

ФЕДУН ВІТАЛІЙ

Національний університет «Львівська політехніка»

<https://orcid.org/0009-0009-9557-515X>e-mail: Vitalii.I.Fedun@lpnu.ua

ПРОБЛЕМИ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ДОДАТКАХ НА СМАРТФОНІ

Швидке поширення смартфонів зробило їх незамінними інструментами, які використовуються не тільки для спілкування, але й як платформи, здатні виконувати складні обчислювальні завдання. Ця еволюція відкрила нові можливості для впровадження технологій штучного інтелекту (ШІ) на цих пристроях. Проте інтеграція ШІ у мобільні додатки супроводжується певними викликами. Ця стаття досліджує ключові питання та обмеження, пов'язані з використанням технологій ШІ в мобільному середовищі, особливо акцентуючи на обмеженнях апаратного забезпечення, конфіденційності даних та етичних аспектах.

Смартфони все більше стають основним пристроєм для більшості користувачів, які мають доступ до широкого спектру персоналізованих застосунків завдяки ШІ. Незважаючи на переваги, які забезпечують покращену функціональність та досвід користувача за допомогою ШІ, існують значні обмеження. Це включає обмежену обчислювальну потужність, високе енергоспоживання та необхідність захисту та забезпечення безпеки великих обсягів даних користувачів. Ці обмеження є критичними, оскільки вони безпосередньо впливають на ефективність та життєздатність ШІ-додатків на мобільних платформах.

Дослідження аналізує різні рішення для подолання цих викликів, наголошуючи на балансі між досвідом користувача та технологічними обмеженнями. Наприклад, локалізована обробка ШІ на пристроях може потенційно мінімізувати ризики конфіденційності даних та зменшити залежність від постійного інтернет-з'єднання. Більш того, прогрес у мобільному апаратному забезпеченні, такий як спеціалізовані ШІ процесори, робить можливим виконання складних завдань, таких як обробка природної мови та аналіз зображень в реальному часі на самому смартфоні.

На завершення, хоча ШІ може значно покращити функціональність мобільних додатків, розробники та зацікавлені сторони повинні навігувати у складному ландшафті технічних викликів, очікувань користувачів та етичних аспектів. Майбутні дослідження повинні зосередитися на розробці більш ефективних алгоритмів ШІ, призначених для мобільного середовища, та пошуках інноваційних способів подолання обмежень апаратного забезпечення смартфонів.

Ключові слова: штучний інтелект, машинне навчання, мобільна розробка, досвід користувача, персоналізовані програми.

FEDUN VITALII

Lviv Polytechnic National University

CHALLENGES IN USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES IN SMARTPHONE APPLICATIONS

The rapid proliferation of smartphones has made them indispensable tools, not only for basic communication but also as platforms capable of complex computational tasks. This evolution has opened up new opportunities for deploying Artificial Intelligence (AI) technologies on these devices. However, the integration of AI in smartphone applications is not without challenges. This paper explores the critical issues and constraints associated with implementing AI technologies in mobile environments, particularly focusing on limited hardware resources, data privacy, and ethical considerations.

Smartphones are increasingly becoming the primary device for most users, accessing a wide range of personalized applications, thanks to AI. Despite the advantages of enhanced functionality and user experience through AI, several significant limitations exist. These include constrained computational power, high energy consumption, and the need to protect and secure vast amounts of user data. These limitations are critical as they directly impact the effectiveness and viability of AI applications on mobile platforms.

The study analyzes various solutions to overcome these challenges, emphasizing the balance between user experience and technological constraints. For instance, localized AI processing on devices can potentially minimize data privacy risks and reduce reliance on continuous internet connectivity. Moreover, advancements in mobile hardware, such as specialized AI processors, are making it feasible to perform sophisticated tasks like natural language processing and real-time image analysis on smartphones themselves.

However, the deployment of AI in smartphones raises several ethical and social issues, particularly concerning data privacy and the potential for increased surveillance and data exploitation. The paper discusses the importance of ethical AI frameworks and the need for regulations to safeguard user privacy and ensure the responsible use of AI.

In conclusion, while AI can significantly enhance the functionality of smartphone applications, developers and stakeholders must navigate the complex landscape of technical challenges, user expectations, and ethical considerations. Future research should focus on developing more efficient AI algorithms tailored for mobile environments and exploring innovative ways to address the inherent limitations of smartphone hardware.

Keywords: artificial intelligence, machine learning, mobile development, user experience, personalized applications.

Постановка проблеми

Протягом останніх десятиліть спостерігається стрімке поширення смартфонів, які стають все більш доступними і популярними серед широкого кола користувачів. Сучасні смартфони не лише вирішують базові комунікативні задачі, але й є потужними пристроями, здатними виконувати складні обчислювальні операції. Ця еволюція технологій відкриває нові можливості для використання смартфонів у якості платформ для розгортання штучного інтелекту (ШІ). Важливість смартфонів як "найближчих" до користувача пристроїв, що мають можливість доступу до унікальних даних користувача, важко

недооцінити.

