

Овдієнко П.К.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Лебедев Д.Ю.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОБЛЕМ СКРИНІНГУ СЛУХУ В ПОВСЯКДЕННОМУ ЖИТТІ ТА ШЛЯХИ ЇХ ВИРІШЕННЯ ЗАСОБАМИ МОБІЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

У даній роботі досліджується проблема здійснення скринінгу слуху в умовах повсякденного життя, зокрема акцентується увага на складнощах, що виникають при ранньому виявленні порушень слуху серед осіб, які не мають постійного доступу до професійного, відкаліброваного медичного обладнання. З цією метою проведено огляд сучасних патентних рішень, що стосуються методів і технічних засобів аудіометричного тестування та слухового скринінгу. Проведений аналіз наявних технологічних рішень дав змогу визначити їхні ключові переваги, а також виявити основні недоліки, зокрема при використанні поза межами професійного медичного середовища.

Метою дослідження є розроблення концептуально нового підходу до організації процесу скринінгу слуху шляхом інтеграції мобільних технологій, що активно застосовуються в повсякденному житті. Сучасні мобільні пристрої, зокрема смартфони, мають високоякісні динаміки, мікрофони та значні обчислювальні ресурси, що дозволяють реалізовувати програмне забезпечення з елементами штучного інтелекту. У межах цього дослідження запропоновано новаторську систему у вигляді мобільного додатка, призначену для попереднього тестування слуху в домашніх умовах без необхідності звернення до медичних установ. Застосування методів штучного інтелекту забезпечує персоналізацію процесу тестування, підвищуючи його точність, ефективність і зручність для кінцевого користувача.

Запропоноване рішення демонструє високий потенціал щодо формування нового стандарту в сфері первинного скринінгу слуху. Подальше технічне вдосконалення системи сприятиме підвищенню точності та надійності діагностичних результатів. У перспективі це відкриває можливості для широкого впровадження подібних технологій у глобальному масштабі, забезпечуючи доступність слухового скринінгу для мешканців віддалених, економічно нерозвинених або соціально вразливих регіонів. Таким чином, представлена система може стати основою нової парадигми превентивної отологічної діагностики на міжнародному рівні.

Ключові слова: смартфон, скринінг слуху, повсякденне життя, аудіометрія, мобільний додаток, штучний інтелект.

Постановка проблеми. На сьогоднішній день процес скринінгу слуху залишається складним і малодоступним для широких верств населення. Незважаючи на наявність професійного обладнання та технологій для діагностики слухових порушень, такі послуги часто є недоступними для населення країн з низьким рівнем технічного розвитку, а також для соціально вразливих груп. Однією з основних проблем є недооцінка важливості ранньої діагностики: багато людей не підозрюють про наявність відхилень на початкових стадіях, вважаючи, що втрата слуху є виключно проблемою людей похилого віку.

Серед додаткових бар'єрів можна відзначити нестачу кваліфікованих спеціалістів,

використання застарілого обладнання та високу вартість аудіометричного тестування. Усе це значною мірою обмежує можливості своєчасного виявлення слухових порушень.

У даній роботі розглядається підхід до вирішення зазначених проблем шляхом розробки мобільного програмного забезпечення для попереднього скринінгу слуху. Основною метою є створення інструменту, який дозволить користувачеві самостійно пройти базове тестування та отримати відповідь на запитання: чи є необхідність звернення до профільного спеціаліста, або ж проведення точнішої діагностики із застосуванням професійного обладнання. Розробка таких систем сприятиме підвищенню

доступності, своєчасності та ефективності скринінгу слуху шляхом залучення мобільних технологій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У цьому розділі проаналізовано патентні рішення, що стосуються систем скринінгу слуху, з метою визначення ключових технічних підходів, методів, інновацій та можливостей для вдосконалення існуючих технологій.

Патент міжнародний WO2015044926A1 «AUDIOMETRY SYSTEM AND METHOD» [1] описує технічне рішення у сфері мобільної аудіометрії [3], яке полягає в розробці системи та методу скринінгу слуху з використанням мобільного пристрою, спеціалізованого програмного забезпечення та навушників із визначеними характеристиками (рис. 1). Згідно з описом, система включає мобільний пристрій, який виконує функцію платформи для аудіометричного інтерфейсу, здатного генерувати та передавати попередньо визначені тестові сигнали до навушників. Навушники відтворюють звукові сигнали певної частоти та інтенсивності, що сприймаються користувачем (об'єктом скринінгу). Керування тестовим процесом може здійснювати як оператор (наприклад, медичний працівник), так і сам користувач, який взаємодіє з інтерфейсом через простий механізм зворотного зв'язку – підтвердження сприйняття звуку за допомогою відповіді типу «так» або «ні».

