

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИЙ АСИСТЕНТ ДЛЯ ЕЛЕКТРИЧНОГО ІНВАЛІДНОГО ВІЗКА

¹ Mobilis Robotics LLC, Poland

² Вінницький національний технічний університет, Україна

Анотація

Наведено аналіз поточного стану та перспектив розвитку інтелектуальних асистентів для електричного інвалідного візка (EIB), зокрема при застосуванні користувачами в домашніх умовах. Відзначено основні проблемні аспекти їх реального застосування. Запропоновано комплексний підхід до формування системних вимог, а також наведено пропозиції та результати досліджень з розробки інтелектуального асистента EIB при використанні в домашніх умовах.

Ключові слова: електричні інвалідні візки, інтелектуальні системи, автопілот, людино-комп'ютерна взаємодія.

Abstract

The analysis of current status and future prospects of intelligent assistants for power wheelchairs (PW), necessary for the use of users at home, is presented. The main problematic aspects of their real application are noted. The complex approach to formation of system requirements is offered. The offers and results of researches on development of the intelligent assistant of PW at use in home conditions are presented.

Keywords: power wheelchairs, intelligent systems, autopilot, human-machine interaction.

Вступ

Низька народжуваність та довголіття швидко прогресують, особливо в економічно розвинених країнах. В такому суспільстві попит на спеціалізовані засоби догляду та мобільності людей з обмеженими фізичними можливостями, що базуються на новітніх технологіях, однозначно зростає. Проте не лише для підтримки їх фізичних можливостей, але також і для зменшення складності догляду за ними [1,2].

За статистичними даними Всесвітньої організації охорони здоров'я зазначається, що 15% населення світу живе з інвалідністю, а від 2% до 4% – відчувають значні проблеми на практиці. Глобальні оцінки інвалідності зростають у міру старіння світового населення та покращення процесу оцінювання та вимірювання інвалідності [3, 4].

Мобільність є одним з ключових компонентів підтримки високої якості життя. Електричні інвалідні візки (EIB) відносяться до такого типу засобів, що забезпечують мобільність, і широко використовуються літніми людьми та людьми з обмеженими фізичними можливостями, адже вони потребують лише мінімальних фізичних зусиль для руху [1].

Метою досліджень є аналіз поточного стану та перспектив розвитку інтелектуальних асистентів для електричного інвалідного візка, зокрема персональних при застосуванні користувачами в домашніх умовах, а також удосконалення їх ефективності.

Обґрунтування доцільності розробки

Прийняття рішень щодо використання ЕІВ ґрунтується на декількох чинниках, включаючи передбачувану безпеку водія та інших осіб у навколишньому середовищі, передбачувані вигоди для водія, доступність ЕІВ і моделі фінансування [5,6]

Хоча електричні інвалідні візки можуть поліпшити якість життя літніх людей, які не здатні пересуватись в інвалідних візках з ручним приводом; однак, безпечна робота ЕІВ потребує достатнього рівня когнітивних функцій, пізнавальної здатності, включаючи прийняття рішень, пам'ять, судження і самосвідомість [7].

Кількість пацієнтів, які користуються електричними візками з кожним роком зростає, як і зростають аварійні ситуації та проблеми, в тому числі і в лікарнях. Зокрема, аварії пов'язані з поганим контролем ЕІВ часто трапляються серед людей похилого віку, особливо в таких місцях, як ліфти, вузькі проходи та біля ліжок. Зважаючи на вищенаведене, в багатьох наукових дослідженнях констатується, що для безпечного пересування ЕІВ краще використовувати систему автопілота, в тому числі і через обмеження контролю під час використання джойстика, голосових команд, тощо [1,3,5,7].

Незважаючи на досить великий масив наукових та прикладних досліджень в даному напрямі, й досі недостатньо дослідженим напрямом є використання ЕІВ в домашніх умовах, які характеризуються підвищеними системними вимогами до точності керування (зменшення відстані до перешкоди при проїзді – слідування вздовж стіни, проїзд у вузькі дверні пройми, тощо), потребою динамічного відслідковування навколишнього середовища та перебудови/оновлення стану 3D-карти приміщень (при зміні положення об'єктів, русі домашніх тварин, при зміні звичного порядку речей тощо), особливостями прийняття рішення про можливість проїзду із мінімальною ймовірністю травмування людини-користувача через неточність/помилку інтелектуальної системи (проїзд із нависною перешкодою, що травмує людину-користувача; швидкий розгін ЕІВ та травмування при екстремому гальмуванні, проблеми із коректним паркуванням ЕІВ при потребі перебраться на ліжко або із ліжка, тощо), а також проблемою відсутності людини-асистента для оперативної допомоги в аварійній ситуації (неможливістю впустити в дім таку людину), тощо.

