

УДК 7.05:004.51:364-7

DOI <https://doi.org/10.32782/uad.2025.1.6>**Грушовський Тарас Ігорович,**

аспірант

Київської державної академії декоративно-прикладного
мистецтва і дизайну імені Михайла Бойчука

ORCID ID: 0009-0003-9587-2951

grushovskiytaras@gmail.com

БЕЗКОТАКТНИЙ ЖЕСТОВИЙ ІНТЕРФЕЙС ЯК СПОСІБ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДОСТУПНОСТІ КІОСКІВ САМООБСЛУГОВУВАННЯ ДЛЯ КОРИСТУВАЧІВ КРІСЕЛ КОЛІСНИХ

Метою статті є дослідження потенціалу безконтактного жестового інтерфейсу як ефективного засобу забезпечення інклюзивного цифрового середовища для людей, які користуються кріслами колісними. Основна увага приділяється аналізу можливостей впровадження жестових інтерфейсів у публічних інтерактивних кіосках самообслуговування, їхньому впливу на доступність технологій, користувацький досвід та адаптацію таких систем відповідно до потреб людей з порушеннями опорно-рухового апарату. Розглянуто поняття **інклюзивності** як фундаментального принципу створення доступних технологій. Розглянуто концепцію інклюзивного дизайну, яка передбачає розробку продуктів та середовищ, що можуть використовуватися максимально широким колом людей незалежно від їхніх фізичних обмежень. Визначено ключові аспекти адаптації кіосків самообслуговування з урахуванням потреб людей з порушеннями опорно-рухового апарату. Розглянуто проблеми, що виникають у користувачів з обмеженою рухливістю під час взаємодії з кіосками самообслуговування. Проведено аналіз існуючих рішень у сфері розпізнавання жестів. Проаналізовано їхній потенціал для створення інклюзивного інтерфейсу. У межах дослідження було **розроблено два прототипи** безконтактних жестових інтерфейсів, що застосовують різні підходи до жестового керування, та проаналізовано зручність використання та сприйняття інтерфейсу. Дослідження також включає розробку рекомендацій для створення жестових інтерфейсів. Запропоновані результати можуть бути застосовані для вдосконалення технологій взаємодії в цифрових кіосках самообслуговування, що сприятиме підвищенню їхньої доступності та забезпеченню комфортної роботи для всіх категорій користувачів.

Ключові слова: інклюзивний дизайн, безконтактний жестовий інтерфейс, доступність інтерактивних дисплеїв, розпізнавання жестів, публічні інтерактивні кіоски самообслуговування.

Hrushovskyi Taras. A CONTACTLESS GESTURE INTERFACE AS A WAY TO PROVIDE ACCESSIBILITY TO SELF-SERVICE KIOSKS FOR WHEELCHAIR USERS

The aim of this article is to explore the potential of contactless gesture interfaces as an effective means of ensuring an inclusive digital environment for wheelchair users. The main focus is on analyzing the possibilities of implementing gesture interfaces in public interactive self-service kiosks, their impact on technology accessibility, user experience, and the adaptation of such systems to the needs of individuals with physical disabilities. The concept of inclusivity is examined as a fundamental principle in the development of accessible technologies. The article also discusses the concept of inclusive design, which involves creating products and environments that can be used by the widest possible range of people, regardless of their physical or cognitive limitations. Key aspects of adapting self-service kiosks to the needs of people with disabilities are identified. The study examines the challenges faced by users with limited mobility when interacting with self-service kiosks and analyzes existing solutions in gesture recognition technology. Their potential for developing an inclusive interface is evaluated. As part of the research, two prototypes of contactless gesture interfaces were developed, utilizing different approaches to gesture control. The usability and user perception of these interfaces were analyzed. The study also includes the development of recommendations for creating gesture-based interfaces. The proposed results can be used to improve interaction technologies in digital self-service kiosks, contributing to their enhanced accessibility and ensuring a comfortable experience for all user categories.

Key words: inclusive design, contactless gesture interface, accessibility of interactive displays, gesture recognition, public interactive self-service kiosks.

Вступ. В Україні інтерактивні дисплеї набувають все більшої популярності та активно впроваджуються для покращення користувацького досвіду, зокрема у вигляді кас самообслуговування в магазинах. Значну частину цього ринку становлять сенсорні дисплеї, які забезпечують просту й безпосередню взаємодію. Однак взаємодія через дотик потребує складної візуально-моторної координації руки, зап'ястя, кисті та пальців. Для людей із порушеннями моторики верхньої частини тіла введення через дотик створює безліч проблем доступності. Для людей, які користуються кріслами колісними верхні частини екрана залишаються недосяжними (рис. 1). Дизайнери та розробники часто базуються на власних можливостях, тих, які вони уявляють у інших людей, або на можливостях «середнього користувача» [2], тоді як користувач крісла колісного має специфічні обмеження рухливості. У науковій літературі тема взаємодії користувачів із порушеннями рухової функції з публічними дисплеями висвітлена недостатньо, що перешкоджає інноваціям у напрямку покращення доступності публічних дисплеїв для користувачів із різними моторними здібностями.

Застосування жестових інтерфейсів в інтерактивних панелях залишається недостатньо вивченим. Ця стаття аналізує можливості використання жестових інтерфейсів у цифрових середовищах, досліджує їхній

вплив на користувацький досвід, пропонує нові підходи до створення інтерфейсів для людей, що користуються кріслами колісними, нові жестові рішення та рекомендації щодо розробки інтерфейсу, що керується безконтактними жестами. Було висвітлено використання технологій розпізнавання жестів, таких як вебкамери та машинне навчання.

Проаналізовані дослідження свідчать, що будь-який тип інвалідності може впливати на спосіб використання людьми інтерактивних кіосків. Для даного дослідження було обрано групу осіб, які користуються кріслами колісними для пересування.