Різноманітні сенсори і сервіси смартфонів надають і генерують безліч даних, а ШІ використовується для їхньої обробки безпосередньо на пристрої і генерації результатів, що забезпечує нові можливості для покращення функціональності та збільшення продуктивності мобільних додатків [1]. Проте, попри численні переваги, використання ШІ на мобільних пристроях стикається з рядом серйозних обмежень. До них відносяться обмежена обчислювальна потужність, високе енергоспоживання, необхідність забезпечення конфіденційності та захисту даних. Ці обмеження потребують детального аналізу та визначення критичності їх впливу при застосуванні технологій ШІ у мобільних технологіях.

Важливість даної проблематики актуалізується у контексті постійного зростання обсягів даних, які генеруються користувачами мобільних пристроїв. Ефективне застосування ШІ на смартфонах впливає на якість обслуговування користувачів, безпеку особистих даних та енергоефективність пристроїв, що є критично важливим у сучасних умовах. Розгляд обмежень та пошук обходу цих обмежень є ключовим для наукових досліджень, спрямованих на оптимізацію алгоритмів ШІ для роботи в умовах обмежених ресурсів.

Ключові виклики, з якими стикаються розробники мобільних технологій, включають обмежену обчислювальну потужність мобільних пристроїв, високі вимоги до енергоспоживання ШІ алгоритмів, необхідність забезпечення безпеки і захисту великих обсягів персональних даних, а також забезпечення приватності користувачів. Поточні рішення часто розглядають смартфон як засіб для передачі даних на сервер, де вони обробляються, що хоча й розвантажує пристрій, але водночас створює ризики для приватності користувача та залежність від наявності мережевого з'єднання.

Аналіз останніх джерел

Останні дослідження показують, що технології ШІ у смартфонах включають різноманітні складні функції, спрямовані на підвищення ефективності пристрою, ідентифікації чи генерації результатів, що покращує функціонал як для користувача, так і для системи. Вони включають алгоритми машинного навчання, які сприяють передбачувальному набору тексту, розпізнаванню голосу та розумінню природної мови за допомогою віртуальних помічників, таких як Siri або Google Assistant, а також можливості розпізнавання зображень для ідентифікації об'єктів і подальшої класифікації або використання у доповненій реальності. Дослідження про захист мобільних операційних систем, як-от Android, від загроз шкідливих програм показують, що захист здійснюється за допомогою стратегій на базі ШІ, які ідентифікують ворожі програми. Використання складних методів, таких як генетичні алгоритми і опорно-векторних машин (SVM), дозволяє класифікувати шкідливі APK-файли через характеристики, виявлені під час статичного аналізу, таким чином покращуючи систему безпеки в середовищі смартфонів [2]. Однак впровадження інновацій ШІ у смартфони створює перешкоди, включаючи забезпечення конфіденційності даних і зниження ризиків, які можуть бути використані хакерами. На тлі швидкого розвитку мобільних технологій, ефективне застосування ШІ в смартфонах вимагає виваженої стратегії, яка однаково враховує новаторські зусилля та протоколи безпеки для ефективного подолання властивих цій області викликів.

У процесі розвитку технологій для смартфонів поява штучного інтелекту (ШІ) визначає критичний момент. На цій стадії ШІ, поєднаний з Інтернетом речей (IoT) та мобільною технологією, радикально змінює спосіб взаємодії користувачів. Включаючи IoT та ШІ в пристроях провідних компаній, таких як Apple і Samsung, можливості смартфонів розширюються, включаючи такі функції, як розпізнавання об'єктів, економію енергії та посилення захисту даних [3]. Крім того, синергія інновацій бездротового зв'язку 5G, пов'язана з ШІ та IoT, передбачає значний перегляд світових систем охорони здоров'я через покращену взаємодію з пацієнтами, глибокий аналіз та індивідуалізовані підходи до лікування [4]. Тим не менш, зростаюча залежність смартфонів від ШІ для різноманітних завдань порушує питання, пов'язані із захистом інформації користувачів, налаштуванням алгоритмів та етичними дилемами.

Також розвиток штучного інтелекту (ШІ) формує сучасні тенденції та відкриває захоплюючі майбутні можливості у сфері мобільних технологій. Інтеграція ШІ перевернула можливості смартфонів, покращуючи взаємодію користувачів із віртуальними помічниками, передовим розпізнаванням зображень, можливостями передбачення певних подій, персоналізації результатів. Як підкреслено у дослідженні [5], ця електронна трансформація несе в собі переваги та виклики, акцентуючи на важливості розуміння тонких наслідків такого прогресу.

