



РОЗРОБКА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ НАВІГАЦІЇ ТА ПРОСТОРОВОЇ ОРІЄНТАЦІЇ ДЛЯ ЛЮДЕЙ З ВАДАМИ ЗОРУ

В. Пастух, В. Андрущак, М. Бешлей, М. Климаш¹, В. Вдовиченко²

¹ Національний університет “Львівська політехніка”, вул. С. Бандери, 12, Львів, 79013, Україна

² Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, Львів, 79057, Україна

Відповідальний за рукопис: В. Пастух (e-mail: volodymyrpastukh@gmail.com)

(Подано 28 лютого 2023)

У роботі на основі мобільного пристрою розроблено прототип інформаційно-комунікаційної системи навігації та просторової орієнтації для людей з вадами зору. Прототип має низку переваг, зокрема портативність, зручність та простоту використання. Це досягається завдяки гармонійному поєднанню оптимізованих програмних модулів, що забезпечують збирання даних, навігацію, інтелектуальну аналітику та оброблення зображень у межах одного смартфона. Для реалізації прототипу попередньо реалізовано етапи розроблення інформаційно-комунікаційної системи, проаналізовано предметну область, досліджено варіанти програмного та апаратного забезпечення, спроектовано архітектуру, в основі якої запропоновано алгоритм асинхронної обробки великого потоку даних. Результатом роботи є перевірений базовий прототип системи, готовий до експлуатації в тестових умовах та збирання даних для подальших досліджень.

Ключові слова: система навігації; просторова орієнтація; багатомодульна система; асинхронний алгоритм; нейронні мережі.

УДК: 621.126

1. Вступ

Згідно зі статистикою Всесвітньої організації охорони здоров'я [1], у жовтні 2022 р. у світі налічувалося понад 200 млн людей із порушеннями зору. На відміну від людей з нормальним зором, вони не можуть отримати доступ до достатньої кількості візуальних підказок про навколишнє середовище через слабкість зорового сприйняття. Як наслідок, люди з вадами зору стикаються з проблемами у багатьох аспектах повсякденного життя, зокрема під час подорожей, навчання, розваг, спілкування та роботи.

Традиційними допоміжними засобами для людей з вадами зору є білі тростини, собаки-поводирі та волонтери. Однак кожне з цих рішень має певні обмеження. Вони або працюють лише в певних ситуаціях, з обмеженими можливостями, або дорогі з погляду додаткової робочої сили. Очевидно, що досягнення в галузі інформаційно-комунікаційних технологій, робототехніки, штучного інтелекту, комп'ютерного зору, географічної інформаційної системи (ГІС) і давачів дають змогу інтегрованим інтелектуальним системам виконувати картографування, позиціонування і прийняття рішень під час виконання завдань у міських умовах. Отже, поступово з'являються сучасні допоміжні рішення для людей з вадами зору, що ґрунтуються на можливостях використання мобільних смартфонів, робототехніки та автономних технологій. Їх реалізують у різних формах, таких як мобільні термінали, портативні комп'ютери, сенсорні станції, які носять, і

незамінні аксесуари. Більшість з цих пристроїв використовують комп'ютерний зір або ГІС/GPS для розуміння навколишнього середовища, визначення місцезнаходження в реальному часі та покрокові команди для керування користувачем. Однак покрокові команди користувачам виконувати складно, а самі системи потребують значних обчислювальних потужностей.

Внаслідок істотного зростання потужностей програмних та апаратно-технічних засобів розроблення інформаційно-комунікаційних системи вимушено видозмінюється за основою. Це зумовлено передусім прямо пропорційним зростанням вимог до користувальницьких систем на ринку технологій, які за нових обчислювальних здатностей можна реалізувати, проте через застарілі методики розроблення виникають нові проблеми. Однією із них є проблема недосконалості архітектури користувальницької інформаційної системи за наявності великого обчислювального функціонала. У системі навігації та просторової орієнтації вона помітна ще на етапі аналізу, під час визначення потреб користувача, таких як безперервний живий потік даних через вузькі інтерфейси взаємодії, обчислювання великого обсягу складних даних та їх конвертація у примітивні прості дані загального функціонала.

Попередні варіанти архітектурних рішень, які покладаються на прямий або напівпрямий зв'язок системи та користувача, за таких великих обсягів обчислень та специфічних умов використання, відкидають головну перевагу у вигляді потужностей, яких система може досягти за правильного підходу до її реалізації на основі сучасних засобів. Складні функціональні модулі, повинні розглядатись в загальному контексті системи як примітивні операції, робота з якими спрощується та пришвидшується за багатопоточного асинхронного підходу. Система навігації та просторової орієнтації для незрячого користувача працює безперервно з орієнтацією на час, виконує більшість обчислювальної роботи для внутрішніх потреб, організовуючи структуру із даних роботи усіх модулів на одиницю часу [1].

Такий підхід до розроблення системи навігації та просторової орієнтації вкрай важливий та необхідний, адже така система імітує природні обчислювальні процеси обробки інформації середовища та забезпечує надійне та безпечне користування.

