

ВИСНОВОК

про наукову новизну, теоретичне та практичне

значення результатів дисертації

РЕШЕТНЯКА ВАЛЕНТИНА ВАЛЕНТИНОВИЧА

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

для здобуття ступеня доктора філософії

за спеціальністю 123 – Комп'ютерна інженерія

Публічна презентація наукових результатів дисертації Решетняка Валентина Валентиновича відбулася на засіданні кафедри інформаційної безпеки та комп'ютерної інженерії (далі – ІБКІ) Черкаського державного технологічного університету (далі – ЧДТУ) 04 червня 2026 року, протокол № 20.

ПРИСУТНІ:

Лавданський А.О., завідувач кафедри ІБКІ, к.т.н., доцент;

Бабенко В.Г., професор кафедри ІБКІ, д.т.н., професор;

Базіло К.В., професор кафедри приладобудування, мехатроніки та комп'ютеризованих технологій, д.т.н., професор;

Бондар В.В., асистент кафедри ІБКІ;

Гресько С.О., ст. викладач кафедри ІБКІ;

Карапетян А.Р., завідувач кафедри статистики та прикладної математики, к.т.н., доцент;

Коробейник Ю.О., асистент кафедри ІБКІ;

Миронець І.В., доцент кафедри ІБКІ, к.т.н., доцент;

Миронюк Т.В., доцент кафедри ІБКІ, к.т.н., доцент;

Нечипоренко О.В., доцент кафедри ІБКІ, к.т.н., доцент;

Розломій І.В., доцент кафедри ІБКІ, к.т.н., доцент;

Скуцький А.Б., ст. викладач кафедри ІБКІ, доктор філософії;

Тазетдінов В.А., доцент кафедри ІБКІ, к.т.н., доцент;

Фауре Е.В., професор кафедри ІБКІ, д.т.н., професор;

Федоров Є.Є., професор кафедри статистики та прикладної математики, д.т.н., професор;

Чепинога А.В., доцент кафедри ІБКІ, к.т.н., доцент;

Решетняк В.В., здобувач ступеня доктора філософії за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія» 4-го року навчання.

Тему дисертації «Методи та засоби оцінювання дизайну інтерфейсу мобільних додатків на основі використання технології відслідковування погляду» затверджено на засіданні вченої ради факультету інформаційних технологій і систем 24 листопада 2022 року (протокол № 4). Науковий керівник: д.т.н., професор Фауре Еміль Віталійович – призначений наказом Черкаського державного технологічного університету від 26 вересня 2022 року № 250/04.

1. Актуальність теми дослідження.

Актуальність дисертаційного дослідження Решетняка Валентина Валентиновича зумовлена стрімким зростанням кількості мобільних додатків та користувачів смартфонів, що висуває підвищені вимоги до якості інтерфейсів і зумовлює потребу в об'єктивних інструментах їх оцінювання. Згідно з актуальними звітами, у 2025 році у світі було завантажено приблизно 149 мільярдів нових мобільних додатків. У таких умовах якість інтерфейсу стає визначальним чинником, що впливає на зручність використання, задоволеність користувачів, результативність виконання цільових дій і комерційний успіх продукту.

Традиційні методи оцінювання дизайну інтерфейсів, такі як опитування, інтерв'ю, спостереження та експертна оцінка, мають переважно суб'єктивний характер: вони фіксують сприйняття після взаємодії, а не сам процес такої взаємодії, а учасники можуть свідомо коригувати поведінку відповідно до очікуваної відповіді. Технологія відслідковування погляду (eye-tracking) усуває це обмеження, реєструючи мимовільні рухи очей у режимі реального часу незалежно від суб'єктивних уподобань учасника.

Водночас застосування технології в дослідженнях мобільних інтерфейсів залишається обмеженим через кілька чинників: висока вартість спеціалізованого обладнання, необхідність фіксації положення пристрою, складність калібрування та обмежена мобільність учасників. Також відсутня цілісна формалізована методика оцінювання, адаптована до різних типів мобільних екранів. Жодне з наявних рішень не поєднує мобільну платформу на базі стандартної фронтальної камери з формалізованою методикою аналізу.