Мета цієї роботи полягає у виявленні ключових проблем, що виникають при інтеграції технологій штучного інтелекту в мобільні додатки, з особливим акцентом на обмеження ресурсів смартфонів, конфіденційності даних та етичними аспектами. Також робота має на меті запропонувати рекомендації для ефективного впровадження та оптимізації штучного інтелекту в системах і додатках на смартфоні, забезпечуючи при цьому високий рівень безпеки і користувацького досвіду.

Виклад основного матеріалу

Можна виділити наступний список проблем, з якими можна зіткнутися при застосуванні технологій штучного інтелекту в додатку на смартфоні:

1. Обмеження обладнання та потужність обробки.

Попри те, що сучасні смартфони мають достатньо багато ресурсів для використання у повсякденних задачах, при застосуванні технологій штучного інтелекту вони достатньо швидко вичерпуються. Для

прикладу, останні версії iPhone мають спеціальний нейронний процесор Apple Neural Engine (ANE) [6], який дозволяє користуватися розширеними функціями на пристроях. Наприклад, обробляти природну мову та аналізувати зображення, при цьому не підключаючись до хмари та не використовуючи надмірно потужність гаджета. Також це дозволяє працювати з доповненою реальністю (AR) чи виконувати задачі поєднання глибокого навчання з IoT і периферійними обчисленнями. Тим не менш, перешкоди, пов'язані з апаратними обмеженнями, діють як суттєва перепона, ускладнюючи бездоганну інтеграцію складних функцій штучного інтелекту в смартфон [7]. Ця дилема підкреслює нагальну потребу в стратегіях, які вдосконалюють можливості обробки та посилюють функції апаратного забезпечення. Подолавши ці перешкоди, такі інновації можуть прокласти шлях до середовища, де використання технологій штучного інтелекту на смартфонах стане плавним і простим.

2. Проблема масштабованості.

Реалізація рішень ШІ, які масштабуються на різних мобільних платформах і пристроях, є важкою через різноманітні технічні характеристики і операційні системи [8]. Найвагомим фактором у цій проблемі є різноманітність операційних систем. Дві основні мобільні платформи, Android і iOS мають різні архітектурні підходи та різні API для розробки додатків. Це створює додаткові труднощі для розробників, які прагнуть створити ШІ-додатки, що однаково добре функціонують на обох платформах. Також потрібно враховувати версії операційних систем, тому що у межах однієї операційної системи можуть існувати численні версії, кожна з яких має свої особливості та рівень підтримки API. Це змушує розробників підтримувати старіші версії ОС, що може обмежувати використання більш сучасних технік застосування ШІ.

3. Проблеми конфіденційності даних та безпеки.

Смартфони часто мають доступ до чутливих особистих даних користувача, і впровадження ШІ має враховувати проблеми конфіденційності і дотримання норм захисту цих даних [9]. Іншою стороною цієї проблеми є те, що деякі компанії (до прикладу Apple) вимагають, щоб смартфон-додатки надавали маніфест конфіденційності. Цей файл має інформацію про те, як додаток використовує дані, чи ці дані асоціюються з користувачем, чи додаток опрацьовує дані локально чи відправляє на «зовні». Пізніше, засобами операційної системи ця інформація доноситься до користувача. Таким чином користувач може не дати доступ до певної частини даних, чим унеможливить працездатність залежних функціональностей.

4. Проблема упередження в алгоритмах і представлення даних.

Додатки смартфона, які використовують технології ШІ, можуть також стикатися з проблемою упереджень в алгоритмах. Якщо моделі належним чином не тренувати з різноманітними і репрезентативними наборами даних, це може призвести до спотворених або неправильних результатів. Також ефективність ШІ на мобільних пристроях може бути обмежена доступністю і якістю даних, які є життєво необхідними для тренування надійних моделей ШІ. Для зменшення ефекту цієї проблеми потрібно проводити регулярний аудит наборів даних та алгоритмів для виявлення та корекції упереджень, розширювати набори даних менш представлених груп в навчальних даних, забезпечити прозорість даних для кінцевого користувача, що дозволить користувачу краще зрозуміти як приймаються рішення.

5. Проблема інтерфейсу користувача та досвід.

Технології ШІ достатньо складні для розуміння звичайного користувача. Попри це потрібно витратити зусилля на представлення результатів ШІ в зрозумілій формі, ідентифікувати їх як генеровані технологіями ШІ, графічно відображати, які індикатори чи фактори впливали на формування результату, що забезпечить можливість взаємодії з такими результатами користувачів з різним рівнем технічної кваліфікації.

6. Проблема енергоспоживання.