2. Аналіз системи навігації та просторової орієнтації

На першому етапі аналізу визначають основні функції системи навігації та просторової орієнтації, які прямо впливають із зорової системи людини, яка повинна бути замінена чи доповнена. Цей етап дає розуміння, яке технологічне рішення може вирішити ту чи іншу проблему незрячої людини. До таких функцій належать: навігація – спроможність людини визначити початкове місцезнаходження, кінцеве місце призначення та скласти маршрут на основі раніше зібраних даних або під час самого маршруту; просторова орієнтація – спроможність людини визначити своє положення у конкретний момент часу та діяти відповідно до нього, із урахуванням навколишнього середовища може бути змінена стратегія роботи системи; мобільність – визначення та уникнення небезпек поряд з людиною і перешкод на її шляху, людський зоровий інтерфейс асинхронно обробляє велику кількість динамічних об'єктів у середовищі, відповідно до яких налаштовує рух; розпізнавання образів – визначення характеристик об'єктів від абстрактних фізичних показників (форма, колір, величина) до складніших інтелектуальних (текст, символ, сигнал) [2].

Важлива складова – середовище використання систем, оскільки вимоги щодо розроблення таких систем залежать також від середовища експлуатації. Середовища експлуатації системи можна поділити на два типи: “відкрите” середовище – простір із необмеженою площею пересування та великою кількістю різних динамічних та статичних об'єктів та “закрите” середовище, яке передбачає наявність обмеженої площі для можливого пересування, чітко виділених маршрутів, переважної кількості статичних об'єктів у просторі [3, 4].

Архітектура таких користувальницьких систем ґрунтується на принципі проміжного вузла оброблення даних між навколишнім середовищем і людиною, з шаром інформаційних входів та шаром інформаційних виходів на користувача. Реалізація системи спирається на забезпечення системи усіма функціями та оптимальне співвідношення кількості та якості інформаційних входів до інформаційних виходів для збереження користувальницького досвіду на допустимому рівні.

Упродовж історії розвитку технологій уже пропонували способи реалізації цієї тематики [5], у частковій або повній формі, комерційні та наукові варіанти. Загалом їх поділено на декілька груп, які основані на типі кореневого технологічного забезпечення системи.

1. Радіолокаційні системи – робота за принципом відбивання радіохвиль і визначення оточення та місцезнаходження у просторі. Такі системи було запропоновано на перших етапах реалізації систем навігації та просторової орієнтації для незрячих користувачів. Серед переваг цього типу рішень – простота реалізації, проте недоліки – забезпечення виконання лише однієї функції та низька інформаційна спроможність.

2. Навігаційні системи GNSS, GPS – глобальна супутникова навігаційна система, використовувана для визначення позиції пристрою приймача за допомогою підрахунку моментів часу приймання сигналу. Реалізуючи цей варіант, місцезнаходження користувача можна швидко визначити у будь-якій точці планети із налаштованою точністю. Переваги застосування – унікальні та точні дані позиції користувача у макропросторі, серед недоліків велике споживання енергії та ціна імплементації,

3. Радіочастотні пристрої ідентифікації – радіомітки (IR, BLE, Wi-Fi), апаратно-програмні засоби для налаштування інфраструктури навігації та просторової орієнтації, які передбачають маршрути за графом пристроїв, здатних до передавання радіосигналу, визначення позиції за допомогою тріангуляції, неявна комунікація із програмним простором середовища. Переваги – швидкість та точність, дешевизна та невелике енергоспоживання, недоліки – обмеження функцій, неповна надійність оперування даними.

4. Нейронні мережі та комп'ютерне бачення – на основі натренованих нейронних мереж, забезпечення різних типів та складності функцій. Полягає у можливості забезпечити цим рішенням виконання усіх або більшості вимог до системи, делегуючи його на підготовлені нейронні мережі у одному або декількох екземплярах. Серед переваг незалежність від платформи розгортання, простота заміни та масштабування, проте недоліками є велика затребуваність ресурсів для реалізації специфічного рішення, високе споживання ресурсів на виконання [6–8]. На рис. 1 приклад розпізнавання складних та динамічних об'єктів на фреймі із відеопотоку.

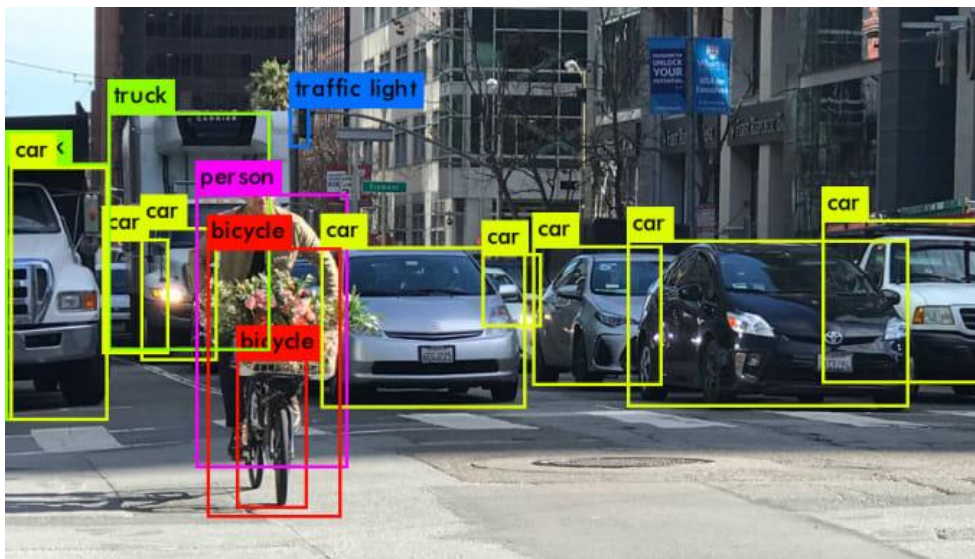


Рис. 1. Приклад розпізнавання об'єктів натренованою нейронною мережею

На підставі інформації щодо основних вимог та функцій визначають технічне забезпечення для реалізації системи. Для поєднання потрібних компонент, що здатні забезпечити роботу усіх функціональних рішень, правильного і швидкого асинхронного оброблення даних з інформаційних входів та виходів, необхідний потужний обчислювальний вузол, здатний до паралельного обчислювання та зберігання даних в оперативній пам'яті. Таким пристроєм може бути і власний пристрій

на основі певного мікроконтролера з додатковими окремими компонентами. Такий варіант надає більшої гнучкості в розробленні та налаштуванні кожного компонента. Прийнятна також реалізація у вигляді застосунку на мобільному пристрої, який вже містить у собі вбудовані компоненти та інтерфейси зв'язку, а також потужний процесор для обчислювальної роботи.