Таким чином, необхідність розробки методів та програмного засобу для об'єктивного оцінювання зручності мобільних інтерфейсів на основі айтрекінгу з використанням вбудованих камер смартфонів, що дозволить підвищити ефективність процесу проектування та вдосконалення мобільних додатків без потреби у дорогому спеціалізованому обладнанні, обумовлює актуальність теми дисертаційного дослідження «Методи та засоби оцінювання дизайну

інтерфейсу мобільних додатків на основі використання технології відслідковування погляду».

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження, результати яких представлено в дисертаційній роботі, відповідають пріоритетному напрямку розвитку науки і техніки України «Інформаційні та комунікаційні технології».

Метою дисертаційної роботи є підвищення ефективності оцінювання зручності користування мобільними інтерфейсами за рахунок переходу від суб'єктивних експертних оцінок до об'єктивних кількісних показників візуальної уваги, отримуваних без використання спеціалізованого обладнання, шляхом розробки методів, алгоритмічного забезпечення та програмного засобу мобільного айтрекінгу на основі технологій комп'ютерного зору, що реалізують принципи людино-машинної взаємодії без використання спеціалізованого обладнання.

Досягнення означеної мети передбачає виконання наступних завдань:

- провести аналіз існуючих апаратних комплексів, програмних засобів та методів айтрекінгу, визначити їх обмеження при застосуванні для дослідження мобільних інтерфейсів та сформулювати вимоги до методу оцінювання;
- розробити модель інформаційної взаємодії користувача з мобільним інтерфейсом в умовах айтрекінг-дослідження, яка формалізує відповідність між фазами взаємодії та вимірюваними показниками погляду;
- розробити метод оцінювання дизайну мобільних інтерфейсів на основі айтрекінгу для статичних екранів, що використовує набір метрик візуальної уваги, класифікацію типів екранів та покроковий процес проведення дослідження;
- розробити метод оцінювання дизайну мобільних інтерфейсів на основі айтрекінгу для динамічних екранів, що використовує розширений набір метрик охоплення та залученості;
- розробити програмний засіб для проведення мобільних айтрекінг-досліджень на основі фронтальної камери смартфона, що реалізує запропонований метод та забезпечує збір, обробку та візуалізацію даних про рух погляду;
- провести експериментальну валідацію розробленого методу та програмного засобу шляхом дослідження розподілу візуальної уваги на типових екранах мобільних додатків з урахуванням вікових та

когнітивних характеристик користувачів.

Для вирішення поставлених завдань використано: аналітичний метод – для аналізу сучасного стану апаратних комплексів, програмних засобів та методів айтрекінгу, виявлення їх обмежень при застосуванні для дослідження мобільних інтерфейсів та обґрунтування доцільності використання фронтальної камери смартфона як єдиного апаратного сенсора; методи комп'ютерного зору та обробки зображень – для локалізації очей і визначення напрямку погляду в режимі реального часу; методи кластерного аналізу – для виявлення фіксацій з безперервного потоку точок погляду на основі алгоритму I-DT з порогом розсіювання та мінімальною тривалістю; методи статистичного аналізу та теорії ймовірностей – для обробки експериментальних даних, оцінювання міжгрупових відмінностей та побудови теплових карт на основі ядерного оцінювання густини; метод аналізу ієрархій (для визначення вагомості критеріїв та обчислення комплексного показника якості дизайну DQI); методи дизайн-досліджень та юзабіліті-тестування – для планування та проведення айтрекінг-експерименту, формування системи метрик візуальної уваги та класифікації типів екранів

Об'єктом дослідження є процеси взаємодії користувачів з інтерфейсами мобільних додатків.

Предметом дослідження є методи та програмні засоби оцінювання юзабіліті мобільних інтерфейсів з використанням технології айтрекінгу на основі фронтальних камер смартфонів.

2. Формулювання наукового завдання, нове розв'язання якого отримано в дисертації.

У дисертаційній роботі вирішено науково-технічне завдання підвищення ефективності оцінювання зручності використання мобільних інтерфейсів шляхом розробки методів та програмного засобу мобільного айтрекінгу на основі фронтальної камери смартфона, що дозволяє перейти від суб'єктивних методів оцінювання до об'єктивних кількісних показників візуальної уваги без використання спеціалізованого обладнання.