Зважаючи на досить різноманітний і складний характер вказаних проблемних ситуацій та їх специфіку, на основі проведеного аналізу літературних джерел за останні 20 років та наукових досліджень, оцінюючи величезні зусилля, докладені численними дослідниками у галузі розвитку інтелектуальних ЕІВ, автори констатують, що і досі розробка інтелектуального асистента ЕІВ є актуальною задачею, особливо у сфері використання ЕІВ в домашніх умовах (особливо в контексті доведення його до ринкового продукту широкого вжитку).

Результати дослідження

Під час реалізації поточного проекту автопілота Mobilis Electric Wheelchair Autopilot проведено багато тест-драйвів та інтерв'ю із людьми з обмеженими фізичними можливостями, намагаючись зрозуміти, узагальнити та визначити пріоритети вимог, які споживачі очікують від такого роду інтелектуальної системи. Також, проведено значну роботу із визначення проблем, з якими стикається інтелектуальний асистент ЕІВ при експлуатації в домашніх умовах. У підсумку відзначено, що вирішення визначених завдань потребує комплексного поєднання методів штучного інтелекту, 3D-моделювання, машинного навчання, математичного моделювання, спеціальної ергономіки та робототехніки [8].

Разом з тим, сформовано та запропоновано комплексний підхід до формування системних вимог до інтелектуального асистента ЕІВ при використанні в домашніх умовах. Адже, по-перше, саме домашні умови є найважливішим випадком використання (водіння в домашній квартирі, будинку), оскільки користувач витрачає там найбільше часу. По-друге, це є одним із найскладніших випадків, оскільки квартири (будинки, під'їзди, тощо) користувачів ЕІВ, як правило, обмежені в просторі та абсолютно недостатньо пристосовані, тому потребується дуже висока точність автопілота. Крім того, квартири переважно дуже індивідуально стилізовані, тому система повинна постійно адаптуватися (в реальному часі) до динамічно змінюваного середовища. Таким чином, комплексний підхід до формування системних вимог до інтелектуального асистента ЕІВ при використанні в домашніх умовах містить такі групи показників: ключові метрики (min середній кліренс з перешкодою в «безпечному» режимі; min

діаметр перешкоди, який може бути визначено; min відстань до об'єкта (наприклад, ліжка, стола) при стикуванні; max відстань до стіни при русі вздовж стіни в коридорі; min ширина дверей, через яку може проїхати система, тощо); механічні вимоги; вимоги до інтерфейсу користувача; базові функціональні вимоги (наприклад, пом'якшення наслідків зіткнень / безпечна зупинка перед перешкодою; запобігання зіткненню; слідування вздовж стіни; допомога у водінні по пандусу; допомога при проїзді у двері; обмеження при екстремому гальмуванні для уникнення травмування; виявлення сходів (нагорі та вниз); і т.д.); розширені функціональні вимоги (автоматична / напівавтоматична побудова 3D карти квартири; встановлення заздалегідь визначеного пункту призначення та бажану орієнтацію ЕІВ в ньому; можливість знаходити своє місцезнаходження на 3D карті; тощо); вимоги до електронних модулів; вимоги до сенсорів; вимоги безпеки (самодіагностика, щоб інформувати користувача про несправність та зупинити роботу або зменшити швидкість ЕІВ до безпечного рівня; реалізація концепції необов'язкових "червоних зон", "жовтих зон", "зелених зон"; можливість екстремної зупинки, тощо); необов'язкові вимоги (підтримка певних моделей ЕІВ, можливість підключення до хмарного сховища; вибіркоче використання одометрів, MEMS акселерометрів; інтеграція із зовнішніми системами: відеонагляду, монітор стану пацієнта, відстеження руху, тощо) [8].