3. Проектування архітектури системи навігації та просторової орієнтації

Запропонована основа архітектури є універсальною для реалізації на платформах різного типу і передбачає чітке розділення обчислювальних компонентів системи на логічні шари:

1. *Шар даних*, у якому організована робота із отримання, збереження, конвертації даних з апаратних компонентів системи чи сторонніх сервісів.

2. *Шар обробки* даних охоплює усю складну бізнес-логіку та обчислення.

3. *Шар презентації* містить функціонал зв'язку системи та користувача через доступні на платформі інтерфейси.

Кожен із цих шарів працює окремо, незалежно один від одного, а взаємодія між шарами здійснюється не прямо, а через реалізовані інтерфейси комунікації. Кожен шар оперує власними типами сутностей із даними, попередньо підготовленими та обмеженими для поточної області роботи, для збереження цілісності та безпеки.

Надалі такий архітектурний підхід дає можливість для легкого розширення системи, міграції та уніфікації модулів, імплементації кросплатформних рішень.

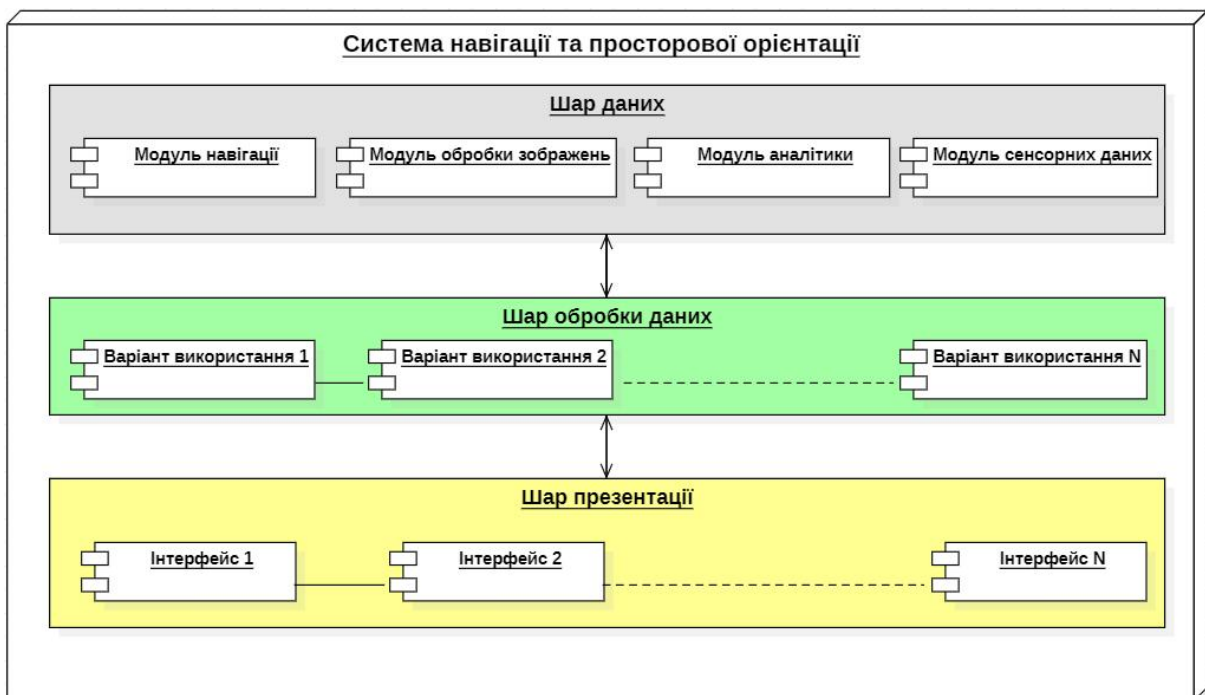


Рис. 2. Діаграма компонентів архітектури системи навігації та просторової орієнтації

На рис. 2 відображено діаграму компонентів архітектури системи навігації та просторової орієнтації, з деталізованими внутрішніми складовими кожного шару у вигляді модулів.

Шар даних:

1. Модуль аналітики – набір вбудованих та сторонніх компонентів, для збереження та аналізу даних: база даних, аналітика. Аналітика та збирання даних потрібні як на початкових етапах розроблення системи, так і під час подальшого розвитку, підвищення точності та надійності.

2. Модуль навігації – програмна реалізація навігації, на основі відкритих карт та даних щодо місцевості та локації пристрою. У цьому модулі розгортається функціонал повної навігації

користувача по доступній місцевості, розраховують маршрути, траєкторії та рухи. На рис. 3 відображено діаграму класів модуля навігації, із простим сховищем логіки організації сирих даних та комунікації із модулем.

3.