Цифрові кіоски стали невід'ємною частиною нашого повсякденного життя. Від каси самообслуговування в магазині до замовлення їжі в магазині швидкого харчування – ці системи змінили спосіб виконання рутинних завдань. Однак, щоб кіоски справді виконували свою мету, важливо, щоб вони були доступними для всіх, включно з людьми з порушеннями опорно-рухового апарату. На сьогодні одним із наявних методів адаптації кіосків самообслуговування є кнопка на екрані, яка зменшує масштаб інтерфейсу, дозволяючи людині, яка користується кріслом колісним, дотягуватися до елементів керування. Однак цей метод має суттєві недоліки, зокрема зменшення корисної площі екрану та дрібніші елементи інтерфейсу, що ускладнює його використання (рис. 3). Крім того, великі

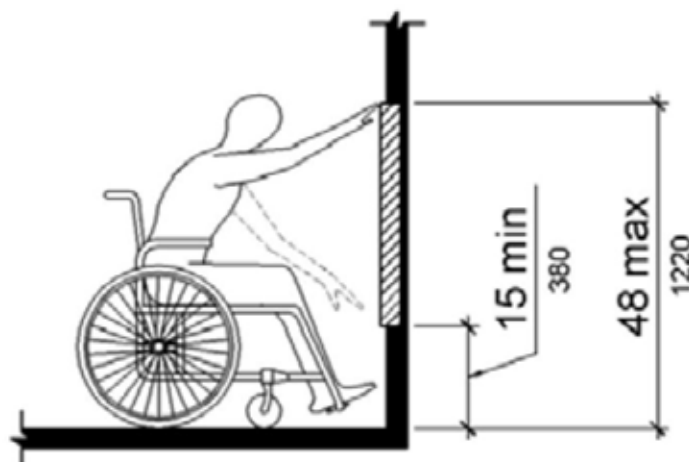


Рис. 1. Зона доступності екрану при безперешкодному доступі людини, що користується кріслом колісним (за стандартами ADA для доступного дизайну), фронтальне розташування крісла колісного відносно екрана

кіоски з прямим корпусом, які не мають вільного простору в нижній частині, змушують людину, яка користується кріслом колісним керувати інтерфейсом у боковій позиції, що також негативно впливає на зручність користування (рис. 2).

Матеріали та метод. Дослідження безконтактного жестового інтерфейсу в кіосках самообслуговування здійснювалося шляхом комбінованого підходу, що включав аналіз наявних рішень, розробку прототипів і їхнє тестування з урахуванням потреб користувачів з порушеннями опорно-рухового апарату. Воно базується на візуально-аналітичному, емпіричному та експериментальному підходах, які забезпечують комплексний аналіз процесу розробки, тестування та вдосконалення безконтактної системи взаємодії на основі жестів.

Для досягнення поставлених цілей було використано кілька методів. Аналіз літератури та існуючих рішень дозволив вивчити попередні дослідження жестових інтерфейсів і розробок у сфері інклюзивного дизайну. Метод спостереження допоміг оцінити потенційні виклики взаємодії для людей, які користуються кріслами колісними. Прототипування

дало можливість створити інтерактивні моделі жестової взаємодії та адаптувати їх відповідно до вимог доступності. Функціональність розробленої системи було протестовано в цифровому середовищі та проаналізовано її відповідність технічним і користувацьким вимогам.

Дослідження проходило в кілька етапів. На початковому етапі здійснювався збір інформації та аналіз користувацьких потреб, що передбачало вивчення існуючих технологій безконтактної взаємодії та особливостей використання кіосків самообслуговування людьми, які користуються кріслами колісними. Було визначено основні труднощі, пов'язані з фізичною доступністю інтерфейсів. Далі було сформовано технічне завдання, яке включало розробку жестової системи, набір жестів для базових команд, таких як вибір та підтвердження, а також вимоги до дизайну інтерактивного інтерфейсу користувача.

Наступним кроком стала розробка прототипів із використанням сучасних технологічних інструментів. Вебкамера Logitech StreamCam застосовувалася для відстеження жестів, бібліотека JavaScript ML5.js забезпечувала розпізнавання рухів рук. Розробка інтерфейсу базувалася на HTML, CSS і JavaScript, а для розміщення веб-версії прототипу використовувалася платформа WordPress.

На завершальному етапі було проведено внутрішнє тестування системи на комп'ютері для перевірки коректності роботи жестового інтерфейсу. Оцінювалася зручність виконання жестів, швидкість їхньої обробки системою та відповідність передбаченим сценаріям взаємодії. Отримані результати дозволили уточнити технічні аспекти розробки та визначити потенційні напрями для подальшого вдосконалення.

Результати. З погляду дизайнера інвалідність слід розглядати не як особистий стан здоров'я, а як невідповідність у можливостях різних людей [15]. Інклюзивний або універсальний дизайн – це концепція, яка має на меті приносити користь усім користувачам, забезпечуючи рівні можливості для людей із різними здібностями. Проте доступний об'єкт

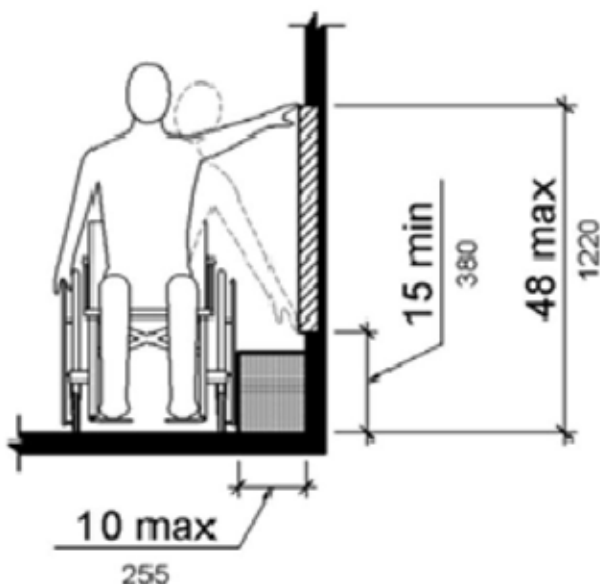


Рис. 2. Зона доступності екрану при безперешкодному доступі людини, яка користується кріслом колісним (за стандартами ADA для доступного дизайну), бокове розташування крісла відносно екрана

може мати естетично недосконалі дизайнерські рішення або ізолювати людей з інвалідністю через своє розташування чи зовнішній вигляд [3]. У загальних рисах інклюзивний дизайн прагне не розділяти людей із різними рівнями здібностей, а забезпечувати безперешкодну інтеграцію та підтримку для всіх, незалежно від їхніх навичок чи рівня знайомства з продуктом. При цьому інклюзивний дизайн не ігнорує естетику або потреби просунутих користувачів і не вимагає компромісів. Частина проблеми також лежить на боці власників бізнесу. Більшість клієнтів не зацікавлені в просуванні доступності або тестуванні з реальними користувачами як у пріоритетному завданні [4].