В результаті проведених досліджень за проектом автопілота Mobilis Electric Wheelchair Autopilot запропоновано платформу, що поєднує ЕІВ із смартфоном користувача системою бездротового керування та дозволяє підключати додаткові інтелектуальні програмні та апаратні модулі. Зокрема, допомоги при маневруванні в обмеженому просторі, що дозволить ЕІВ автоматично виконувати прості маневри: оминати невеликі перешкоди на шляху, проїжджати у вузьких проходах, допомогати проїжджати у двері, а також автоматичного паркування на зарядку, коли ЕІВ самостійно паркується до зарядного пристрою та підключається на зарядку. Разом з тим, надаються можливості повідомляти на смартфон інформацію про стан візка; відображати заряд батареї, що лишився в відсотках (дозволяє точніше планувати маршрути поїздки); здійснювати моніторинг струму, що споживається двигунами. Модуль самодіагностики постійно перевіряє стан електронних схем ЕІВ та попереджає користувача про виявлені потенційні проблеми (дозволяє завчасно спланувати технічне обслуговування), тощо. Інтелектуальний асистент ЕІВ призначений для оснащення більшості існуючих ЕІВ 2-моторної компоновки із різними наборами додаткових функцій, зокрема: керування за допомогою смартфона, автоматичний об'їзд перешкод та домашній автопілот [8,9].

Підтримка досліджень

Дані дослідження здійснюються в межах міжнародного "R&D Grant", що наданий "The National Centre of Research and Development" (Poland) компанії "Robotics LLC" як одному із переможців "2019 Innovation Support Program" (winner #24, POIR.01.01.01-00-1362/19) for Mobilis Electric Wheelchair Autopilot Project [9].

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Hirokazu Madokoro , Keigo Shirai , Kazuhito Sato , Nobuhiro Shimoi , "Basic Design of Visual Saliency Based Autopilot System Used for Omnidirectional Mobile Electric Wheelchair," Computer Science and Information Technology, Vol. 3, No. 5, pp. 171 - 186, 2015. DOI: 10.13189/csit.2015.030503.
2. White Paper on Aging Society 2012, Cabinet Office, Government of Japan, 2013.
3. Sanders D. et al. (2021) Intelligent Control and HCI for a Powered Wheelchair Using a Simple Expert System and Ultrasonic Sensors. In: Arai K., Kapoor S., Bhatia R. (eds) Intelligent Systems and Applications. IntelliSys 2020. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 1252. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-55190-2_42
4. Joshi, M.K., Gupta, M.V., Gosavi, M.M., Wagh, M.S.: A multifunctional smart wheelchair. Int. J. Adv. Res. Electron. Commun. Eng. 4(5), 1281–1284 (2015).
5. Smart Wheelchairs in Assessment and Training (SWAT): State of the Field Viswanathan et al., January 2018. – <https://agewell-nce.ca/publications/position-papers>

6. Arledge, S., Armstrong, W., Babinec, M., Dicianno, B. E., Digiovine, C., Dyson-Hudson, T., & Stogner, J. (2011). RESNA Wheelchair Service Provision Guide. RESNA (NJ1).
7. Viswanathan, P., Zambalde, E.P., Foley, G. et al. Intelligent wheelchair control strategies for older adults with cognitive impairment: user attitudes, needs, and preferences. - *Autonomous Robots* 41, 539–554 (2017). <https://doi.org/10.1007/s10514-016-9568-y>
8. Ageyev, Serge. (2020). Product Approach to Autonomous Power Wheelchair. – ResearchGate. September 2020. – Mode of access:
https://www.researchgate.net/publication/344045604_Product_Approach_to_Autonomous_Power_Wheelchair
9. 2021 “Mobilis Smart Wheelchair Autopilot” – [Електронний ресурс]. – Тип доступу:
<http://mobilis.io>

Агєєв Сергій Ернстович — Founder & CTO Mobilis Robotics LLC, м. Краків, Польща, e-mail:
serge@mobilis.io

Яровий Андрій Анатолійович — д.т.н., професор, завідувач кафедри комп'ютерних наук, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95, e-mail:
a.yarovyy@vntu.edu.ua

Serhiy E. Ageyev — Founder & CTO of the Mobilis Robotics LLC, Kraków, Poland, e-mail:
serge@mobilis.io

Andrii A. Yarovyi — Doctor of Science (Eng.), Professor, Head of the Computer Science Department, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, Khmelnytske shose, 95, e-mail:
a.yarovyy@vntu.edu.ua