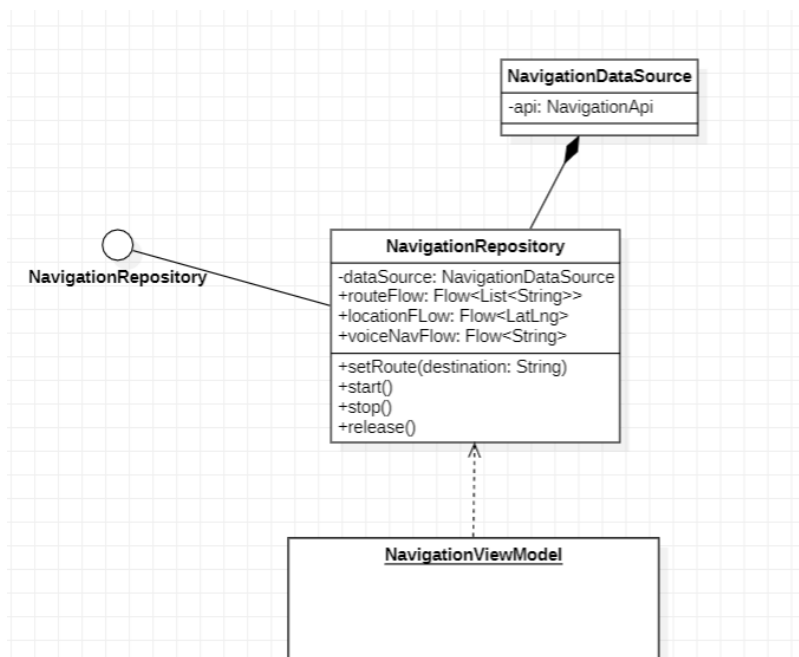


Рис. 3. Діаграма класів модуля навігації

Модуль оброблення зображень – обчислювальний модуль, що охоплює набори алгоритмів, автономних моделей нейронних мереж та інтерфейсів зв’язку для оброблення потоку графічних даних.

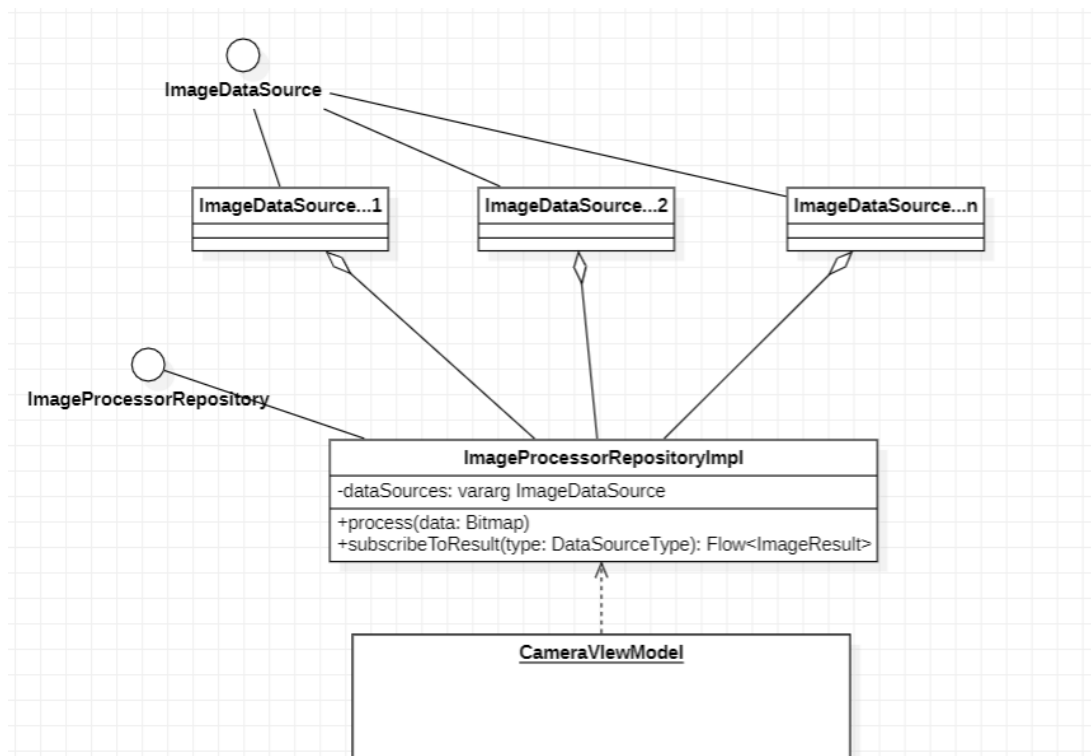


Рис. 4. Діаграма класів модуля оброблення зображень

На рис. 4 відображено діаграму класів модуля оброблення зображень, яка описує детальну структуру внутрішніх компонентів та зв'язки між ними. Основним колектором є клас `ImageProcessorRepositoryImpl`, який реалізує відповідний інтерфейс для подальшої міжмодульної комунікації. Цей клас агрегує множину екземплярів класів `ImageDataSource` та надає два методи взаємодії із собою. `ImageDataSource` – клас, що реалізує відповідний інтерфейс та зберігає логіку на один варіант оброблення зображення.

Модуль сенсорних даних – прямі та закриті налаштовані інтерфейси отримання даних з апаратних компонентів системи: сенсори, інтерфейси комунікації.

Шар обробки даних містить динамічну кількість варіантів використання, які, своєю чергою, є логічними операціями із даними, отриманими з інших шарів системи. Один варіант використання розглядається у цій архітектурі як атомарна проста операція, налаштовується і спрощується, орієнтуючись на обчислювальні можливості багатопоточності системи. Прикладом таких операцій є оброблення зображення та зіставлення його із даними сенсорів акселерометра та гіроскопа, для визначення шаблону руху і передбачення наступних кроків користувача у просторі.