Юзабіліті (англ. *usability* – «зручність користування» [9]) зазвичай визначається як здатність користувача успішно виконати завдання [3]. Міжнародний стандарт ISO 9241-11 визначає юзабіліті як «ступінь, до якого продукт може бути використаний визначеними користувачами для досягнення визначених цілей із ефективністю, продуктивністю та задоволенням у визначеному контексті використання». Юзабіліті для комп'ютерів почало привертати увагу професіоналів наприкінці 1970-х років, коли були проведені перші конференції з цієї тематики [10]. Якщо користувач може виконати задане завдання з мінімальними зусиллями або без зовнішньої допомоги, додаток можна вважати як доступним, так і зручним у використанні [11]. У 1997 році було розроблено «Сім принципів інклюзивного дизайну», що забезпечують доступність продуктів, середовищ і комунікацій. Вони включають еквівалентність і гнучкість використання, простоту та інтуїтивність, доступність інформації у різних форматах, мінімізацію ризику помилок, зниження фізичного навантаження та оптимальні розміри й простір для всіх користувачів [31].

Системи жестової взаємодії в кіосках самообслуговування можуть підвищити комфорт і безпеку користувачів, особливо в умовах пандемій чи високої загрози поширення інфекцій.

Перша проблема доступності, з якою стикаються користувачі крісел колісних при

роботі з публічними дисплеями – розташування контенту на дисплеї занадто високо, що робить його недосяжним із крісла колісного (рис. 1, рис. 2). Згідно зі стандартами ADA для доступного дизайну, верхня межа доступності екрану при фронтальному розташуванні крісла колісного становить 48 дюймів (120 см), вся зона взаємодії вище цієї позначки є недоступною для людини, яка користується кріслом колісним [31].

Дизайн інтерактивних кіосків з підтримкою безконтактної жестової взаємодії може стати викликом для розробників. Перша проблема полягає в тому, щоб привернути увагу людей, що користуються кріслами колісними до можливості такої взаємодії. До користувачів крісел колісних входять люди з різними рівнями технічної грамотності та впевненості у використанні таких систем. Часто користувачами стають ті, хто ніколи раніше не працював із системою або подібною системою. Окрім цього, у них може бути обмежений час користування, тому дизайн повинен бути максимально зрозумілим [5].

Після аналізу наявних систем безконтактної взаємодії було сформовано рекомендації щодо дизайну кіосків самообслуговування: Кіоски повинні бути розташовані у добре помітних і легкодоступних місцях, із

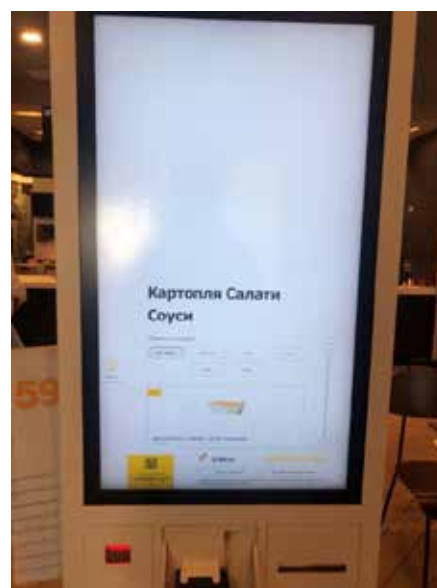


Рис. 3. Кіоск самообслуговування McDonald's, приклад зменшеного інтерфейсу для людей, які користуються кріслами колісними

вільною зоною для під'їзду та маневрування кріслом колісним. Інформаційні вказівники про жестовий інтерфейс мають бути на зручній висоті для огляду, а поруч із екраном слід розмістити друковану інструкцію щодо його використання. Висота екрана та кут нахилу повинні забезпечувати комфортну взаємодію, а сам кіоск має містити коротку інструкцію з активації жестового режиму. Після його ввімкнення користувачі повинні отримувати інтерактивні підказки щодо виконання жестів, із можливістю їхнього пропуску для користувачів, знайомих із системою. Для підтвердження виконаних команд передбачені візуальні сигнали, а додатковий навчальний режим має містити відео чи анімації для кращого ознайомлення з жестами. У контексті кіосків із продажу квитків важливими стають умови навколо пристрою та соціальний досвід користувачів. Негативні соціальні взаємодії можуть стати причиною уникнення технологій. Зокрема, користувачі, які не відповідають «стандартному» профілю, часто стикаються з нетерпінням або тиском з боку інших людей, які чекають у черзі для придбання квитка [6].

Сфера жестових технологій за останні роки зазнала значного розвитку, відкриваючи нові перспективи для їхнього застосування в різних аспектах цифрової взаємодії. Зокрема, модель машинного навчання TensorFlow, розроблена компанією Google в 2015 році [1], дозволяє визначати положення рук, тіла та обличчя, використовуючи звичайну вебкамеру замість

спеціалізованих датчиків, що робить інтеграцію таких технологій у повсякденне користування доступнішим.

Технології, керовані жестами, викликають інтерес як серед науковців, так і в комерційному секторі. Компанія Ultraleap створює власні пристрої для відстеження рухів і впроваджує їх в інтерактивні кіоски (рис. 4), аргументуючи це необхідністю боротьби з COVID-19 та іншими хворобами, які можуть поширюватися через спільне використання сенсорних екранів [12].

Друга проблема – зменшення елементів інтерфейсу після активації режиму для людей із фізичними порушеннями (рис. 3), що ускладнює точне натискання на ці елементи.

Зони самообслуговування, автомати для продажу квитків і інформаційні екрани – усе це різновиди інтерактивних кіосків, які стали невід'ємною частиною повсякденного життя [23]. Піонер жестової взаємодії Майрон Крюгер розробляв найперші технології захоплення жестів (рис. 5), і вважав головною перевагою жестової взаємодії те, що, використовуючи обидві руки, людина може одночасно виконувати операції, які зазвичай виконуються послідовно.

