

# МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЧАСУ ПРОСТОРОВОЇ ВЗАЄМОДІЇ КОРИСТУВАЧА З ЕЛЕМЕНТАМИ МОБІЛЬНИХ ВЕБ-ІНТЕРФЕЙСІВ

Вінницький національний технічний університет

## *Анотація*

У роботі досліджено проблему оптимізації мобільних веб-інтерфейсів з точки зору просторової ергономіки. На основі формулювання Шеннона для закону Фіттса проведено математичний аналіз часу досягнення цільових елементів управління (навігаційних панелей) при сенсорному введенні. Доведено кількісну перевагу патерну нижньої навігації над традиційним верхнім меню за критерієм мінімізації індексу складності моторної дії.

**Ключові слова:** людино-машинна взаємодія, закон Фіттса, індекс складності, мобільний інтерфейс, сенсорне введення, UX-дизайн.

## *Abstract*

The paper investigates the problem of optimizing mobile web interfaces from the perspective of spatial ergonomics. Based on the Shannon formulation of Fitts's law, a mathematical analysis of the target acquisition time for navigation controls during touch input is conducted. The quantitative superiority of the Bottom Navigation pattern over the traditional top menu is proven based on the criterion of minimizing the motor action's index of difficulty.

**Keywords:** human-computer interaction, Fitts's law, index of difficulty, mobile interface, touch input, UX design.

## **Вступ**

Перехід більшості користувачів на мобільні платформи вимагає перегляду класичних парадигм проектування графічних інтерфейсів (GUI). У мобільних веб-додатках основним інструментом взаємодії є великий палець руки, що накладає жорсткі біомеханічні обмеження на зону комфортного досягнення (Thumb Zone) [1]. Проте багато сучасних веб-ресурсів продовжують використовувати адаптивні патерни десктопного дизайну, зокрема розміщення головного навігаційного меню у верхній частині екрана. Суб'єктивні оцінки юзабіліті не дають точної картини ефективності таких рішень, що актуалізує потребу в застосуванні строгих математичних моделей для розрахунку часу взаємодії.

Метою роботи є кількісна оцінка ефективності розташування навігаційних елементів у мобільних інтерфейсах на основі математичного апарату закону Фіттса.

## **Результати дослідження**

### **Математична модель просторової взаємодії**

Закон Фіттса – це емпірична модель людино-машинної взаємодії, яка прогнозує час, необхідний для швидкого переміщення вказівника (або пальця) до цільової області [2]. У сучасній комп'ютерній інженерії найчастіше використовується модифікація закону, запропонована Скоттом Маккензі (формулювання Шеннона), яка уникає від'ємних значень логарифма [3]:

$$ID = \log_2 \left( \frac{D}{W} + 1 \right) \quad (1)$$

де  $ID$  (Index of Difficulty) — індекс складності завдання (вимірюється в бітах),  $D$  (Distance) – відстань від початкової точки (центру зони відпочинку пальця) до центру цілі,  $W$  (Width) – ширина цілі вздовж осі руху.

Середній час виконання моторної дії  $T$  обчислюється як лінійна функція від індексу складності:

$$T = a + b \cdot ID \quad (2)$$

де константи  $a$  та  $b$  визначаються емпірично для конкретного пристрою введення (для сучасних сенсорних екранів  $b \approx 120$  мс/біт). З наведених рівнянь випливає, що для мінімізації часу взаємодії інтерфейс повинен забезпечувати мінімальну відстань  $D$  та максимальний розмір  $W$  для найбільш критичних елементів управління.

### Результати дослідження та обговорення

Для проведення розрахунків було змодельовано типовий екран смартфона з діагоналлю 6.1 дюйма (відношення сторін 19.5:9). Аналізувалися два популярні патерни навігації: класичне верхнє меню та нижня навігаційна панель. Точкою відліку  $D_0$  було обрано нижній правий кут екрана – природну зону спокою великого пальця при утриманні пристрою однією рукою. Отримані розрахункові значення індексу складності моторної дії ( $ID$ ) для обох варіантів інтерфейсу візуалізовано на рис. 1.