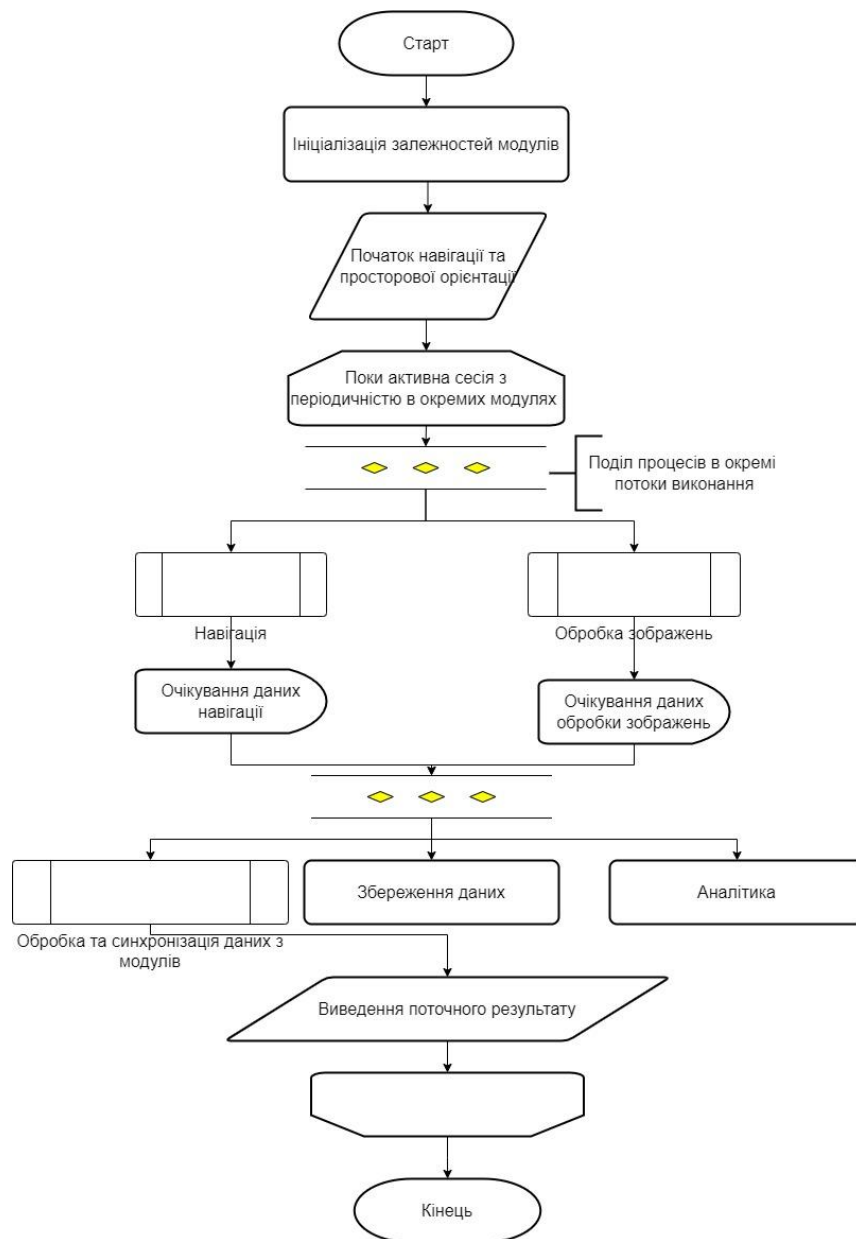


Рис. 5. Алгоритм роботи навігації та просторової орієнтації у загальному вигляді

Шар презентації найзалежніший від платформи, середовища, де розгортається система, проте організований чіткою структурою інтерфейсів, які містять логіку комунікації користувача із системою. Такими інтерфейсами є звуковий вивід пристрою, вібросигнал, дисплей, комунікація із периферією.

На основі вимог та функціонала системи запропоновано архітектуру та її окремі модулі, спроектовано алгоритм системи навігації та просторової орієнтації у вигляді класифікації об'єктів середовища користувача і його комунікації з системою. Алгоритм роботи системи навігації та просторової орієнтації відображено на рис. 5.

Основною перевагою цього алгоритму є правильний розподіл обчислювальної роботи в багатопоточному середовищі виконання, який відображено на блок-схемі алгоритму відповідним елементом. Не усі процеси можуть виконуватись паралельно, через недоцільність використання для простих задач окремих потоків або ресурсів окремого потоку для асинхронного виконання. Серед таких задач – початкова ініціалізація потрібних залежностей та модулів, яка у разі асинхронного виконання дасть незначний виграш у часі, враховуючи затрати на конфлікти доступу до спільних ресурсів, які можуть бути спричинені. Початок сесії основного функціонала навігації та просторової орієнтації та його завершення також виконуються в одному потоці, який у користувацьких інформаційних системах такого типу виділяється як *головний потік*, для взаємодії з користувачем. Основна частина роботи системи, архітектурно поділена на окремі модулі, приймає виконання процесів у окремих потоках. Як відображено на блок-схемі, процеси навігації та обробки зображень, позначені відповідними елементами, алгоритми яких деталізовано описані на наступних діаграмах, виконуються паралельно та завдяки дотриманому на етапі проектування принципу інкапсуляції логіки цих модулів не виникає конфліктів виконання. На рис. 6 подано детальне описання роботи функціонала навігації, який виконується на окремо виділеному потоці.