У його книзі *Artificial Reality II* наголошується, що у будь-якій технології штучної реальності важливим є те, як учасник бачить себе у графічному світі. Щоб торкатися об'єктів у віртуальному просторі, людина повинна бачити образ своєї руки. Крім того, для природної взаємодії з іншими учасниками



Рис. 4. Кіоск Ultraleap, створений для безконтактної жестової взаємодії в умовах Covid-19

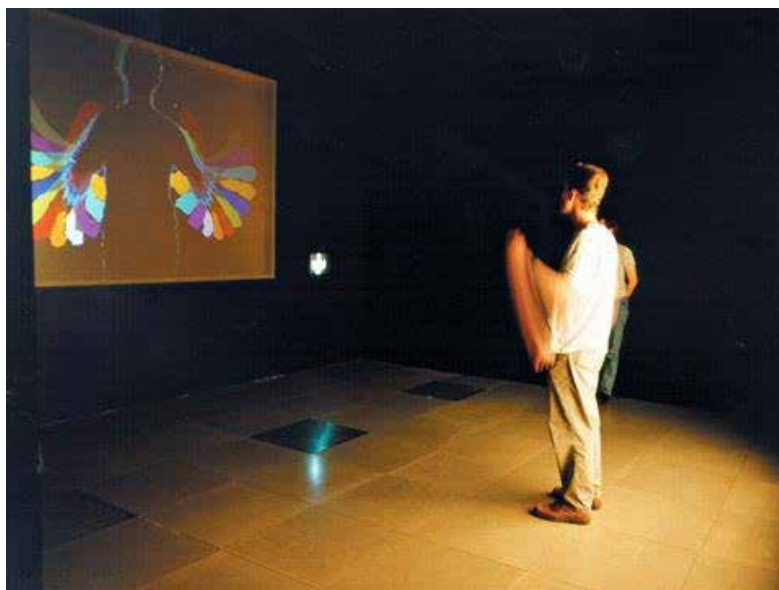


Рис. 5. Розробка Майрона Крюгера "Videoplace", 1975

вони повинні бачити її повний образ [16]. Колектив науковців Bragdon, A., DeLine, R., Hinckley, K та ін. [17] досліджували гібридні взаємодії дотиком і жестами, які поєднують введення/жести в повітрі та пози, фізичну близькість, введення з датчиком руху, та виділили основні принципи проектування: взаємодія повинна бути соціально прийнятною і не викликати незручностей чи відволікань, та має бути очевидною для користувача. Вчені Ahlström, D., Hasan, K., & Irani, P. [18] досліджували рівень соціальної прийнятності різних видів жестів, та виявили, що у публічних місцях користувачі вказували сильну перевагу до невеликих жестів, і жестів, що наближаються до 15x15см у просторі, слід уникати. Вони також виявили, що негативний вплив занадто великого жесту можна зменшити, якщо введення дозволено дуже близько до пристрою або в сприятливій зоні.

Жестова взаємодія без контакту відкриває нові горизонти для інтерактивних систем, дозволяючи уникнути обмежень, характерних для традиційних пристроїв введення. Вона має величезний потенціал у таких сферах, як освіта, медицина, розваги та промисловість. У MirrorTouch [24] користувач взаємодівав зі своїм силуетом на дисплеї, що ефективно пояснювало можливість безконтактної взаємодії. Автори підкреслили важливість чітких закликів до дії для забезпечення взаємодії

через сенсорний екран, якщо жестове введення не є достатнім.

Під час взаємодії з інтерфейсом користувачі можуть робити помилки, наприклад, натискати неправильну кнопку або вводити невірні дані. Важливо, щоб повідомлення про помилки були чіткими, зрозумілими та пояснювали, що саме сталося, як це виправити і які кроки необхідно зробити далі.

У дослідженні, проведеному Chen та ін. (2012) [27], було вивчено вплив розміру кнопок і відстані між ними на продуктивність користувачів із різними моторними здібностями. Продуктивність вимірювалася за такими показниками, як кількість промахів, помилок і час, необхідний для виконання завдання. Результати показали, що для людей без обмежень продуктивність не покращувалася при збільшенні розміру кнопок понад 20 мм. Натомість у групі з порушеннями моторики продуктивність продовжувала зростати при збільшенні розміру кнопок до 25 мм і 30 мм. Однак кнопки більшого розміру могли сповільнювати користувачів, оскільки їм доводилося долати більшу відстань. Відстань між кнопками, згідно з результатами дослідження, не мала суттєвого впливу на частоту промахів учасників.

Деякі дослідження присвячені вивченню підходів до інтеграції жестів у системи взаємодії. Більшість із них орієнтовані на технічні

аспекти створення та впровадження таких систем. Наприклад, Nagy та ін. інтегрували моделі генерації жестів у віртуальних агентів, які використовуються для спілкування [19]. Vuletic та ін. провели огляд 148 статей, присвячених інтерфейсам жестової взаємодії, і встановили, що наявні технічні платформи більше фокусуються на технологіях, аніж на самих жестах [20]. Часто такі технічні платформи не враховують вимоги користувачів. Динамічні жести, такі як переміщення рук, обертальні рухи або малювання кіл рукою, є загальними прикладами в таких системах. У системі тривимірної взаємодії, розробленій Wang та ін., було використано п'ять основних динамічних жестів: хапання, переклад, торкання, перевертання та затискання. Ці рухи фіксувалися за допомогою Leap Motion [27]. Хоча існує низка досліджень, присвячених зв'язку між жестами та командами, роботи, які розглядають інтеграцію жестів у дизайн елементів візуальних інтерфейсів, зустрічаються рідко. Наприклад, Wachs та ін. досліджували прості жести користувачів для навігації та маніпуляцій із зображеннями у стерильному операційному середовищі, де жести асоціювалися з командами залежно від їхньої відносної позиції на екрані [22]. Parra та ін. запропонували метод gestUI, що дозволяє інтегрувати жестову взаємодію у наявні інтерфейси на настільних платформах [25]. Більшість досліджень зосереджена на 2D жестах, які передбачають дотик користувача до екрана.

У ході дослідження було розроблено два прототипи безконтактних жестових інтерфейсів, кожен із яких спрямований на різні сценарії використання та враховує особливості користувацького досвіду. **Перший прототип** є вебзастосунком для малювання мандал, у якому користувач може взаємодіяти за допомогою рухів рук, що відстежуються вебкамерою. Основною ідеєю було використання жестів “відзеркалення рухів”, де користувач бачить спрощену візуалізацію своїх рухів, яка слугує основою для створення симетричних малюнків.

