплення і залученості дозволяє коректно аналізувати розподіл візуальної уваги в сценаріях з динамічним контентом, де стандартна зона інтересу AOI не забезпечує повної картини взаємодії.

4. Оцінка наукових публікацій здобувача

Проведений аналіз публікаційної активності здобувача засвідчує, що основні результати дисертації повною мірою висвітлено в наукових працях, які відповідають вимогам до опублікування результатів. Зокрема опубліковано 5

наукових праць, з них: 1 наукова стаття у виданні, що індексується наукометричною базою Scopus; 2 наукові статті у фахових виданнях України; 2 публікації у матеріалах і тезах доповідей на міжнародних науково-практичних конференціях. Означені публікації відповідають тематиці дослідження, відображають його основні результати та за кількістю і якістю відповідають вимогам до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії.

5. Відсутність порушення академічної доброчесності

Результати аналізу тексту дисертації, наукових публікацій здобувача та використаних джерел засвідчують відсутність порушень принципів академічної доброчесності з боку автора. Усі запозичені ідеї, концепції та методики супроводжуються коректними посиланнями на джерела. Фактів академічного плагіату, фабрикації чи фальсифікації результатів не виявлено.

6. Структура та зміст дисертаційного дослідження

Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел і додатків. Загальний обсяг роботи становить 172 сторінки. Робота містить 19 рисунків і 18 таблиць, а список використаних джерел налічує 97 найменувань. Матеріал викладено з дотриманням принципів системного підходу, логічної послідовності та коректного використання математичного апарату.

У вступі обґрунтовано актуальність теми, визначено мету, задачі, об'єкт і предмет дослідження, сформульовано наукову новизну та практичне значення отриманих результатів.

Перший розділ є аналітичним підґрунтям роботи: систематизовано апаратні та програмні засоби айтрекінгу, методи локалізації очей (на основі форми, особливостей форми та зовнішнього вигляду) і алгоритми сегментації фіксацій, що дало змогу обґрунтовано окреслити невирішену частину наукової задачі.

У другому розділі, який зосереджує основний теоретичний результат роботи, побудовано модель інформаційної взаємодії користувача з мобільним інтерфейсом у вигляді чотирифазного циклу з трьома інформаційними каналами, запропоновано систему метрик візуальної уваги та класифікацію типів екранів, а також два методи оцінювання дизайну, для статичних і динамічних екранів. Формалізовано процедуру багатокритеріального оцінювання з визначенням вагових коефіцієнтів методом аналізу ієрархій, нормалізацією показників і обчисленням узагальненого показника якості дизайну.

Третій розділ присвячено програмній реалізації запропонованих методів у засобі EyeSense: розкрито аналіз вимог, обґрунтування вибору технологій, архітектуру додатка та алгоритми обробки сигналу погляду (зважене згладжування на основі ЕМА-буфера, виявлення фіксацій за алгоритмом I-DT, побудову теплової карти методом Gaussian KDE та формування маршруту погляду), що забезпечує відтворюваність методу.

Четвертий розділ присвячено експериментальній перевірці на вибірці з 55 учасників і трьох типах екранів (картка товару, екран медичних результатів, навігаційна карта), виконано статистичний аналіз впливу віку та цифрової компетентності, багатокритеріальне оцінювання якості досліджених екранів і сформульовано дизайн-рекомендації.

Висновки узагальнюють отримані теоретичні та прикладні результати відповідно до поставлених задач. Зміст розділів узгоджений, а структура роботи відповідає логіці наукового дослідження.

7. Практична цінність результатів роботи

Практичне значення одержаних результатів полягає у створенні доступного, придатного до практичного застосування інструментарію оцінювання якості мобільних інтерфейсів, який не потребує спеціалізованого апаратного забезпечення та може бути інтегрований у процеси проєктування, юзабіліті-тестування й дизайн-аудиту.

Розроблено алгоритм реалізації методу оцінювання статичних екранів із шести етапів: класифікація екрану та визначення AOI, формування вибірки, калібрування засобу, проведення сесії з поєкранним суб'єктивним оцінюванням, аналіз метрик погляду та формулювання рекомендацій з повторним тестуванням.

Розроблено алгоритм реалізації методу оцінювання динамічних екранів, що доповнює базову процедуру синхронізацією тайм-кодів погляду зі станом інтерфейсу, перерахунком екранних координат у координати повного документа й реєстрацією подій прокрутки та навігаційних переходів.

На основі розроблених методів створено мобільний додаток EyeSense, що засобами штатного смартфона з фронтальною камерою реалізує повний цикл айттрекінг-дослідження: калібрування, запис координат погляду, побудову теплових карт і маршрутів погляду та хмарне завантаження анонімізованих результатів.