Серед ключових технічних особливостей винаходу слід відзначити автоматизоване калібрування системи на основі внутрішнього мікрофона мобільного пристрою, що дозволяє коригувати інтенсивність тестових сигналів у разі

виявлення відхилень від заданих параметрів. Крім того, система забезпечує безперервний моніторинг рівня навколишнього шуму з метою підвищення точності вимірювання та запобігання впливу сторонніх звуків на результати тестування. Результати скринінгу можуть зберігатися локально або передаватися на віддалений сервер для подальшого аналізу та зберігання. Завдяки своїй мобільності, простоті використання та можливості проведення тестування в польових умовах, запропонована система має значний потенціал для широкого застосування, зокрема у первинній медичній допомозі, віддалених регіонах та навчальних закладах.

Незважаючи на значні переваги, патент має кілька обмежень. По-перше, ефективність системи залежить від якості навушників і точності калібрування, що може бути важливим у складних умовах тестування. По-друге, постійний моніторинг навколишнього шуму може не завжди забезпечити достатню точність, якщо в середовищі присутні неочікувані звукові перешкоди.

Патент США US20130060159A1 «Hearing screening application for mobile devices» [2] описує комп'ютеризований метод і систему для скринінгової оцінки слуху за допомогою мобільних пристроїв (рис. 2). Розробка спрямована на забезпечення можливості самостійної перевірки слуху користувачем без необхідності звернення до лікаря або спеціалізованого медичного закладу.

Основною технологією є мобільний додаток, який відтворює звукові сигнали різної частоти й інтенсивності та аналізує відповіді