На початковому етапі, коли користувач демонструє перший жест – показує долоню

руки зі стиснутими або розімкненими пальцями [рис. 6], на екрані з'являється невелике коло діаметром 15 пікселів, яке рухається синхронно з його рукою, імітуючи її рухи в дзеркальному відображенні. Таке коло може виконувати функцію курсора в кіосках самообслуговування.

Під час виконання другого жесту коло починає зменшуватися в розмірах залежно від відстані між вказівним і великим пальцями користувача. Це зменшення слугує візуальним індикатором завершення жесту, після чого користувач може перейти до процесу малювання, зімкнувши пальці. Демонстрація роботи прототипу представлена на рис. 8.

Тестування виявило декілька недоліків цього типу інтерфейсу: обмежена зона керування призводила до надмірної швидкості курсора, ускладнюючи точне наведення; тривале використання спричиняло втому м'язів; недостатня точність розпізнавання жестів за поганого освітлення. Прототип підтвердив ефективність жестового керування, але потребує вдосконалення точності та адаптивності. Прототип доступний за посиланням: <https://srv578589.hstgr.cloud/>.



Рис. 6. Жест – захоплення руху руки за допомогою відкритої долоні для керування вказівником



Рис. 7. Жест – поєднання великого та вказівного пальців для виконання функції вибору

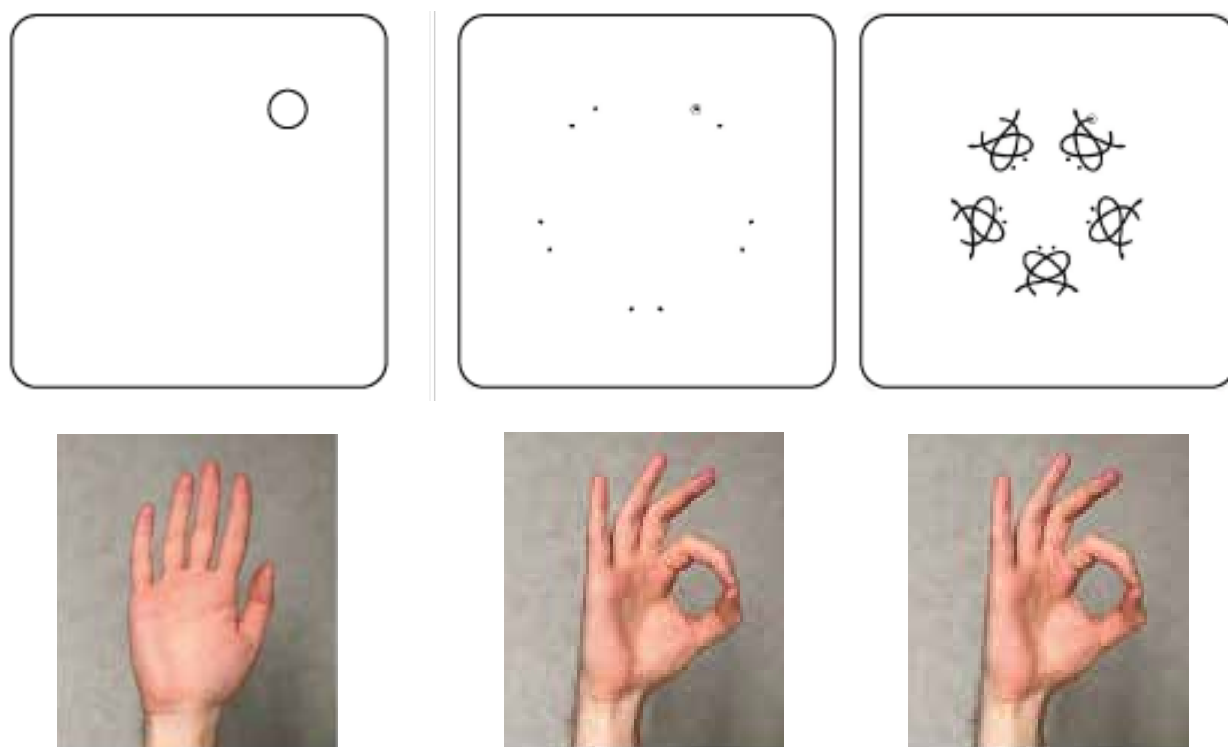


Рис. 8. Демонстрація роботи прототипу № 1

Другий прототип передбачає керування інтерфейсом за допомогою невеликих жестів – рухів одним пальцем, що дозволяє користувачеві тримати руку на одному місці, мінімізуючи фізичне навантаження. Основна мета полягає в забезпеченні доступності інтерфейсу для людей із обмеженою моторикою шляхом використання простих свайпів одним пальцем для навігації та жесту двома пальцями для вибору.

Користувач керує системою, виконуючи свайпи вказівним пальцем у напрямках

«вгору», «вниз», «вліво» або «вправо», що визначає напрямок руху та змінює активний елемент відповідно до його розташування. Виділений елемент підсвічується кольором і змінює розмір для полегшення візуальної орієнтації. Для підтвердження вибору використовується жест з'єднання вказівного та великого пальців (рис. 9).

Інтерфейс містить візуальні підказки, які сигналізують, коли рука виходить за межі зони відстеження, допомагаючи користувачеві повернути її в оптимальне положення. Усі