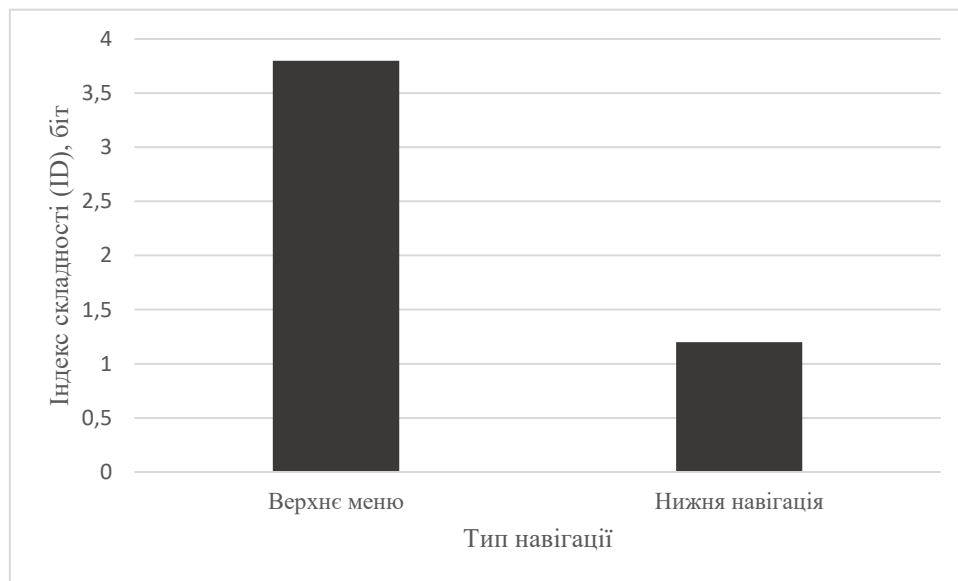


Рис. 1. Порівняння індексу складності ( $ID$ ) досягнення цільових кнопок для різних патернів мобільної навігації.

Розрахунки показали (рис. 1), що для верхнього меню відстань  $D$  наближається до максимальної діагоналі екрана, що призводить до стрімкого зростання індексу складності ( $ID > 3.5$  біт). Це змушує користувача змінювати хват пристрою або підключати другу руку, перериваючи плавний потік взаємодії (flow).

Натомість перенесення ключових елементів навігації у нижню частину екрана радикально зменшує параметр  $D$  у логарифмічній функції. Значення індексу складності для нижньої панелі падає до  $ID \approx 1.2$  біт. Згідно з лінійною функцією Фіттса, це скорочує теоретичний час доступу до меню майже втричі, а також повністю виключає фізичний дискомфорт під час сенсорного введення.

### Висновки

Застосування математичного апарату закону Фіттса до аналізу мобільних веб-інтерфейсів доводить неефективність прямого перенесення десктопних патернів навігації на сенсорні екрани. Розрахунок індексу складності ( $ID$ ) підтверджує, що архітектура з нижнім розташуванням панелей є математично обґрунтованим рішенням, яке мінімізує час просторової взаємодії та суттєво підвищує ергономіку додатка. Використання подібних кількісних метрик дозволяє розробникам приймати об'єктивні архітектурні рішення на етапі прототипування, не покладаючись виключно на емпіричні А/В тестування.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Clark J. Designing for Touch. A Book Apart, 2015. 135 p.
2. Fitts P. M. The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement. *Journal of Experimental Psychology*. 1954. Vol. 47, No. 6. P. 381-391.

3. MacKenzie I. S. Human-Computer Interaction: An Empirical Research Perspective. Morgan Kaufmann, 2013. 370 p.

**Підпригора Світлана Юрївна** – студентка групи ЗПІ-25б, факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: sveta26pipodo@gmail.com .

Науковий керівник: **Майданюк Володимир Павлович** – к.т.н., доцент кафедри програмного забезпечення, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: maidaniuk2000@gmail.com.

**Svitlana Y. Pidopryhora** – Faculty of Information Technologies and Computer Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: sveta26pipodo@gmail.com.

Supervisor: **Volodymyr P. Maidaniuk** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Software Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.