Використання технологій ШІ у мобільних додатках, зазвичай, сильно впливає на енергоспоживання пристроєм. Що призводить до швидшого розряду батареї, недоступності пристрою і є важливим фактором для користувача на використання такого додатку. Одною з перших причин збільшення використання енергії додатком є те, що технології ШІ вимагають інтенсивних обчислень. Наприклад, такі задачі як обробка мови, аналіз зображень чи машинне навчання вимагають значних ресурсів процесора. Іншою причиною збільшення використання енергії є часті запити до датчиків периферії для отримання даних у реальному часі, таких як локація, рух, звук, візуальна інформація, що вимагає постійної активності датчиків і відповідно підвищує споживання енергії.

Щоб протидіяти даній проблемі, до прикладу, компанія Apple в останніх моделях своїх смартфонів використовує процесор з спеціальним ядром Neural Engine (ANE). Це дозволяє більш впевнено використовувати ШІ на їх пристроях. Для більш загального підходу зменшення впливу проблеми енергоспоживання, інженер може оптимізувати алгоритми ШІ під конкретно поставлені задачі, вводити поняття «режимів енергозберігання»(коли заряд батареї низький – не використовувати ШІ, або дозволити користувачу приймати це рішення), дбайливе застосування сервісів ШІ. Зазвичай взаємодія з технологіями ШІ відбувається через сервіси ядра операційної системи смартфона. Тому взаємодія з такими сервісами має бути добре проінспектована шляхом перевірки правильності ініціалізації, старту, зупинки сервісу.

7. Етичні проблеми та соціальні наслідки.

Перш за все, потрібно пам'ятати, що смартфон – це, досить часто, «найближчий пристрій» до користувача і велика кількість інформації надходить до користувача через смартфон або й зберігається в

смартфоні чи додатку. Та це не означає, що вся ця інформація має бути автоматично доступна для ШІ. ШІ на мобільних пристроях збільшує можливості для моніторингу та аналізу поведінки користувачів. Це стосується не лише збору геолокаційних даних, але й аналізу особистих повідомлень, звуків, зображень та інших форм взаємодії:

- Спостереження за поведінкою - мобільні додатки можуть використовувати камери, мікрофони та інші датчики для збору даних без явної згоди користувачів. Це може включати моніторинг місцезнаходження або навіть емоційного стану.
- Питання згоди - часто користувачі не повністю усвідомлюють, на що дають згоду під час використання мобільних додатків, особливо коли умови та політики конфіденційності формулюються у складний і незрозумілий спосіб.

Впровадження ШІ на мобільних пристроях також може вплинути на соціальну справедливість, посилюючи існуючі нерівності:

- Доступ до технологій - є ризик, що багатіші та більш розвинені суспільства отримають більше вигод від ШІ, тоді як бідніші групи та країни залишаться поза основними технологічними інноваціями.
- Дискримінація через упереджені алгоритми - ШІ може переносити існуючі стереотипи та упередження в свої алгоритми, що може привести до дискримінаційних практик при прийнятті рішень.

Кожен з цих аспектів важливий, і оцінювати можливість їх впливу можна тільки у момент проектування системи залежно від використаних даних і сфери застосування системи.

8. Проблеми дотримання регуляцій.

Використання ШІ в додатку на смартфоні має відповідати регіональним і глобальним нормам щодо конфіденційності, використання та безпеки даних. Потрібно враховувати, що регуляторні вимоги можуть значно варіюватися в залежності від географічного регіону, кожен з яких має свої закони та норми щодо конфіденційності, безпеки та використання даних.

Детальніше про ключові регіони:

1. Європейський Союз (ЄС):

- загальний регламент захисту даних (GDPR): введений у 2018 році, GDPR встановлює суворі правила для збору, зберігання та обробки особистих даних. Організації, які використовують ШІ для обробки даних громадян ЄС, повинні забезпечити право на забуття, прозорість щодо збору даних та вимоги до згоди.
- право на пояснення: користувачі мають право знати логіку, значення та наслідки обробки їхніх даних алгоритмами ШІ.

2. Сполучені Штати Америки (США):

- закон про конфіденційність споживачів Каліфорнії (CCPA): цей закон схожий на GDPR та надає споживачам право знати, які особисті дані збираються, та право вимагати їх видалення.
- закони про охорону здоров'я, такі як HIPAA: ці закони регулюють обробку та захист медичної інформації. Технології ШІ, які використовують медичні дані, повинні дотримуватися цих норм.

3. Китай:

- закон про кібербезпеку: встановлює рамки для забезпечення безпеки даних, вимагає від організацій покращення систем управління даними та захисту особистої інформації.
- закон про особисті дані: вимагає від компаній отримати згоду на обробку особистих даних, а також встановлює вимоги до експорту даних.