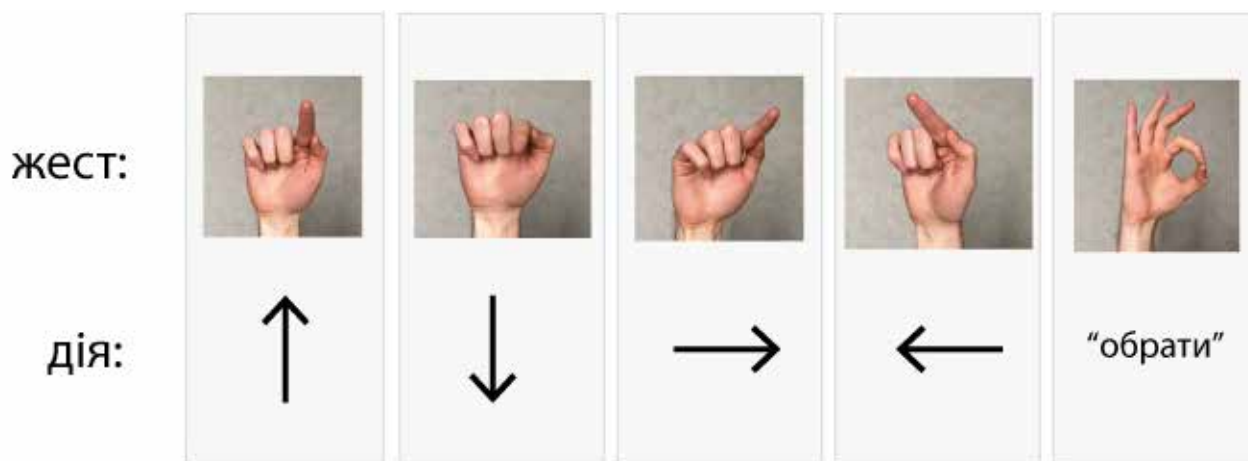


Рис. 9. Жести керування для прототипу № 2

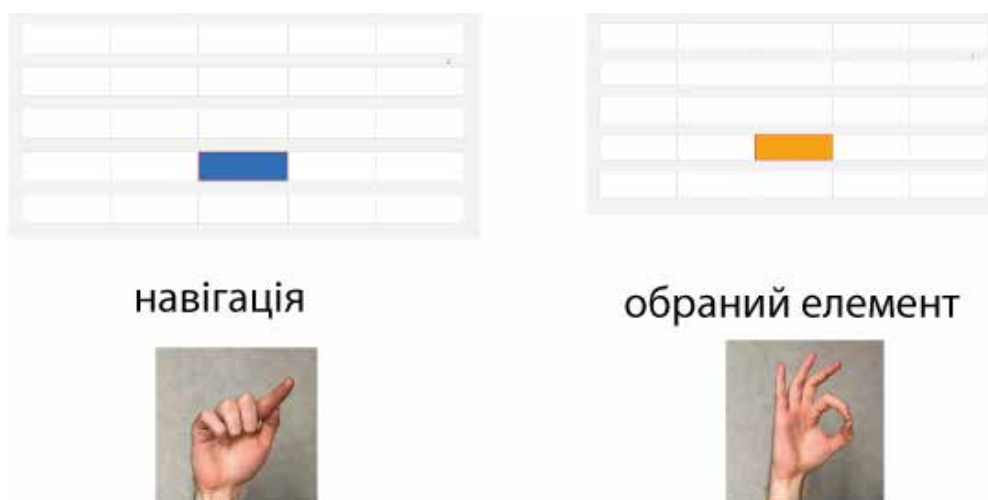


Рис. 10. Демонстрація роботи прототипу №2

інтерактивні елементи розташовані логічно, що дозволяє легко переміщатися між ними за допомогою свайпів, забезпечуючи інтуїтивну взаємодію.

Тестування показало, що система може бути ефективною для людей із обмеженою моторикою, оскільки мінімізує фізичне навантаження. Використання простих рухів зменшило втому, адже рука залишалася в статичному положенні. Основним недоліком є те, що для досягнення потрібного елемента необхідно послідовно переходити через всі елементи, що значно повільніше за прямий дотик. Цей прототип було визнано зручнішим за прототип № 1, оскільки він потребує менше м'язових зусиль і концентрації. Прототип доступний за посиланням: <https://srv578589.hstgr.cloud/navigation/>.

Висновки: Для створення справді зручного та інклюзивного інтерфейсу необхідно забезпечити його ефективну роботу як для людей, які користуються кріслом колісним, так і для людей без порушень рухової функції, при цьому надаючи однаково комфортний досвід взаємодії. На сьогодні одним із наявних методів адаптації кіосків самообслуговування є кнопка на екрані, яка зменшує масштаб інтерфейсу, дозволяючи користувачам крісел колісних дотягуватися до елементів керування. Використання технологій управління жестами за допомогою камер або датчиків руху може дозволити людям, які користуються кріслом колісним

взаємодіяти з інтерфейсом без необхідності адаптувати оригінальний дизайн, розроблений для всіх користувачів. Такий підхід сприяє створенню інклюзивного дизайну. Крім того, важливу роль відіграють форма корпусу кіоска, розташування та розмір екрану, а також оптимальне позиціонування камери або датчика руху для ефективного захоплення жестів. Усі ці аспекти мають бути враховані на етапі проєктування для забезпечення універсального доступу та зручності використання.

На основі розроблених прототипів було сформовано рекомендації для проєктування інтерфейсів безконтактного жестового керування: Для інтуїтивного використання інтерфейсу перед початком роботи користувач має отримати інструкцію та освоїти базові жести. Інтерфейс повинен чітко показувати, коли руки знаходяться в зоні дії камери або датчика, а також коли виходять за її межі. Виділений елемент має візуально відрізнятися за допомогою рамки, зміни кольору, тіні чи інших графічних індикаторів. Дизайн повинен забезпечувати інтуїтивний обмін інформацією, спрощувати сприйняття та мінімізувати потребу в навчанні.

Було визначено, що дії навігації, вибору та підтвердження є найбільш пріоритетними для жестового інтерфейсу.

Жестові інтерфейси мають низку переваг, а також певні обмеження. Стили жестів, сфери застосування, вхідні та вихідні дані є окремими

напрямами для подальших досліджень. Комерційний сектор уже розпочав свій розвиток у відповідь на вагомні результати досліджень. У майбутньому можна очікувати появи більшої кількості дослідницьких і комерційних продуктів. Технології розпізнавання жестів пропонують реалістичні можливості.

Дослідження показало, що інтеграція безконтактних жестів у інтерактивні кіоски самообслуговування має великий потенціал, але вимагає детального аналізу потреб користувачів, розробки інтуїтивних інтерфейсів та створення адаптивних систем, здатних пристосовуватися до різних умов взаємодії.