Достовірність запропонованих рішень підтверджено експериментальною валідацією методу та програмного засобу за участю 55 осіб, рекрутованих через платформу Prolific, на трьох типових екранах мобільних додатків з аналізом за віковими групами та рівнем цифрової компетентності користувачів. Одержані результати можуть бути використані дизайн-дослідниками, командами розробників мобільних додатків та викладачами дисциплін з проєктування інтерфейсів.

8. Зауваження та рекомендації

Позитивно оцінюючи теоретичну та прикладну значущість дисертаційної роботи Решетняка В.В., вважаю за доцільне висловити такі зауваження та рекомендації:

1. Дані про рух погляду за своєю природою є поведінковою біометричною характеристикою, а теплові карти та маршрути погляду потенційно придатні для повторної ідентифікації особи. У підрозділі 3.7 застосовано анонімізацію (UUID, вік, стать без імені) та відмову від збереження відеопотоку, проте

відсутній аналіз ризику деанонізації за збереженими гейз-траєкторіями та модель загроз для хмарного сховища; для дослідження, що передбачає масовий збір таких даних, це питання потребує окремого опрацювання.

2. Модель інформаційної взаємодії, наведена у підрозділі 2.5, встановлює відповідність між фазами взаємодії та метриками погляду, однак цей зв'язок є неоднозначним: у самій роботі зазначено, що відхилення часу до першої фіксації може бути зумовлене щонайменше трьома різними причинами (елемент не потрапив у зону зору, не був розпізнаний як значущий або не викликав поведінкової реакції). Таким чином одна метрика відповідає кільком фазам, що знижує дискримінантну здатність моделі та ускладнює однозначну локалізацію дизайн-проблеми; доцільно було б увести додаткові розрізняювальні показники або вирішальне правило для розв'язання цієї неоднозначності.
3. Підсистема локалізації очей і визначення погляду використовується без оцінювання її стійкості до варіативності зовнішнього вигляду користувачів (наявності окулярів, анатомічних і вікових особливостей очей, часткового перекриття). Оскільки коректність усіх подальших метрик повністю залежить від надійності цієї підсистеми розпізнавання, доцільно було б навести оцінку її робастності для різних груп учасників.
4. Комплексний показник DQI формується як зважена згортка нормалізованих критеріїв (формули 2.5-2.6), тобто має компенсаційний характер: критично низьке значення за одним критерієм може бути компенсоване високими значеннями за іншими. Для екранів із критичною інформацією (медичних, фінансових) така компенсація небажана, оскільки приховує саме ті зони, невиявлення яких має найтяжчі наслідки; доцільним був би некомпенсаційний (наприклад, лексикографічний або пороговий) контроль для критичних зон інтересу.
5. Запропоновану в підрозділі 2.2 систему метрик візуальної уваги та правило обчислення DQI не співвіднесено з усталеними стандартизованими наборами показників якості дизайну та таксономіями метрик айтрекінгу. Таке зіставлення посилило б відповідність запропонованого інструментарію та полегшило б порівняння його результатів із результатами інших досліджень.
6. Збір даних, наведений у підрозділі 4.2, здійснювався дистанційно через платформу Prolific з використанням штатних камер пристроїв учасників у неконтрольованих умовах. Водночас у роботі не описано процедури контролю якості сесій (перевірки уважності, критеріїв відбраковування недостовірних або неповних записів та механізмів виявлення неналежної поведінки учасників). За дистанційного збору біометричних даних за характером таких даних такий контроль є визначальним для достовірності результатів і потребує формалізації.

Зазначені зауваження мають дискусійний характер, не впливають на основні теоретичні та практичні здобутки дослідження і не знижують загальної високої оцінки дисертаційної роботи.

9. Загальний висновок

Дисертаційна робота Решетняка Валентина Валентиновича «Методи та засоби оцінювання дизайну інтерфейсу мобільних додатків на основі використання технології відслідковування погляду» є завершеним, самостійно виконаним науковим дослідженням, яке вирішує актуальне науково-прикладне завдання підвищення ефективності оцінювання якості мобільних інтерфейсів засобами мобільного айттрекінгу на основі фронтальної камери смартфона.

У роботі отримано науково обґрунтовані результати, що мають теоретичне та практичне значення для галузі комп'ютерної інженерії та інформаційних технологій. За змістом, рівнем наукової новизни, практичною значущістю та обсягом виконаних досліджень дисертаційна робота відповідає вимогам, що висуваються до кваліфікаційних наукових праць на здобуття ступеня доктора філософії, а її автор Решетняк Валентин Валентинович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія».

Офіційний опонент,

доктор технічних наук, професор,
професор кафедри інформаційних технологій
проектування та прикладної математики
Київського національного університету
будівництва і архітектури

Людмила ТЕРЕЙКОВСЬКА

Підпис професора Терейковської Л.О. засвідчую:

Сергей Решетняк
«___» _____ 2026 року



/М.О. Килишенко/