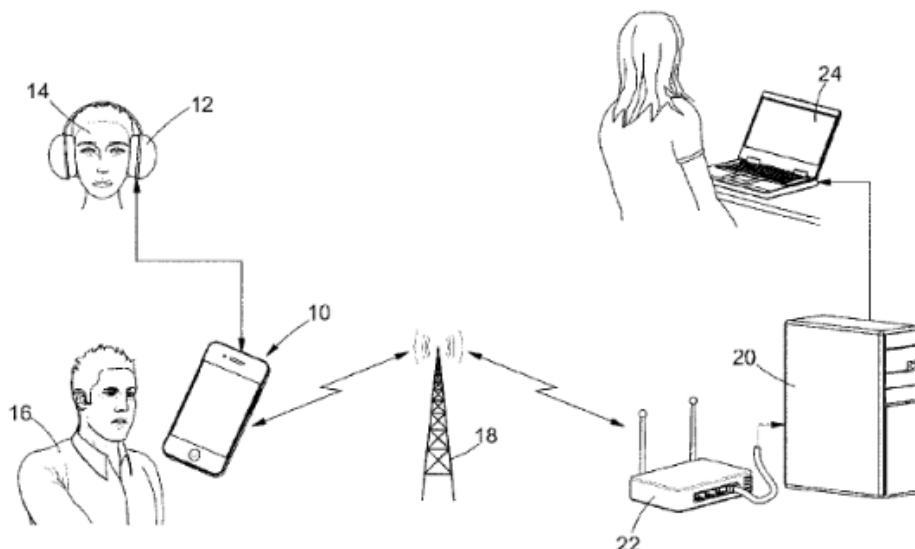


Рис. 1. Складові аудіометричної системи відповідно патенту WO2015044926A1

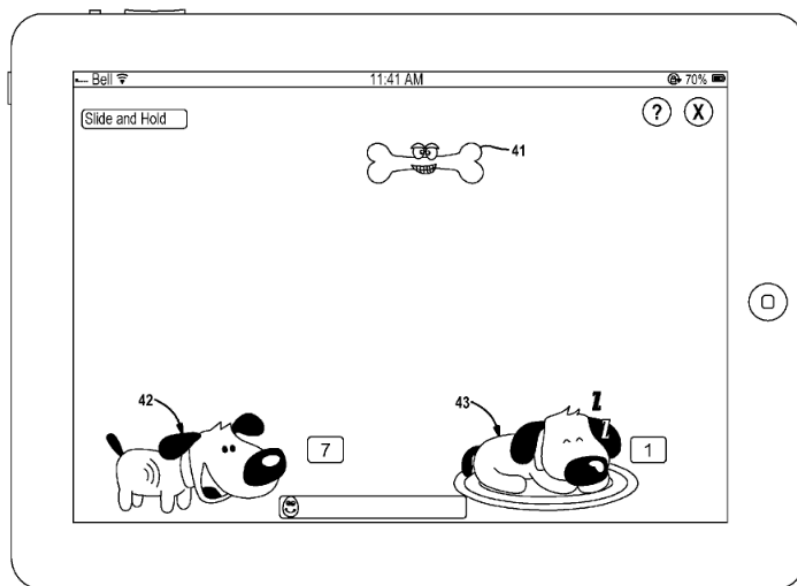


Рис. 2. Зовнішній вигляд застосунку згідно технічного рішення за патентом US20130060159A1

користувача. В основі методу лежить створення аудіограми, яка відображає індивідуальні порогои слуху на різних частотах. Тестування здійснюється за допомогою динаміків пристрою, а для реєстрації реакцій може використовуватись сенсорний екран або кнопки. Для підвищення точності система передбачає попереднє калібрування звукового виходу пристрою із використанням вбудованого мікрофона. Це дозволяє врахувати особливості апаратного забезпечення та умови зовнішнього шуму під час тестування. Додаток надає візуалізацію результатів

тесту (рис. 3) та рекомендації щодо подальших дій користувача.

Однак, застосунок, описаний у патенті, має кілька суттєвих обмежень. По-перше, точність проведеного тесту значною мірою залежить від якості апаратних компонентів мобільного пристрою, зокрема мікрофона та динаміків, що може впливати на точність результатів. По-друге, на результати вимірювань може впливати зовнішній шум, і для досягнення більшої точності можуть знадобитися додаткові пристрої, зокрема, навушники або потенційно і кістковий вібратор.

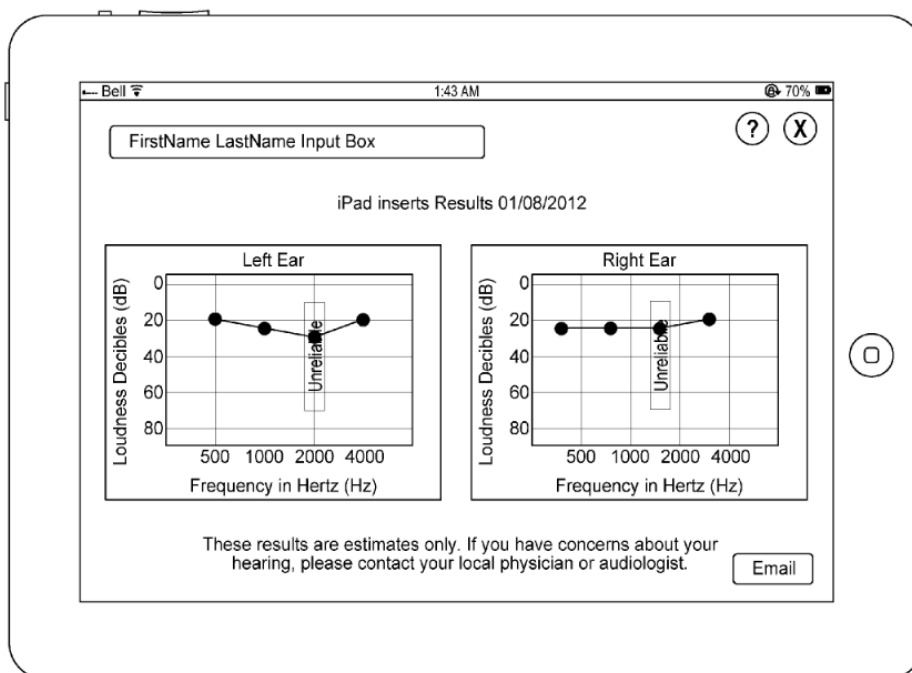


Рис. 3. Візуалізація результатів тесту згідно патенту US20130060159A117171

Крім того, запропонований метод має обмежену діагностичну точність і не може повністю замінити консультацію лікаря. Особливою проблемою є необхідність врахування індивідуальних особливостей користувача, а також ризик отримання неправильних результатів через технічні обмеження пристрою, що вимагає подальшого вдосконалення технології для підвищення її ефективності та точності.