3. Наукові положення, розроблені особисто дисертантом, їхня новизна.

Дисертаційне дослідження містить у собі наступні наукові положення, розроблені особисто дисертантом:

– *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.

4. Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій, які захищаються.

Наукові положення, висновки та рекомендації дисертаційної роботи Решетняка Валентина Валентиновича є достатньо обґрунтованими та достовірними. Їх обґрунтованість забезпечується логічною побудовою дослідження: послідовним переходом від аналізу існуючих апаратних комплексів, програмних засобів та методів айтрекінгу до розробки методів оцінювання статичних і динамічних мобільних інтерфейсів, їх алгоритмічного забезпечення, реалізації програмного засобу EyeSense та перевірки результатів в експериментальному дослідженні.

Теоретична достовірність результатів підтверджується використанням строгого наукового апарату комп'ютерного зору, статистичного аналізу, теорії

ймовірностей та методів кластерного аналізу. У роботі обґрунтовано використання фронтальної камери смартфона як єдиного апаратного сенсора, реалізовано дворівневий конвеєр обробки сигналу погляду (ЕМА-буфер і модифікований алгоритм I-DT), запропоновано поняття часової зони інтересу (Т-АОІ) та описано умови застосування кожного з методів.

Практична достовірність результатів підтверджується проведенням експериментального дослідження з 55 учасниками, рекрутованими через платформу Prolific, що забезпечило географічно та демографічно різноманітну вибірку. Кількість учасників перевищує мінімальний поріг, обґрунтований у методологічній літературі з айтрекінгу. Дослідження проводилося в природних умовах, де учасники тримали власні пристрої на звичній відстані перегляду, що підтверджує екологічну валідність методу.

Додатковим підтвердженням достовірності та апробації результатів є їх оприлюднення в наукових публікаціях, зокрема у виданнях, що індексуються в Scopus, а також обговорення на міжнародних науково-практичних конференціях. Отже, наукові положення, висновки та рекомендації дисертації логічно випливають із поставлених завдань і підтверджуються теоретичним обґрунтуванням, алгоритмічною реалізацією, обчислювальним експериментом та апробацією результатів.

5. Рівень теоретичної підготовки здобувача, його особистий внесок у розв'язання конкретного наукового завдання. Рівень обізнаності здобувача з результатами наукових досліджень інших учених.

Дисертант продемонстрував належний рівень теоретичної підготовки у галузі комп'ютерної інженерії, технологій відслідковування погляду, методів юзабіліті-тестування, статистичного аналізу даних, мобільної розробки та людино-комп'ютерної взаємодії. Глибоке опанування автором сучасних методів айтрекінгу, алгоритмів виявлення фіксацій (I-DT, I-VT, I-NMM), підходів до побудови теплових карт і маршрутів погляду, а також технологій Flutter/Dart та хмарного зберігання даних.

Особистий внесок здобувача полягає в розробці та теоретичному обґрунтуванні методів оцінювання статичних і динамічних мобільних інтерфейсів, побудові моделі інформаційної взаємодії, проектуванні та реалізації програмного засобу EyeSense, проведенні експериментального дослідження, обробці та інтерпретації отриманих результатів.

Результати дисертації підтверджують достатню обізнаність здобувача із сучасними науковими дослідженнями щодо технологій айтрекінгу, когнітивних наук, оцінювання дизайну мобільних додатків та методів дизайн-досліджень. Це свідчить про здатність автора самостійно формулювати наукові задачі,

обирати адекватні методи їх розв'язання та доводити практичну придатність отриманих результатів.

6. Наукове та практичне значення роботи.

Наукове значення дисертаційної роботи полягає в розвитку методологічного апарату для оцінювання зручності мобільних інтерфейсів засобами технології відслідковування погляду. 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 (Т-АОІ) 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 Т-АОІ 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, – що дозволяє коректно аналізувати розподіл візуальної уваги в сценаріях з динамічним контентом, де стандартна АОІ, прив'язана до статичних координат екрану, не забезпечує повної картини взаємодії.