4. Індія:

- законопроект про захист особистих даних - ще не прийнятий, пропонує правила, схожі до GDPR, з вимогами до згоди, права на забуття та механізми реагування на порушення безпеки даних.

Наведений вище список проблем застосування ШІ у додатках смартфона може виглядати досить критично і можливо навіть безперспективно. Тому розглянемо для кращого розуміння різні імплементації однієї і тієї ж системи.

Метою нашої системи є збір даних від користувача (інтереси, цікавий контент в додатку), даних про користувача (серцебиття, температура тощо) і застосування ШІ до цих даних, генерування і відображення результату.

Одним із підходів (Варіант 1), який найчастіше використовується, є побудова такої системи, де смартфон, а точніше додаток на смартфоні буде постачальником даних (рис. 1).

У даній системі «Варіант 1» додаток акумулює дані про користувача, до прикладу, який контент найчастіше він дивиться у додатку, скільки тратить часу на тому чи іншому екрані. Також вичитує дані зі смартфона і різноманітних розумних пристроїв, з якими взаємодіє користувач. Це можуть бути дані температури, серцебиття, активності користувача протягом дня. Після цього додаток відправляє ці дані на сервер. Сервер доставляє дані до сервісу із ШІ, який опрацьовує їх і видає результат. Після цього сервер повертає результат у додаток. Додаток представляє дані користувачу.

Такий варіант системи, де додаток віддає дані і відображає, має багато переваг, але не обходиться і без потенційних проблем. Перш за все, додаток є сильно залежним від мережевого з'єднання. Наступною, не менш важливою проблемою, є те, що дані користувача покидають власність користувача (смартфон) і для

багатьох користувачів, враховуючи тип приватності даних, це може бути важливо. Особливо, якщо говорити про медичну індустрію.

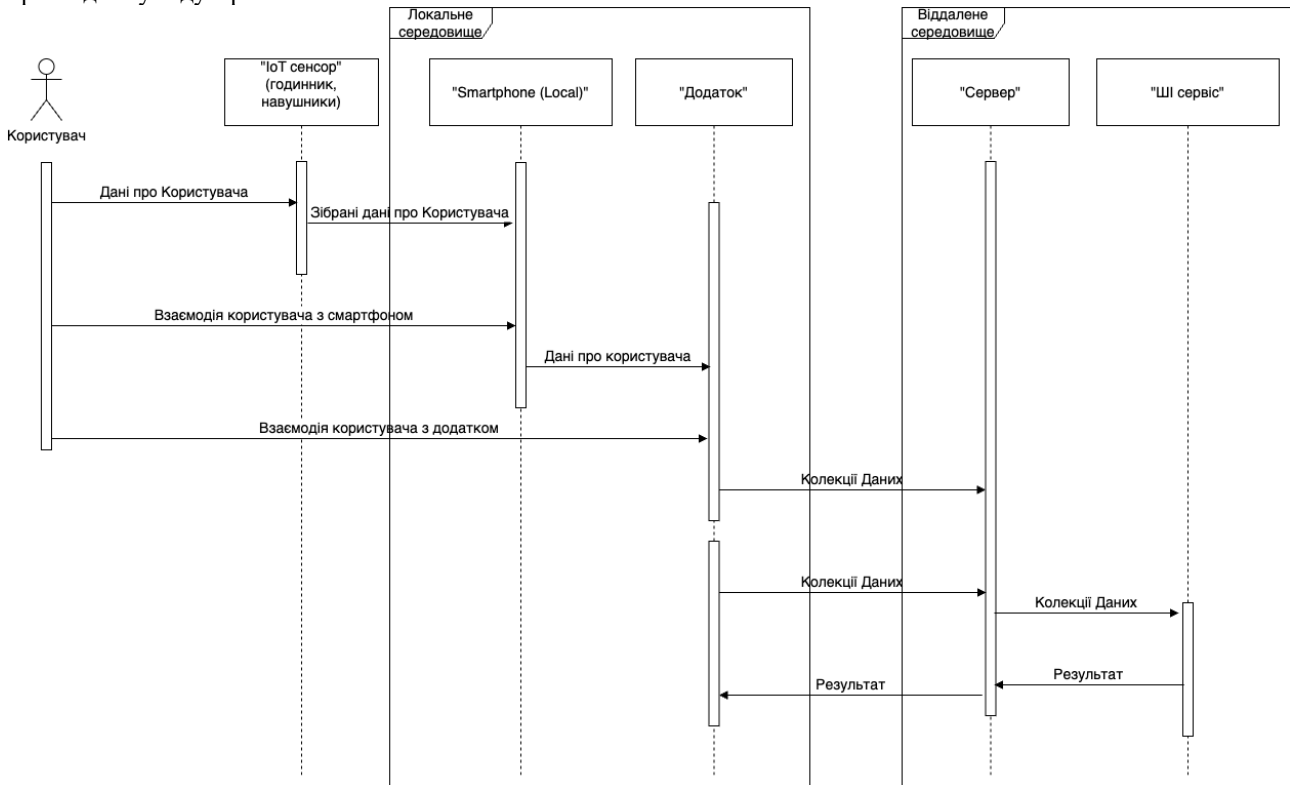


Рис. 1. Діаграма послідовності збирання даних у системі, де смартфон є постачальником даних