Постановка завдання. Незважаючи на інноваційність та потенційні переваги обох рішень, представлені у патентах технології мають низку важливих недоліків, що обмежують їхню ефективність на практиці. Основними проблемами є висока залежність достовірності вимірювань від якості апаратного забезпечення – навушників, мікрофонів, динаміків, а також від правильності калібрування системи. Умови зовнішнього середовища, зокрема наявність шумових перешкод, можуть суттєво впливати на результати тестування, що потребує постійного моніторингу й додаткових технічних рішень для компенсації впливу шуму. Окрім того, методи, описані у патентах, демонструють обмежену діагностичну достовірність результатів і не здатні повноцінно замінити професійну медичну діагностику. Важливим аспектом також є необхідність врахування індивідуальних особливостей користувача, оскільки ігнорування цих чинників може призвести до хибних результатів.

З урахуванням виявлених недоліків, з метою створення більш удосконаленої системи, доцільно запропонувати наступні підходи:

- інтеграція всього процесу в межах одного пристрою – смартфона [4], що забезпечить компактність, точність та зручність використання;
- зменшення ймовірності похибок та підвищення достовірності результатів тестування шляхом упровадження елементів штучного інтелекту.

Метою цієї наукової статті є дослідження та розробка концептуального підходу до скринінгу слуху, адаптованого для використання в умовах повсякденного життя. Запропонована концепція спрямована на подолання обмежень, характерних для наявних методів, зокрема пов'язаних із недостатньою достовірністю результатів, впливом факторів навколишнього середовища (наприклад, фоновий шум, акустика приміщення) та залежністю від спеціалізованого апаратного забезпечення. Розробка ефективного, доступного та надійного засобу скринінгу слуху має на меті сприяти ранньому виявленню слухових порушень і підвищити загальний рівень

обізнаності про стан слуху в широких верствах населення.

Виклад основного матеріалу. Запропонована концепція представлена на рис. 4. Основна ідея полягає у створенні доступного інструменту для попередньої оцінки слухових здібностей за допомогою стандартного смартфона, що не потребує додаткового обладнання. Такий підхід є особливо актуальним для осіб, які сумніваються у доцільності глибокого медичного обстеження, не мають фінансової або фізичної можливості його пройти, або ж не підозрюють про потенційні порушення слуху.

Новаторським елементом даної концепції є інтеграція модулів штучного інтелекту, які дозволяють значно підвищити достовірність тестування. Зокрема, ШІ здійснює корекцію впливу навколишнього середовища, адаптує тест до умов конкретного користувача, а також аналізує отриманий фідбек для вдосконалення майбутніх тестів. Таким чином, зменшується вплив шумів, варіацій у якості навушників та інших факторів, які можуть спотворити результат.

Додаток буде орієнтований на повну автономність, спираючись виключно на апаратні ресурси смартфона (вбудовані мікрофони, динаміки, сенсори), що забезпечує широке охоплення аудиторії без потреби у спеціалізованому медичному обладнанні. Такий підхід відкриває можливість масштабного застосування в домашніх умовах, навчальних закладах, сільських місцевостях тощо.

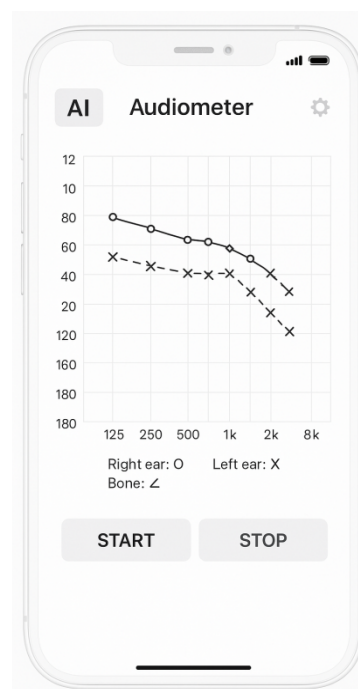


Рис. 4. Запропонована концепція

Користувачі матимуть змогу експортувати результати тестування у форматі окремого звіту, що може бути переданий медичному фахівцю як попередній діагностичний матеріал. Це сприятиме інтеграції додатку у медичну сферу та потенційній сертифікації.