Література:

1. TensorFlow. About. URL: <https://www.tensorflow.org/about> (дата звернення: 27.01.2025).
2. Wobbrock J.O., Gajos K.Z., Kane S.K., Vanderheiden G.C. Ability-Based Design. *Communications of the ACM*. 2018. Vol. 61, No. 6. P. 62–71. DOI: <https://doi.org/10.1145/3148051>.
3. Tullis T., Albert B. *Measuring the User Experience: Collecting, Analyzing, and Presenting Usability Metrics*. 2nd ed. Morgan Kaufmann Publishers, 2013. P. 333.
4. Veijalainen A.-M. Breaking barriers: Accessible self-service kiosks for everyone. URL: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:169007172> (дата звернення: 06.11.2024).
5. Maguire M.C. A Review of User-Interface Design Guidelines for Public Information Kiosk Systems. *International Journal of Human-Computer Studies*. 1999. Vol. 50, No. 3. P. 263–286. DOI: <https://doi.org/10.1006/ijhc.1998.0243>.
6. Siebenhandl K., Schreder G., Smuc M., Mayr E. A User-Centered Design Approach to Self-Service Ticket Vending Machines. *IEEE Transactions on Professional Communication*. 2013. Vol. 56, No. 2. P. 138–159. DOI: <https://doi.org/10.1109/TPC.2013.2257213>.
7. Allen J., Chudley J. *Smashing UX Design: Foundations for Designing Online User Experiences*. John Wiley & Sons, Ltd, 2012. P. 14.
8. Newell A. User-Sensitive Design for Older and Disabled People. 2008. URL: https://www.researchgate.net/publication/229710245_User-Sensitive_Design_for_Older_and_Disabled_People (дата звернення: 27.01.2025).
9. Юзабіліті. Вікіпедія: вільна енциклопедія. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%AE%D0%B7%D0%B0%D0%B1%D1%96%D0%BB%D1%96%D1%82%D1%96> (дата звернення: 15.01.2025).
10. Hartson R., Pyla P. *The UX Book: Process and Guidelines for Ensuring a Quality User Experience*. Morgan Kaufmann Publishers, 2012. P. 24–26.
11. Mueller J. *Accessibility for Everybody: Understanding the Section 508 Accessibility Requirements*. Appress, 2003. P. 104–105.
12. Touchless experiences. Ultraleap. URL: <https://www.ultraleap.com/enterprise/touchless-experiences/> (дата звернення: 31.12.2024).
13. Kelsen K. *Unleashing the Power of Digital Signage: Content Strategies for the 5th Screen*. Elsevier, 2010. P. 221–223.
14. Koceski S., Koceska N. Vision-Based Gesture Recognition for Human-Computer Interaction and Mobile Robot's Freight Ramp Control. *Proceedings of the International Conference on Information Technology Interfaces, ITI*. 2010. P. 289–294. DOI: <https://doi.org/10.1109/ITI.2010.5543653>.
15. Microsoft Design. *Inclusive Design Toolkit Manual*. 2016. URL: https://download.microsoft.com/download/B/0/D/B0D4BF87-09CE-4417-8F28-D60703D672ED/INCLUSIVE_TOOLKIT_MANUAL_FINAL.pdf (дата звернення: 31.10.2024).
16. Krueger, M. *Artificial Reality II*. Reading: Addison-Wesley, 1991. 320 с.
17. Bragdon A., DeLine R., Hinckley K., Morris M. Code Space. *Proceedings of the ACM International Conference on Interactive Tabletops and Surfaces*. 2011. P. 212–221. DOI: <https://doi.org/10.1145/2076354.2076393>.
18. Ahlström D., Hasan K., Irani P. Are You Comfortable Doing That? *Proceedings of the 16th International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices & Services – MobileHCI '14*. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1145/2628363.2628381>.
19. Nagy R., Kucherenko T., Moell B., Pereira A., Kjellström H., Bernardet U. A Framework for Integrating Gesture Generation Models into Interactive Conversational Agents. *arXiv preprint*. 2021. arXiv:2102.12302.
20. Vuletic T., Duffy A., Hay L., McTeague C., Campbell G., Grealy M. Systematic Literature Review of Hand Gestures Used in Human-Computer Interaction Interfaces. *International Journal of Human-Computer Studies*. 2019. Vol. 129. P. 74–94. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2019.03.005>.
21. Cruz P.J., Vázquez J.P., Romero R., Chico A., Benalcázar M.E., Álvarez R., López L.I.B., Caraguay L.V. A Deep Q-Network Based Hand Gesture Recognition System for Control of Robotic Platforms. *Scientific Reports*. 2023. Vol. 13. P. 795. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-023-27448-8>.

22. Wachs J., Stern H., Edan Y., Gillam M., Feied C., Smith M., Handler J. Gestix: A Doctor-Computer Sterile Gesture Interface for Dynamic Environments. *Proceedings of the International Conference on Human-Computer Interaction*, Beijing, China. 22–27 July 2007.
23. Interactive kiosk. Wikipedia. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Interactive_kiosk (дата звернення: 30.11.2024).
24. MirrorTouch: Combining Touch and Mid-Air Gestures for Public Displays. DOI: <https://doi.org/10.1145/2628363.2628379>.
25. Parra O., España S., Panach J.I., Pastor O. An Empirical Comparative Evaluation of gestUI to Include Gesture-Based Interaction in User Interfaces. *Science of Computer Programming*. 2019. Vol. 172. P. 232–263. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scico.2019.07.004>.
26. Study on the Design of a Non-Contact Interaction System Using Gestures: Framework and Case Study. *Sustainability*. DOI: 10.3390/su16219335.
27. Yang Y., Shen S., Lui K., Lee K., Chen J., Ding H., Liu L., Lu H., Duan L., Wang C. et al. Ultrasonic Robotic System for Noncontact Small Object Manipulation Based on Kinect Gesture Control. *International Journal of Advanced Robotic Systems*. 2017. Vol. 14. P. 1–7. DOI: <https://doi.org/10.1177/1729881417738739>.
28. Feng Y., Uchidiuno U.A., Zahiri H.R., George I., Park A.E., Mentis H. Comparison of Kinect and Leap Motion for Intraoperative Image Interaction. *Surgical Innovation*. 2020. Vol. 28. P. 33–40. DOI: <https://doi.org/10.1177/1553350620947206>.
29. Zhang N., Zhang J., Jiang S., Ge W. The Effects of Layout Order on Interface Complexity: An Eye-Tracking Study for Dashboard Design. *Sensors*. 2024. Vol. 24, No. 18. P. 5966. DOI: <https://doi.org/10.3390/s24185966>.
30. Saffer D. Designing Gestural Interfaces. 1st ed. O'Reilly Media, Sebastopol, CA, 2008. 218 p.
31. ADA Standards for Accessible Design. Kiosk. URL: <https://kiosk.com> (дата звернення: 23.10.2024).