Іншим підходом побудови (Варіант 2) такої системи може бути система, де додаток на смартфоні буде збирати дані і опрацьовувати їх засобами ШІ на цьому ж пристрої (рис. 2).

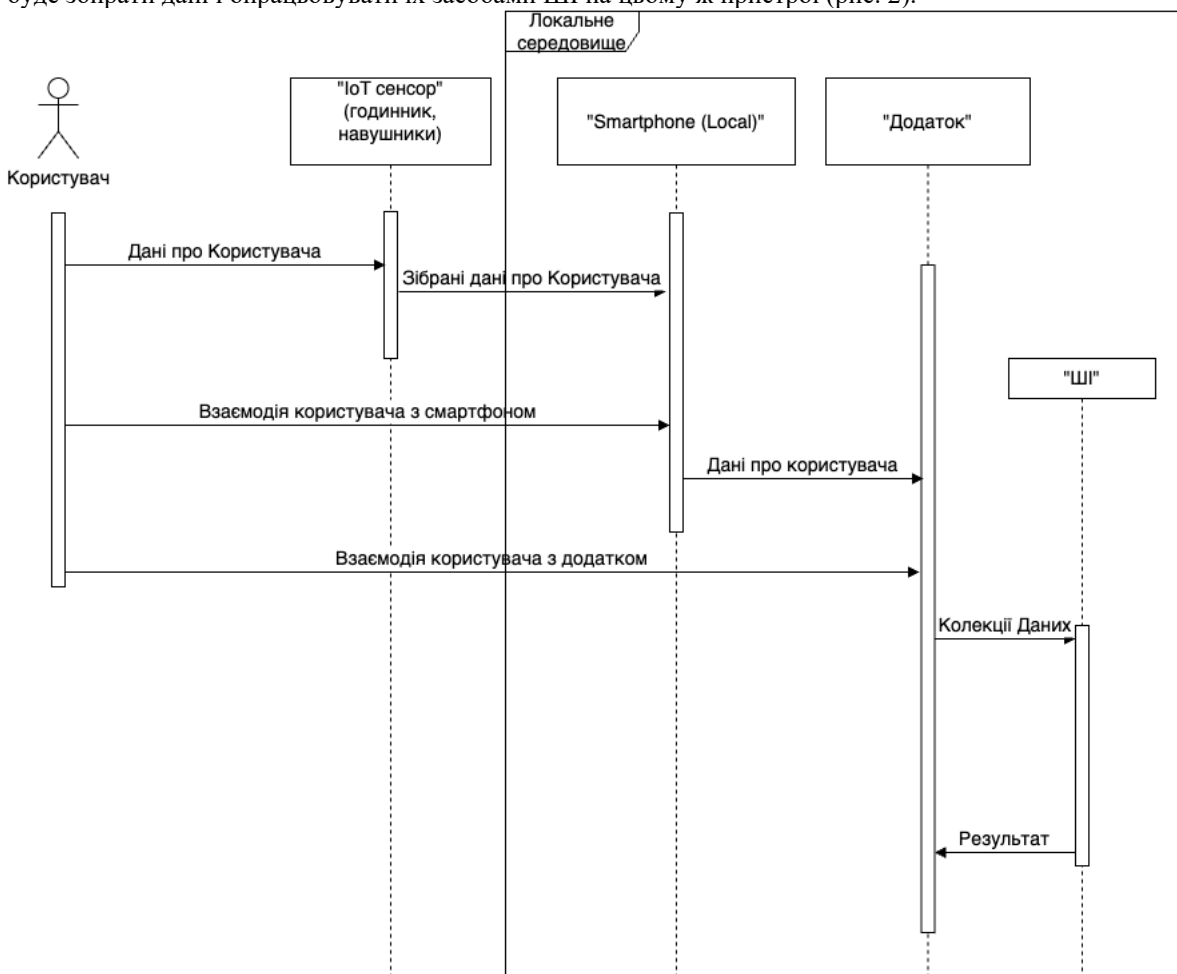


Рис. 2. Діаграма послідовності збирання даних в системі, де додаток на смартфоні використовує ШІ

У такій системі збір даних відбувається так, як і в попередній, але додаток також сам опрацьовує дані засобами ШІ і так, як і в попередній системі відображає результат. Ця система не є настільки сильно залежною від зовнішніх ресурсів чи мережевого з'єднання. Працездатність додатку може забезпечуватися і без з'єднання. Дані користувача не покидають його власність. Також додаток може швидше реагувати на зміни даних.