Практичне значення отриманих результатів полягає у створенні доступного інструментарію для оцінювання якості мобільних інтерфейсів без використання спеціалізованого обладнання. Розроблений кросплатформений

мобільний додаток EyeSense (iOS та Android) реалізує повний цикл айтрекінг-дослідження: п'ятиточкове калібрування, запис і згладжування координат погляду через ЕМА-буфер, виявлення фіксацій алгоритмом I-DT, побудову теплових карт і маршрутів погляду, хмарне завантаження анонімізованих результатів. Завдяки функції очищення профілю між сесіями забезпечується можливість масштабних польових досліджень на одному пристрої.

Формалізовано правило прийняття рішення про якість дизайну мобільних інтерфейсів, що зводить різні показники візуальної уваги до спільної шкали, зважає їх за визначеними експертним шляхом коефіцієнтами й узагальнює в комплексний показник якості дизайну DQI. Апробація на експериментальних даних показала узгодженість показника з якісними висновками дослідження.

Результати роботи можуть бути застосовані дослідниками та командами розробників мобільних додатків для об'єктивного оцінювання юзабіліті інтерфейсів на всіх етапах ітераційного тестування; в академічному середовищі в межах дисциплін з проектування інтерфейсів, дизайн-досліджень та аналізу взаємодії людини й комп'ютера; а також як методологічна основа для подальших досліджень когнітивного навантаження різних вікових груп і груп з різним рівнем цифрової компетентності при взаємодії з мобільними інтерфейсами.

7. Використання результатів роботи.

Результати дисертаційної роботи можуть бути використані командами розробників мобільних додатків як доступна альтернатива лабораторному айтрекінгу на етапах ітераційного тестування, дослідниками для отримання об'єктивних кількісних показників розподілу візуальної уваги, а також в академічному середовищі в межах дисциплін з дизайну інтерфейсів, дизайн-досліджень та аналізу взаємодії людини й комп'ютера. Додаток EyeSense надає можливість самостійно пройти повний цикл дослідження: від збору даних погляду до інтерпретації метрик і формулювання рекомендацій.

8. Повнота викладу матеріалів дисертації.

За матеріалами дисертаційного дослідження опубліковано 5 наукових праць, у тому числі 3 наукові статті, з яких 1 входить до бази даних Scopus, 2 – у вітчизняних фахових наукових журналах, а також 2 матеріали і тези доповідей на конференціях..

Повний перелік наукових публікацій:

[1] Reshetniak V., Faure E. Eye-tracking as a tool for researching user behavior. *Computer-integrated technologies: education, science, production*. 2024. № 55. С. 181–190. URL: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2024-55-23>.

- [2] Reshetniak V., Faure E. Eye-Tracking in mobile applications: design optimization and user behavior analysis. *Sensors, devices and systems* / ред.: С. Bazilo та ін. Cham, 2026. С. 374–383. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-032-18415-3_38. (Scopus)
- [3] Решетняк В., Фауре Е. Мобільний айтрекінг як інструмент виявлення відмінностей у розподілі візуальної уваги: роль віку та цифрової компетентності. *Measuring and computing devices in technological processes*. 2026. Т. 1. С. 419–429. URL: <https://doi.org/10.31891/2219-9365-2026-85-51>.
- [4] Решетняк В. Сучасні технології та пристрої відслідковування погляду. *Збірник тез доповідей Міжнар. наук.-практич. конфер. «Інновації та перспективні шляхи розвитку інформаційних технологій»*. Черкаси, 2022. URL: <https://er.chdtu.edu.ua/handle/ChSTU/4353>.
- [5] Решетняк В., Фауре Е. Візуалізація результатів досліджень з відслідковування погляду. *Матеріали VII Міжнародної науково-практичної конференції “Інформаційна безпека та комп’ютерні технології” до 30-ти річчя кафедри кібербезпеки та програмного забезпечення: тези доповідей*. Кропивницький, 2023. URL: <https://kntu.kr.ua/file/content/7710/zbirnyk-tez-kb2023.pdf>.