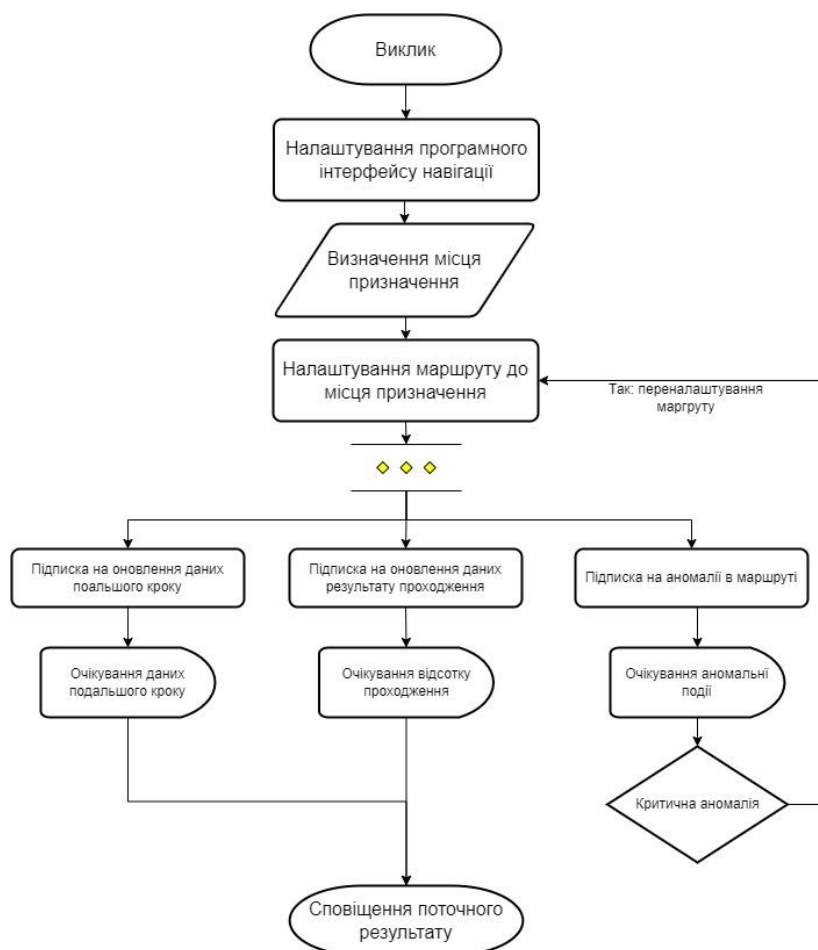


Рис. 6. Деталізований алгоритм роботи функціонала навігації

Процес починається із виклику відповідної функції, з головного потоку виконання, після чого відбувається попередня ініціалізація внутрішніх об'єктів модуля. Далі користувач вводить вхідні дані місця призначення та налаштовує навігацію по маршруту. Навігація комплексно складається із трьох процесів підписки на оновлення даних із програмного інтерфейсу навігації, час зупинки виконання кожного із яких невизначений. У межах цього потоку виконання їх поділено на підзадачі, тобто такі, яким динамічно виділяють ресурси на виконання у момент виходу зі стану паузи. Процеси оновлення даних щодо прогресу навігації та інструкцій проходження маршруту прості та не потребують великої кількості ресурсів, які полягають в очікуванні та передаванні результату на подальше оброблення в загальному контексті роботи системи. Оновлення даних щодо аномальних подій у навігації може спричинити тимчасову зупинку всього потоку, якщо така подія є критичною. Така термінова зупинка не потребує додаткових ресурсів на переривання дії інших операцій, адже вони виконуються асинхронно в контексті одного потоку, який централізовано керує усіма ресурсами та запущеними дочірніми операціями. Оброблення зображень, відображене на рис. 7, має таку саму основу, як і процес навігації, з поділом ресурсів свого виділеного потоку виконання на усі дочірні процеси.