Цій системі «Варіант 2» повністю притаманні всі пункти зі списку проблем, з якими можна стикнутися при застосуванні технологій штучного інтелекту в додатку на смартфоні. Але тепер, якщо порівнювати Варіант 1 і Варіант 2, то багато проблем зі списку можуть бути не настільки критичними (табл. 1). А варіант використання ШІ в додатку для певних задач буде надавати більше переваг.

Таблиця 1

Порівняльний аналіз обробки даних ШІ на мобільному пристрої та сервері

Аспект	Застосування ШІ на сервері	Застосування ШІ у додатку
Контроль	Контроль зосереджений у постачальника послуг	Вищий контроль користувача над даними
Безпека даних	Потребує більш складних заходів безпеки для захисту даних	Зменшення ризику витоку при передачі даних
Згода	Може вимагати додаткових згод на передачу даних	Згода вимагається для локальних функцій
Передача даних	Дані передаються на віддалені сервери	Відсутня потреба у передачі даних за межі пристрою
Регуляторні обмеження	Підлягає міжнародним та регіональним регуляціям	Обмежені згідно з місцевими правилами

Ще одним підходом побудови (Варіант 3) такої системи може бути гібридний підхід (рис. 3).

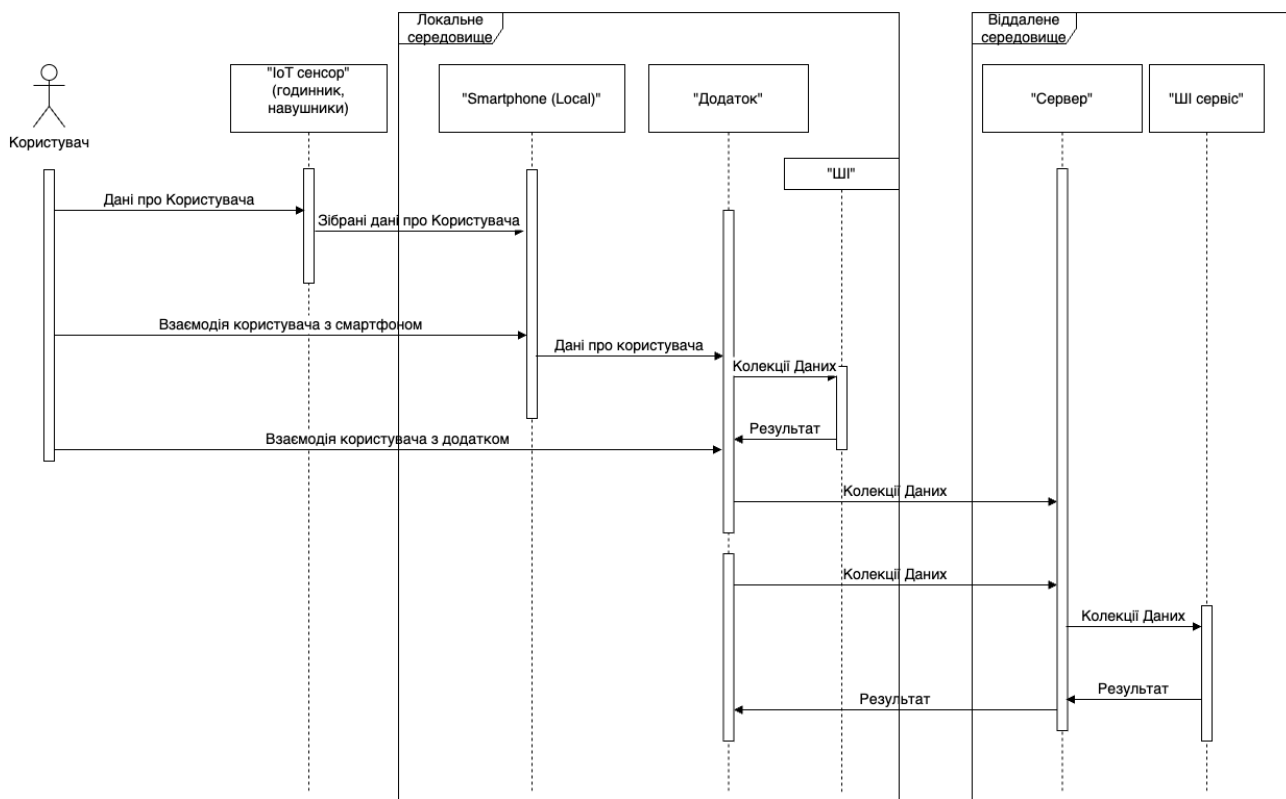


Рис. 3. Діаграма послідовності збирання даних в системі з гібридним підходом застосування ШІ

Гібридна система використання штучного інтелекту у додатках смартфона поєднує підходи Варіанта 1 та Варіанта 2, намагаючись знайти баланс між автономністю та централізацією обробки даних. У цьому варіанті додаток збирає первинні дані від користувача, такі як активність, серцебиття і перегляд контенту. Частина цих даних обробляється локально на самому смартфоні з метою забезпечення швидкої реакції на зміни у поведінці користувача та зниження залежності від зовнішніх мережевих з'єднань.