References:

1. TensorFlow. About TensorFlow. Retrieved from: <https://www.tensorflow.org/about>
2. Wobbrock, J. O., Gajos, K. Z., Kane, S. K., & Vanderheiden, G. C. (2018). Ability-based design. *Communications of the ACM*, 61(6), 62–71. DOI: <https://doi.org/10.1145/3148051>
3. Tullis, T., & Albert, B. (2013). *Measuring the user experience: Collecting, analyzing, and presenting usability metrics* (2nd ed.). Morgan Kaufmann Publishers
4. Veijalainen, A.-M. Breaking barriers: Accessible self-service kiosks for everyone. Retrieved from: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:169007172>
5. Maguire, M. C. (1999). A review of user-interface design guidelines for public information kiosk systems. *International Journal of Human-Computer Studies*, 50(3), 263–286. DOI: <https://doi.org/10.1006/ijhc.1998.0243>
6. Siebenhandl, K., Schreder, G., Smuc, M., & Mayr, E. (2013). A user-centered design approach to self-service ticket vending machines. *IEEE Transactions on Professional Communication*, 56(2), 138–159. DOI: <https://doi.org/10.1109/TPC.2013.2257213>
7. Allen, J., & Chudley, J. (2012). *Smashing UX design: Foundations for designing online user experiences*. John Wiley & Sons
8. Newell, A. (2008). User-sensitive design for older and disabled people. Retrieved from: https://www.researchgate.net/publication/229710245_User-Sensitive_Design_for_Older_and_Disabled_People
9. Wikipedia contributors. Usability. *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. Retrieved from: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%AE%D0%B7%D0%B0%D0%B1%D1%96%D0%BB%D1%96%D1%82%D1%96> [in English].
10. Hartson, R., & Pyla, P. (2012). *The UX book: Process and guidelines for ensuring a quality user experience*. Morgan Kaufmann Publishers
11. Mueller, J. (2003). *Accessibility for everybody: Understanding the Section 508 accessibility requirements*. Apress
12. Ultraleap. Touchless experiences. Retrieved from: <https://www.ultraleap.com/enterprise/touchless-experiences/>
13. Kelsen, K. (2010). *Unleashing the power of digital signage: Content strategies for the 5th screen*. Elsevier
14. Koceski, S., & Koceska, N. (2010). Vision-based gesture recognition for human-computer interaction and mobile robot's freight ramp control. *Proceedings of the International Conference on Information Technology Interfaces (ITI)*, 289–294. DOI: <https://doi.org/10.1109/ITI.2010.5543653> [in English].
15. Microsoft Design. (2016). Inclusive design toolkit manual. Retrieved from: https://download.microsoft.com/download/B/0/D/B0D4BF87-09CE-4417-8F28-D60703D672ED/INCLUSIVE_TOOLKIT_MANUAL_FINAL.pdf
16. Krueger, M. (1991). *Artificial reality II*. Addison-Wesley
17. Bragdon, A., DeLine, R., Hinckley, K., & Morris, M. (2011). Code space. *Proceedings of the ACM International Conference on Interactive Tabletops and Surfaces*, 212–221. DOI: <https://doi.org/10.1145/2076354.2076393> [in English].

18. Ahlström, D., Hasan, K., & Irani, P. (2014). *Are you comfortable doing that? Proceedings of the 16th International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices & Services – MobileHCI '14*. DOI: <https://doi.org/10.1145/2628363.2628381>
19. Nagy, R., Kucherenko, T., Moell, B., Pereira, A., Kjellström, H., & Bernardet, U. (2021). *A framework for integrating gesture generation models into interactive conversational agents*. *arXiv preprint*. Retrieved from: <https://arxiv.org/abs/2102.12302>
20. Vuletic, T., Duffy, A., Hay, L., McTeague, C., Campbell, G., & Grealy, M. (2019). *Systematic literature review of hand gestures used in human-computer interaction interfaces*. *International Journal of Human-Computer Studies*, 129, 74–94. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2019.03.005>
21. Cruz, P. J., Vásconez, J. P., Romero, R., Chico, A., Benalcázar, M. E., Álvarez, R., López, L. I. B., & Caraguay, L. V. (2023). *A deep Q-network based hand gesture recognition system for control of robotic platforms*. *Scientific Reports*, 13, 795. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-023-27448-8>
22. Wachs, J., Stern, H., Edan, Y., Gillam, M., Feied, C., Smith, M., & Handler, J. (2007, July 22–27). *Gestix: A doctor-computer sterile gesture interface for dynamic environments*. *Proceedings of the International Conference on Human-Computer Interaction*, Beijing, China
23. Wikipedia contributors. *Interactive kiosk*. *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. Retrieved from: https://en.wikipedia.org/wiki/Interactive_kiosk
24. *MirrorTouch: Combining touch and mid-air gestures for public displays*. DOI: <https://doi.org/10.1145/2628363.2628379>
25. Parra, O., España, S., Panach, J. I., & Pastor, O. (2019). *An empirical comparative evaluation of gestUI to include gesture-based interaction in user interfaces*. *Science of Computer Programming*, 172, 232–263. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scico.2019.07.004>
26. *Study on the design of a non-contact interaction system using gestures: Framework and case study*. *Sustainability*. DOI: <https://doi.org/10.3390/su16219335>
27. Yang, Y., Shen, S., Lui, K., Lee, K., Chen, J., Ding, H., Liu, L., Lu, H., Duan, L., Wang, C., et al. (2017). *Ultrasonic robotic system for noncontact small object manipulation based on Kinect gesture control*. *International Journal of Advanced Robotic Systems*, 14, 1–7. DOI: <https://doi.org/10.1177/1729881417738739>
28. Feng, Y., Uchidiuno, U. A., Zahiri, H. R., George, I., Park, A. E., & Mentis, H. (2020). *Comparison of Kinect and Leap Motion for intraoperative image interaction*. *Surgical Innovation*, 28, 33–40. DOI: <https://doi.org/10.1177/1553350620947206>
29. Zhang, N., Zhang, J., Jiang, S., & Ge, W. (2024). *The effects of layout order on interface complexity: An eye-tracking study for dashboard design*. *Sensors*, 24(18), 5966. DOI: <https://doi.org/10.3390/s24185966>
30. Saffer, D. (2008). *Designing gestural interfaces* (1st ed.). O'Reilly Media
31. *ADA Standards for Accessible Design. Kiosk*. Retrieved from: <https://kiosk.com>