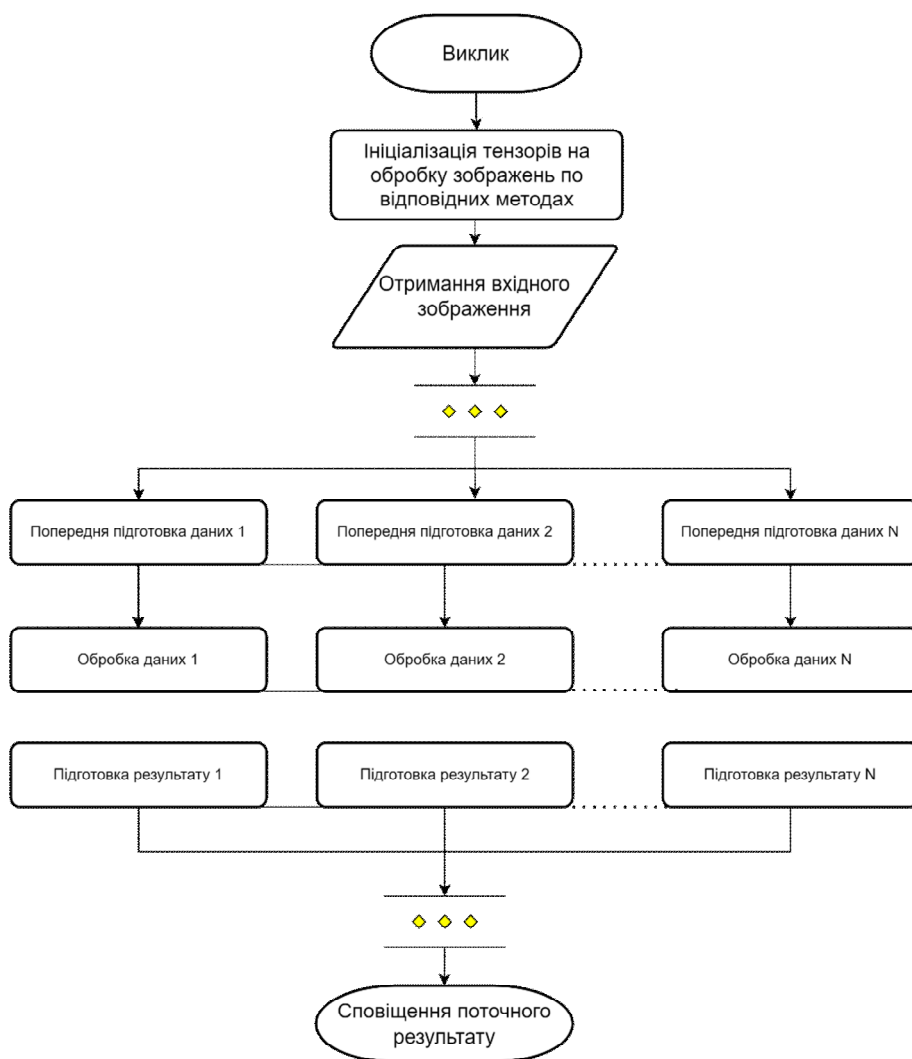


Рис. 7. Деталізований алгоритм роботи функціоналу оброблення зображень

Починається процес із виклику функції оброблення зображень з головного потоку та переходить до функції ініціалізація об'єктів тензорів, для оброблення зображень за допомогою моделей нейронних мереж [7], натренованих на конкретний варіант обчислення. У цьому модулі

передбачена невизначена кількість тензорів із власним алгоритмом обчислення, кожен з яких відокремлюється у підзадачу, з можливістю виділення ресурсів на виконання. Тензорний процес обробки даних зображення приймає на вхід та передає на вихід дані чітко визначеного формату, тому значними є процеси попередньої підготовки даних та конвертації результату. Ці процеси є ресурсозатратними, адже оперують складними математичними операціями над великими обсягами цифрових даних, тому під час масштабування модуля оброблення зображень, їх логіка може бути абстрагована в окремий під модуль, який виконуватиметься і кожен варіант конвертації вхідних чи вихідних даних буде відведений в окрему асинхронну підзадачу. Завершується оброблення процесу передаванням поточного обробленого результату на вихід функції у загальний контекст роботи системи навігації та просторової орієнтації.

4. Тестування розробленого прототипу інтелектуальної системи навігації

Після успішної побудови прототипу запускаємо додаток для перевірки коректної роботи основного функціонала додатка. Загалом у системах цього типу повинен бути налаштований повний цикл тестування, урахуваючи автоматизацію тестування, проте на цьому етапі на це потрібно більше ресурсів, а функціонал та інструменти не визначені повністю і можуть змінитись на наступних етапах розвитку прототипу. Для подальшого тестування вибрано мануальний варіант, який полягає в імітації користування додатком, як би це робив користувач із вадами зору. Перед тестуванням виділяємо функціонал у вигляді основних тестових випадків, які будуть проходитись у кожному циклі тестування.

Конструюємо сценарій тестування, кожен із тестових випадків повинен виконуватись успішно з передбаченим у ньому результатом, який потрібно брати до уваги під час розроблення нового функціонала та рефакторингу.

Таблиця 1

Тестові випадки основного функціонала пропонованої системи

№	Назва	Опис	Результат
1	Навігація	Переміщення користувача по екранах, перемикання області функціоналу	1. Після визначених дій додаток відкриває відповідний екран функціоналом
2	Голосове управління	Безперервне управління додатком голосовими командами	1. Безперервний голосовий потік. 2. Коректна обробка чітко визначених команд (наприклад: “next” – навігація вперед, “terminate” – вимкнення)
3	Авторизація	Авторизація користувача через акаунт соцмережі	1. Успішна авторизація через будь-який гул-акаунт. 2. Коректно оброблені помилки з авторизацією
4	Навігація	Навігація користувача по місцевості	1. Визначення коректної поточної локації. 2. Визначення маршруту від поточної локації до пункту призначення. 3. Голосовий супровід по маршруту
5	Оброблення зображень	Опрацювання зображень із камери та додаткових даних із сенсорів	1. Увімкнення камери та відображення відеопотоку. 2. Отримані та відображені вихідні результати обробки

Перша версія реалізованої системи працює коректно, усі тестові випадки основного функціоналу дають очікуваний результат. На підставі цих даних можна сформулювати попередній висновок, що усі інструменти налаштовані правильно, працюють та комунікують, як очікується.

Наступний етап – тестування системи. Перевіряємо правильність роботи функціонала додатка з погляду користувача. На цьому кроці виявлено декілька спірних моментів, які потребують

доопрацювання та рефакторингу, через неточність результату внаслідок рідкісних умов та особливостей користування, зокрема:

- Конфлікт голосового супроводу та голосового обробника команд.

Ці інструменти системи працюють правильно окремо один від одного та разом, проте існує проблема їх одночасної активності. Голосовий обробник команд намагається розпізнати голосовий супровід користувача. Оскільки голосовий обробник команд реалізовано на основі стороннього платного сервісу, такий варіант роботи, хоч і є робочим, в перспективі може спричинити збитки і велику вартість користування. Для вирішення цієї проблеми здійснено налаштування асинхронної роботи цих інструментів, коли за активного голосового супроводу вимикається зчитування інформації аудіопотоку з мікрофону на голосовий обробник.

