

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

кандидата економічних наук, доцента Бойко Наталії Іванівни
на дисертаційну роботу Решетняка Валентина Валентиновича
**«Методи та засоби оцінювання дизайну інтерфейсу мобільних додатків
на основі використання технології відслідковування погляду»,**
що представлена на здобуття ступеня доктора філософії
з галузі знань 12 «Інформаційні технології»
за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія»

Ступінь актуальності обраної теми

У сучасних умовах стрімкого розвитку мобільних застосунків якість інтерфейсу безпосередньо впливає на ефективність взаємодії користувача з цифровим продуктом. Наявні методи дизайн-тестування переважно спираються на суб'єктивні оцінки і не дають об'єктивної картини розподілу візуальної уваги. Технологія відслідковування погляду усуває цей недолік, однак її практичне застосування для мобільних інтерфейсів стримується вартістю апаратних трекерів та відсутністю готового програмного інструментарію, придатного для польових досліджень.

Розроблення доступного програмного засобу мобільного айтрекінгу на базі фронтальної камери смартфона разом із формалізованою методикою аналізу даних про рух погляду відповідає сучасним напрямкам розвитку інтелектуальних систем обробки візуальної інформації та людино-машинної взаємодії.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації та їх достовірність.

Наукові положення, висновки та рекомендації, сформульовані у дисертаційній роботі, є обґрунтованими та підтверджуються результатами теоретичного аналізу, моделювання й експериментальної перевірки. Автором проведено аналіз сучасних технологій відслідковування погляду, розглянуто апаратні комплекси айтрекінгу, методи локалізації очей на основі форми, особливостей форми та зовнішнього вигляду, а також алгоритми виявлення фіксацій I-VT, I-DT та I-HMM, на підставі чого коректно сформульовано задачі дослідження.

Достатньо переконливим є підхід автора до формування системи метрик оцінювання якості дизайну мобільних інтерфейсів. У роботі враховано час до першої фіксації, тривалість фіксацій та їх кількість, метрики охоплення і залученості для динамічних екранів (глибину, швидкість і кількість зупинок прокрутки), а також суб'єктивні оцінки зручності, зведені в комплексний показник якості дизайну DQI. Такий набір метрик дозволяє оцінювати інтерфейс не лише за об'єктивними характеристиками розподілу візуальної уваги, а й з позиції суб'єктивного сприйняття зручності користувачем.

Обґрунтованість результатів посилюється тим, що запропоновані методи та алгоритмічне забезпечення апробовано у складі реалізованого програмного засобу EyeSense на платформі Flutter/Dart з використанням Eyedid SDK та фронтальної камери смартфона, а також підтверджено результатами експериментального дослідження за участю 55 учасників на трьох типових екранах мобільних додатків. Отримані результати є відтворюваними та можуть бути використані у подальших дослідженнях і практичних застосуваннях.

Новизна наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації

Наукова новизна результатів дисертаційної роботи полягає у розробленні моделі та методів об'єктивного багатокритеріального оцінювання дизайну мобільних інтерфейсів на основі технології відслідковування погляду. Зокрема:

1. Вперше розроблено модель інформаційної взаємодії користувача з мобільним інтерфейсом в умовах айтрекінг-дослідження, яка за рахунок формалізації процесу 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.
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 шестиетапної структурованої послідовності проведення дослідження (від визначення цілей і налаштування середовища до інтерпретації метрик і формування рекомендацій з повторним тестуванням) дозволяє отримати об'єктивну оцінку дизайну без використання спеціалізованого обладнання.

3. 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 та розширеного набору метрик охоплення і залученості (глибина, швидкість і кількість зупинок прокрутки) 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.

Практична цінність результатів роботи.

Практичне значення дисертаційної роботи полягає у створенні доступного інструментарію для оцінювання якості мобільних інтерфейсів. Особлива практична цінність полягає у наступному:

- розроблено шестиетапний алгоритм оцінювання статичних екранів: від класифікації екрану й розмітки AOI і калібрування засобу до сесії з поєкранним суб'єктивним оцінюванням, аналізу метрик погляду та рекомендацій із повторним тестуванням;
- розроблено алгоритм оцінювання динамічних екранів, що додає до базової процедури три операції попередньої обробки: синхронізацію погляду зі станом інтерфейсу, перетворення координат екрану в простір документа та паралельну реєстрацію прокрутки й навігаційних переходів;
- розроблено кросплатформений додаток EyeSense, який на стандартному смартфоні з фронтальною камерою виконує весь айттрекінг-цикл: калібрування, запис погляду, теплові карти й маршрути погляду, хмарне збереження анонімізованих даних;

– експериментально валідовано метод і засіб на вибірці з 55 учасників на трьох типових екранах із порівнянням за віковими групами та рівнем цифрової компетентності.

Наведені у дисертації результати можуть бути використані дизайнерами, командами розробників мобільних додатків та викладачами дисциплін з проєктування інтерфейсів.

Структура та зміст дисертаційного дослідження.

Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків; містить 18 таблиць, 19 рисунків і 97 використаних джерел.

У першому розділі проаналізовано апаратні та програмні засоби айтрекінгу і параметри, що впливають на якість відстеження погляду; розглянуто методи локалізації очей, гейз-трекінгу та алгоритми виявлення фіксацій, за результатами чого обґрунтовано вибір рішення на основі фронтальної камери смартфона та сформульовано задачі дослідження.