Як напрям майбутніх досліджень і удосконалень, розглядається створення відкритої онлайн-платформи, що слугуватиме середовищем для обміну досвідом між користувачами, розробниками та ентузіастами щодо налаштувань штучного інтелекту і параметрів тестування для широкого спектра аудіопристроїв. За аналогією з такими успішними прикладами взаємодії спільноти, як Steam Workshop [5] у сфері відеоігор, запропонована платформа сприятиме формуванню активного співтовариства навколо адаптації та вдосконалення алгоритмів тестування слуху.

Висновки. Дослідження, проведене в межах цієї роботи, є вагомим внеском у вдосконалення мобільних засобів для скринінгу слуху. Запропоновані новаторські рішення спрямовані на підвищення достовірності результатів тестування та покращення зручності користування. Ключовими

перевагами розробки є її доступність, інтуїтивність інтерфейсу, а також можливість швидкого отримання результатів.

Подальше вдосконалення розробки доцільно спрямувати на мінімізацію похибок у результатах тестування, зокрема шляхом адаптації алгоритмів під різні акустичні умови, типи навушників та індивідуальні особливості користувачів. Такі удосконалення можуть наблизити ефективність додатку до професійних аудіометричних систем, які використовуються у медичних закладах.

Розроблений мобільний додаток вирішує одну з ключових проблем, визначених у дослідженні, а саме – обмежений доступ до регулярного тестування слуху для широких верств населення. Завдяки широкій розповсюдженості смартфонів та використанню інструментів штучного інтелекту, програма надає можливість проведення попереднього аналізу слуху у домашніх умовах. Такий підхід може стати ефективним інструментом для раннього виявлення проблем слуху, що, у свою чергу, сприятиме своєчасному зверненню до фахівця та запобіганню ускладненням, пов'язаним з втратою слуху.

Список літератури:

1. WO2015044926A1 “AUDIOMETRY SYSTEM AND METHOD”. URL: <https://patentscope.wipo.int/search/en/WO2015044926>
2. US20130060159A1 “Hearingscreeningapplicationformobiledevices”. URL: <https://patentcenter.uspto.gov/applications/13598762>
3. Audiometry. URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/Audiometry>
4. Smartphone. URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/Smartphone>
5. Steam Workshop. URL: <https://steamcommunity.com/workshop/>

Ovdiienko P.K., Lebedev D.Yu. RESEARCH OF HEARING SCREENING PROBLEMS IN EVERYDAY LIFE AND WAYS TO SOLVE THEM USING MOBILE TECHNOLOGIES

This study explores the issue of hearing screening in everyday life, with a particular focus on the challenges associated with early detection of hearing impairments among individuals who do not have regular access to professional, calibrated medical equipment. To address this, a review of modern patented solutions related to audiometric testing methods and hearing screening technologies has been conducted. The analysis of existing technological solutions made it possible to identify their key advantages, as well as reveal major shortcomings, especially when used outside of professional medical environments.

The aim of this research is to develop a conceptually new approach to organizing the hearing screening process by integrating mobile technologies that are widely used in daily life. Modern mobile devices, especially smartphones, are equipped with high-quality speakers, microphones, and substantial computing power, enabling the implementation of software with artificial intelligence components. Within this study, an innovative system in the form of a mobile application is proposed, designed for preliminary hearing testing at home without the need to visit medical facilities. The use of artificial intelligence methods ensures a personalized testing process, enhancing its accuracy, efficiency, and convenience for the end user.

The proposed solution demonstrates strong potential for establishing a new standard in the field of primary hearing screening. Further technical improvements to the system will contribute to increased accuracy and reliability of diagnostic results. In the long term, this opens up opportunities for widespread adoption of such technologies on a global scale, ensuring access to hearing screening for residents of remote, economically underdeveloped, or socially vulnerable regions. Thus, the presented system could become the foundation for a new paradigm of preventive otological diagnostics at the international level.

Key words: smartphone, hearing screening, everyday life, audiometry, mobile application, artificial intelligence.