У роботах, опублікованих у співавторстві, автором: [1], [4] – проведено аналіз існуючих технологій і методів відслідковування погляду, систематизовано підходи до їх застосування в дослідженнях користувацької поведінки та обґрунтовано перспективність мобільного айтрекінгу на основі фронтальної камери для оцінювання мобільних інтерфейсів; [2] – розроблено метод оцінювання дизайну статичних мобільних інтерфейсів на основі айтрекінгу; [3] – спроектовано та реалізовано програмний засіб EyeSense, описано алгоритмічне забезпечення дворівневого конвеєра обробки сигналу погляду, проведено експериментальне дослідження розподілу візуальної уваги на типових екранах мобільних додатків, здійснено обробку та статистичний аналіз отриманих даних, виявлено закономірності впливу віку та рівня цифрової компетентності на стратегії взаємодії з інтерфейсом; [5] – розроблено та описано методи побудови теплових карт і маршрутів погляду для візуалізації результатів айтрекінг-досліджень.

Результати аналізу роботи, в тому числі за допомогою перевірки тексту дисертації з використанням системи Turnitin на пошук та аналіз текстових збігів, свідчать про відповідність дисертації принципам академічної доброчесності.

9. Апробація матеріалів дисертації відбувалась на наступних міжнародних наукових конференціях: Міжнародній науково-практичній конференції «Інновації та перспективні шляхи розвитку інформаційних

технологій» (м. Черкаси, 9 грудня 2022 р.); VII Міжнародній науково-практичній конференції «Інформаційна безпека та комп'ютерні технології». (м. Кропивницький, 1 листопада 2023 р.); 12th International Scientific & Technical Conference "Sensors, Devices and Systems – 2025" (м. Черкаси, 18-19 вересня 2025 р.).

10. Оцінка мови та стилю дисертації.

Дисертацію написано з дотриманням норм і правил граматики, а стиль викладу в ній матеріалів досліджень, наукових положень, висновків і рекомендацій забезпечує легкість і доступність їх сприйняття.

Дисертація повною мірою відповідає пунктам 6-8 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради про присудження ступеня доктора філософії в Черкаському державному технологічному університеті». Робота містить нові науково обґрунтовані результати проведених здобувачем досліджень, які виконують конкретне наукове завдання, що має істотне значення для галузі знань 12 Інформаційні технології.

Дисертацію виконано державною мовою та відповідно до наявних вимог щодо оформлення.

11. Відповідність змісту дисертації стандарту вищої освіти.

Зміст дисертації відповідає стандарту вищої освіти зі спеціальності 123 Комп'ютерна інженерія галузі знань 12 Інформаційні технології для третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти, зокрема за об'єктами вивчення та діяльності: методи та технології людино-машинної взаємодії та кооперації; інформаційні процеси, технології, методи, способи, інструментальні засоби та системи для дослідження, проектування, налагодження, виробництва й експлуатації комп'ютерів та комп'ютерних систем і мереж, кіберфізичних систем, Інтернету речей, ІТ-інфраструктур, розроблення, верифікації та розгортання програмного забезпечення та систем у хмарних та інших середовищах, а також процедури та засоби підтримки та керування життєвим циклом, забезпечення якості, надійності та безпеки. Зміст дисертації відповідає освітньо-науковій програмі «Комп'ютерні системи та мережі».

12. Рекомендація дисертації до захисту.

Враховуючи рівень наукових досліджень, актуальність теми роботи та наукову новизну отриманих результатів, учасники фахового семінару кафедри інформаційної безпеки та комп'ютерної інженерії одногосно ухвалили рішення затвердити висновок про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації Решетняка Валентина Валентиновича на тему: «Методи та засоби оцінювання дизайну інтерфейсу мобільних додатків на основі використання технології відслідковування погляду» для здобуття

ступеня доктора філософії за спеціальністю 123 Комп'ютерна інженерія галузі знань 12 Інформаційні технології та рекомендувати до захисту в разовій спеціалізованій вченій раді Черкаського державного технологічного університету для здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 123 Комп'ютерна інженерія.

У голосуванні брали участь 16 осіб. Результати голосування:

«ЗА» – 16,

«ПРОТИ» – немає,

УТРИМАЛИСЬ – немає.

Головуючий:

завідувач кафедри інформаційної безпеки

та комп'ютерної інженерії,

к.т.н, доцент



Артем ЛАВДАНСЬКИЙ