- Параметри команди до визначення адреси.

Для побудови маршруту користувач повинен почати команду з ключового слова, що їй відповідає, з визначеного переліку, та вказати параметри адреси. Після оброблення команди, визначення ключового слова та оброблення її параметрів, відбувається запит на підтвердження користувача. На етапі тестування виявлено складність оброблення назв деяких вулиць, оскільки локалізація сервісу голосової обробки налаштована на універсальну англійську мову, задля більшого охоплення користувачів та точнішого оброблення. Для вирішення проблеми створено можливість запису адрес за ключовим словом у локальне сховище даних додатка, які враховуватимуться під час оброблення команд. Так користувач може зарезервувати будь-яку кількість адрес та полегшити їх оброблення.

Висновки

Аналіз дав змогу встановити, що навігаційна допомога є активною дослідницькою галуззю, мета якої – сприяння незалежному життю людей з порушеннями зору. Хоч багато систем використовують передові технології та методи, ми виявили, що вони не враховують дві основні вимоги до навігатора, а саме портативність та зручність користування. Під час розроблення навігаційного асистента для людей з вадами зору однаково важливо, щоб пристрій був портативним і зручним у використанні без особливого навчання. Деякі навігатори не надають користувачам детальної інформації про типи перешкод, які можна виявити, що важливо для прийняття обґрунтованих рішень під час навігації в режимі реального часу. З метою заповнення цих прогалин пропонуємо власну навігаційну систему, що ґрунтується на смартфоні та використовує нейронні мережі для розпізнавання об'єктів, виявлення руху та оцінювання положення. Ми розробили архітектуру, яка ґрунтується на принципах чистої архітектури з додаванням багатомодульного підходу до функціонального поділу модулів. Також запропоновано алгоритм асинхронної роботи, який максимально поділяє операції на дочірні процеси у нашій спроектованій архітектурі. Завдяки невеликому розміру моделі та швидкому часу виведення запропонована система на основі мобільного портативного пристрою безперешкодно працює у режимі реального часу.

Список використаних джерел

- [1] Huiba Li, Yuxing Peng and Xicheng Lu, "The composability problem of events and threads in distributed systems", 2010 2nd International Conference on Education Technology and Computer, Shanghai, China, 2010, pp. V4-311-V4-315. DOI: 10.1109/ICETC.2010.5529673.
- [2] C. K. Lakde and P. S. Prasad, "Navigation system for visually impaired people", 2015 International Conference on Computation of Power, Energy, Information and Communication (ICCPEIC), Melmaruvathur, India, 2015, pp. 0093–0098. DOI: 10.1109/ICCPEIC.2015.7259447..
- [3] J. M. Loomis, J. R. Marston, R. G. Golledge, and R. L. Klatzky, "Personal guidance system for people with visual impairment: A comparison of spatial displays for route guidance", *J. Vis. Impair. Blind.*, Vol. 99, No. 4, pp. 219–232, 2005.
- [4] J. Akilandeswari, G. Jothi, A. Naveenkumar, R. S. Sabeenian, P. Iyyanar, and M. E. Paramasivam, "Design and development of an indoor navigation system using denoising autoencoder based convolutional neural network for visually impaired people", *Multimed. Tools Appl.*, Vol. 81, No. 3, pp. 3483–3514, 2022.

- [5] S. Sangale, S. Morwadkar, E. Chaugule, S. Agarwal, and P. Agarwal, "Literature survey: Navigation system for visually impaired people", in *Data Management, Analytics and Innovation*, Singapore: Springer Nature Singapore, 2023, pp. 667–676.
- [6] S. Ooi, T. Okita, and M. Sano, "Study on A navigation system for visually impaired persons based on egocentric vision using deep learning," in *Proceedings of the 2020 8th International Conference on Communications and Broadband Networking*, 2020.
- [7] Q. Li, L. Li, X. Li, C. Li, L. Zhang, "A New Navigation System for the Visually Impaired Based on Visual and Audio Feedback", *Journal of Healthcare Engineering*, 2019, 1–9. DOI: 10.1155/2019/1670586
- [8] F. Z. Aadi, "Proposed real-time obstacle detection system for visually impaired assistance based on deep learning", *Int. J. Adv. Trends Comput. Sci. Eng.*, Vol. 9, No. 4, pp. 6649–6652, 2020.

DEVELOPMENT OF AN INTELLIGENT NAVIGATION AND SPATIAL ORIENTATION SYSTEM FOR PEOPLE WITH VISUAL IMPAIRMENTS

Pastukh Volodymyr, Andrushchak Volodymyr, Mykola Beshley, Mykhailo Klymash¹, Viktor Vdovychenko²

¹ Lviv Polytechnic National University, 12, S. Bandery str., Lviv, 79013, Ukraine

² National Forestry University, 103, General Chuprynka str., Lviv, 79057, Ukraine

A prototype of an information and communication navigation and spatial orientation system for people with visual impairments has been developed based on a mobile device. The prototype has several advantages, including portability, convenience, and ease of use. This is achieved through a harmonious combination of optimized software modules that provide data collection, navigation, intelligent analytics, and image processing within a single smartphone. To implement the prototype, stages of development of the information and communication system were previously conducted, subject area analysis was carried out, software and hardware options were researched, and an architecture was designed based on an algorithm for asynchronous processing of a large stream of data. The result of the work is a verified basic prototype of the system, ready for use in testing conditions and data collection for further research.

Key words: navigation system; spatial orientation; multimodule system; asynchronous algorithm; neural networks.