Однак, додаток також передає оброблені та агреговані дані на сервер, де вони можуть бути надалі глибше проаналізовані потужнішими системами штучного інтелекту для вироблення узагальнених

рекомендацій та удосконалень сервісу. Сервер повертає вдосконалені висновки назад у додаток, який відповідно представляє ці дані і використовує їх для покращення користувацького досвіду.

Такий гібридний підхід дозволяє ефективно використовувати локальні ресурси смартфона для негайної реакції та водночас залучати масштабні можливості хмарних обчислень для більш складних задач. Втім, важливо зазначити, що така система може вимагати значних вкладень у розробку та підтримку, а також забезпечення безпеки даних, оскільки інформація передається між різними ланками системи.

Висновки

У статті здійснено аналіз обмежень, перспектив та можливостей застосування технологій штучного інтелекту в додатках на смартфонах. Під час цього аналізу ідентифіковано специфічні сфери і напрями, де можна використовувати технології ШІ, а також основні аспекти, які породжують труднощі при їх інтеграції у мобільні додатки. Наслідком цього стало формування списку найважливіших проблем, з якими можна зіткнутися при роботі з ШІ у мобільних додатках. Для кожної з них були визначені причини виникнення та рекомендації щодо зменшення їх впливу. Окрім того, у статті було розглянуто кілька архітектурних варіантів систем, що демонструють критичність визначених проблем і пропонують оптимальні рішення.

Розвиток смартфонів забезпечив технічну можливість застосування ШІ у великому спектрі додатків, розширюючи горизонти їхнього використання для більшої кількості завдань. Визначений список проблем підкреслює виклики, з якими розробники можуть зіткнутися під час імплементації ШІ в додатках. Проте, незважаючи на ці виклики, можна відзначити, що існує певна категорія завдань, де застосування ШІ може бути особливо ефективним. Особливо цінним є впровадження штучного інтелекту у додатки, які потребують персоналізації контенту, адаптивного інтерфейсу користувача або покращення безпеки та приватності через інтелектуальні методи захисту і верифікації.

У статті акцентується увага на необхідності балансу між функціональністю додатків та захистом даних користувачів, що є ключовим для забезпечення довіри та прийняття ШІ технологій серед кінцевих користувачів. Врахування етичних аспектів та регуляторних вимог стає невід'ємною частиною процесу розробки, що допомагає формувати безпечне та ефективне середовище для використання штучного інтелекту на мобільних платформах.

Література

1. Sure, T. A. R. (n.d.). Artificial intelligence and machine learning in iOS. Journal ID, 2157, 0178.
2. Taha, A., & Barukab, O. (2022). Android malware classification using optimized ensemble learning based on genetic algorithms. *Sustainability*, 14(21), 14406. <https://doi.org/10.3390/su142114406>
3. Benouda, H., & Lachgar, M. (2020). IoT devices controlled using mobile apps.
4. Latif, S., Qadir, J., Farooq, S., & Imran, M. A. (2017). How 5G wireless (and concomitant technologies) will revolutionize healthcare? *Future Internet*, 9(4), 93. <https://doi.org/10.3390/fi9040093>
5. Viale Pereira, G., Estevez, E., Cardona, D., Chesñevar, C., Collazzo-Yelpo, P., Cunha, M. A., ... & Scholz, R. W. (2020). South American expert roundtable: increasing adaptive governance capacity for coping with unintended side effects of digital transformation. *Sustainability*, 12(2), 718. <https://doi.org/10.3390/su12020718>
6. Banerjee, D. (2018). A microarchitectural study on apple's a11 bionic processor. Arkansas State University: Jonesboro, AR, USA.
7. Elnagar, S. (2021). Inquiries in intelligent information systems: New trajectories and paradigms.
8. Shaw, J., Rudzicz, F., Jamieson, T., & Goldfarb, A. (2019). Artificial intelligence and the implementation challenge. *Journal of Medical Internet Research*, 21(7), e13659. <https://doi.org/10.2196/13659>
9. Al Harthy, K. (2022). A risk management framework for the BYOD environment.