Другий розділ містить методичну основу роботи: систему метрик візуальної уваги, класифікацію типів екранів, модель інформаційної взаємодії та два методи оцінювання дизайну: для статичних і динамічних екранів, доповнені формалізованим правилом багатокритеріального прийняття рішення про якість дизайну.

Найбільший практичний інтерес становить третій розділ, у якому детально описано програмну реалізацію засобу EyeSense: архітектуру додатка на Flutter/Dart, взаємодію з апаратною складовою через Eyedid SDK та дворівневий конвеєр обробки сигналу погляду (ЕМА-згладжування, дискретизація, адаптований I-DT, побудова теплових карт за Gaussian KDE і маршрутів погляду), а також процеси калібрування й передавання даних. Розділ демонструє інженерну завершеність розробленого інструмента.

Четвертий розділ присвячено експериментальній перевірці методу та засобу на вибірці з 55 учасників на трьох типах екранів; наведено методику, результати

за віковими групами та рівнем цифрової компетентності, багатокритеріальне оцінювання якості дизайну досліджених екранів і практичні дизайн-рекомендації.

Висновки відповідають поставленим задачам. Структура роботи є логічною, матеріал викладено з достатньою повнотою, а розділи взаємопов'язані та підпорядковані єдиній меті дослідження.

Оцінка наукових публікацій здобувача

Основні наукові результати дисертації викладено у 5 друкованих працях, зокрема у 3 наукових статтях (1 у виданні, що входить до наукометричної бази Scopus, 2 у фахових виданнях України) та у 2 доповідях на науково-практичних конференціях. Результати дослідження апробовано на трьох міжнародних науково-практичних конференціях. Кількість і якість публікацій відповідають вимогам МОН України.

Відсутність порушення академічної доброчесності

Аналіз дисертації Решетняка В.В. свідчить про дотримання автором норм академічної доброчесності. У роботі коректно наведено посилання на використані джерела, відсутні ознаки плагіату чи некоректного запозичення результатів інших дослідників. Особистий внесок здобувача у спільних публікаціях чітко визначено. Фактів академічного плагіату, фабрикації чи фальсифікації результатів під час аналізу роботи не виявлено.

Зауваження та недоліки.

Дисертаційна робота є завершеним дослідженням і містить вагомий науковий результат, проте поряд із цим має ряд зауважень і дискусійних положень, що потребують уточнення або можуть бути враховані при подальшому розвитку дослідження:

- 1) точність відслідковування погляду на основі фронтальної камери смартфона залежить від моделі пристрою та умов зйомки. У роботі не наведено кількісної оцінки точності й кучності у градусах кута зору, а також не виконано критеріальної перевірки паралельного зіставлення з еталонним стаціонарним

трекером на підвибірці учасників, яке підтвердило б, що отримані фронтальною камерою траєкторії відповідають справжньому напрямку погляду;

2) програмний засіб EyeSense призначено для польових ітераційних досліджень, проте в роботі відсутні показники його продуктивності на пристрої: фактична частота обробки кадрів під навантаженням, затримка конвеєра, споживання процесорного ресурсу та вплив на заряд і тепловий режим смартфона. Ці характеристики є визначальними для практичної придатності інструмента у тривалих сесіях;

3) у пункті 3.5.3 для виявлення фіксацій застосовано алгоритм I-DT з фіксованими порогами; не розглянуто можливості застосування методів машинного та глибокого навчання для класифікації фіксацій і саккад, що могло б підвищити якість обробки в мобільних умовах із підвищеним рівнем шуму, характерним для зйомки штатною камерою;

4) у підрозділі 3.2 реалізація заявлена як кросплатформна (iOS та Android), однак точність метрик не протестовано окремо для різних класів пристроїв (бюджетні камери проти флагманських). Без такого крос-девайс бенчмаркінгу узагальнюваність кількісних результатів на парк пристроїв учасників залишається непідтвердженою;

5) для програмного засобу EyeSense та зібраного набору даних не зазначено умов відкритого доступу (репозиторій вихідного коду, модель калібрування, анонімізований датасет). Для інструмента, позиціонованого для дослідницької спільноти, наявність пакета відтворюваності суттєво посилила б можливості незалежної перевірки та повторного використання результатів;

6) практичні дизайн-рекомендації у підрозділі 4.5 сформульовано переконливо, однак доцільно було б навести приклад повторного тестування за схемою «до/після» для кількісного підтвердження ефективності внесених за рекомендаціями змін.

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

Висновки.

Дисертаційна робота Решетняка Валентина Валентиновича «Методи та засоби оцінювання дизайну інтерфейсу мобільних додатків на основі використання технології відслідковування погляду» є завершеною науковою працею, у якій розв'язано актуальну науково-прикладну задачу підвищення ефективності оцінювання якості дизайну мобільних інтерфейсів засобами мобільного айттрекінгу на основі фронтальної камери смартфона.

Отримані результати мають наукову новизну, практичну значущість та достатній рівень апробації. Дисертація відповідає вимогам до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії, встановленим Порядком присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії, затвердженим постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44. Автор роботи, Решетняк Валентин Валентинович, заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 123 Комп'ютерна інженерія.

Офіційний опонент:

доцент кафедри
систем штучного інтелекту
Національного університету
«Львівська політехніка»

Наталія БОЙКО

Підпис доцента Бойко Н.І. засвідчую:

Горек
«15» липня 2026 року
Валентин Решетняк

