

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу Сорокіна Антона Романовича на тему «Локалізація та навігація мобільних колісних роботів з використанням методів обчислювального інтелекту», що подана на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.23 – «Системи та засоби штучного інтелекту»

1. Актуальність обраної теми дисертації

Останнім часом отримали розвиток наукові та науково-прикладні дослідження щодо розробки нових та удосконалення існуючих методів визначення поточного положення та траєкторії переміщення рухомих об'єктів. Такі дослідження здійснюються, зокрема, для побудови ефективних систем керування мобільними роботами (МР) в закритих приміщеннях, коли застосування засобів супутникової навігації є ускладненим. За цих умов є доцільним використання режимів автономної навігації МР з використанням методів обчислювального інтелекту. Система керування автономними МР має при цьому керувати параметрами переміщення в просторі, правильно інтерпретувати інформацію від датчиків щодо наявності перешкод і відслідковувати поточні координати.

Слід відзначити відсутність універсальних рекомендацій щодо побудови таких систем. Не є також достатньою наявність теоретичного обґрунтування та програмного забезпечення систем інтелектуального керування об'єктами мехатроніки (зокрема і рухомими автономними роботами).

Поряд з цим набуває актуальності задача навігації мобільних роботів (МР) в безперервному середовищі в умовах обмежених можливостей для дистанційного керування. Для складного навколишнього середовища, що динамічне змінюється, часто не вистачає технічних можливостей для автоматичного спостереження, аналізу ситуації і прийняття рішень МР без зіткнень з непередбаченими перешкодами. Траєкторія руху МР такого типу розраховується на основі аналізу доступної інформації, після чого реалізуються відповідні дії. Це особливо актуально в разі, коли в процесі руху дистанційно керований МР потрапляє в зону, недоступну для сигналів навігаційних датчиків. Перспективним є підхід, що передбачає можливість перемикання режиму керування роботом в стан «автономна навігація». При

цьому якість локалізації та навігації автономних МР (АМР) може бути підвищена за допомогою засобів обчислювального інтелекту (зокрема, нечітких та нейро мережевих моделей), що дозволяє проводити керування МР в складних динамічних середовищах. Відомі методи локальної навігації мають ряд недоліків, зокрема відхилення від оптимального маршруту, досягнення локальних мінімумів та складність локалізації АМР. Тому актуальною задачею є розробка моделей та методів інтелектуальних засобів керування АМР, які забезпечують вихід до цілі та підвищення стійкості маневрування в умовах невизначеності.

Це визначає актуальність та практичну значущість досліджень дисертаційної роботи Сорокіна А.Р., що присвячена вирішенню низки науково-прикладних задач розробки методів та інтелектуальних засобів локалізації і керування колісними МР, які забезпечують підвищення ефективності маневрування в умовах невизначеності щодо наявності перешкод.

2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Дисертаційна робота виконана відповідно до плану науково-дослідних робіт Харківського національного університету радіоелектроніки в рамках держбюджетної теми №ДР0110U000458 «Еволюційні гібридні методи і моделі інтелектуальної обробки інформації зі змінною структурою за умов невизначеності», де здобувач брав участь як виконавець.

3. Обґрунтованість та достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, які наведені здобувачем в дисертаційній роботі, базується на аналізі відомих публікацій за розглянутою в роботі проблемою, коректному і обґрунтованому виборі теми і завдань дослідження, а також підтверджується: ефективним використанням відомих і розробкою удосконалених методів локалізації та навігації мобільних об'єктів з застосуванням інтелектуальних моделей та

процедур навчання з підкріплення, що можуть бути ефективно використані у середовищах зі змінними властивостями; якісним формулюванням завдань і критичним аналізом отриманих результатів; використанням достатнього списку літературних джерел, які відповідають предметній області спеціальності 05.13.23 – системи та засоби штучного інтелекту. Допущення, прийняті при вирішенні конкретних задач побудови систем керування рухом мобільних об'єктів, не суперечать усталеним уявленням в цій предметній області.

Достовірність отриманих результатів підтверджується доведенням працездатності та ефективності запропонованих методів на прикладах моделювання навігації колісних МР з використанням нечітких та комбінованих регуляторів в різних середовищах.

4. Наукова новизна одержаних результатів

Теоретичні та експериментальні дослідження, проведені здобувачем, дозволили вирішити актуальну науково-практичну задачу розробки гібридних методів локалізації та навігації мобільних колісних роботів з використанням інтелектуальних моделей, що можуть бути ефективно використані у середовищах зі змінними властивостями.

У рамках вирішення цієї задачі отримані такі найбільш суттєві наукові результати:

– вперше запропоновано метод локалізації та навігації МР в середовищі зі змінними властивостями за умов обмежених можливостей застосування систем дистанційного керування. Це дає можливість комутації режиму керування МР в стан автономної навігації з комбінованим застосуванням нечіткої моделі і методів RL-навчання, який дозволяє покращувати набір нечітких правил, використовуючи сигнали підкріплення;

– удосконалено метод локалізації мобільних об'єктів з використанням технології iBeacon та даних акселерометра у просторі з відомими картами приміщень, що дозволяє скоротити кількість необхідних для локалізації передавачів;

– удосконалено метод визначення положення автономних МР із застосуванням процедур фільтрації Калмана і фільтрації Байєса, який дозволяє враховувати особливості локалізації положення робота за умов наявності або відсутності даних з датчиків;

– удосконалено метод автономної навігації МР в середовищі з перешкодами із застосуванням нечіткої моделі, що дозволяє реалізувати різні стратегії поведінки робота в умовах наявності і відсутності пропріоцептивної інформації.

– набув подальшого розвитку метод визначення маршруту руху мобільних об'єктів з використанням модифікованого алгоритму пошуку шляху по стрибковим точкам, що дозволяє зменшити кількість необхідних обчислень в порівнянні з базовими алгоритмами.

5. Практичне значення отриманих результатів

Практичне значення дисертації Сорокіна А.Р. полягає в тому, що отримані теоретичні результати реалізовано за допомогою нових інтелектуальних процедур визначення положення та навігації мобільних об'єктів, що забезпечує можливість їх ефективного використання в системах керування МР в середовищі зі змінними властивостями за умов обмежених можливостей для дистанційного керування. Тестування розроблених методів та відповідних програмних засобів підтверджує їх працездатність та можливість практичного використання для позиціонування і поточного визначення маршрутів рухомих об'єктів в ситуаціях, коли системи дистанційної навігації за різних причин не є ефективними. Перспективи практичного впровадження для керування колісними мобільними роботами мають розглянуті в дисертації алгоритми навчання регуляторів з підкріпленням та нечітких регуляторів. Використаний здобувачем підхід дозволяє враховувати конфігурації перешкод та корегувати стратегію навігації для поліпшення якості системи керування МР.

Результати досліджень та рекомендації дисертаційної роботи прийнято для використання в ТОВ «Автомейшн Систем» (м. Харків), а також в навчальному процесі Харківського національного університету радіоелектроніки для підготовки та модифікації курсу «Вбудовані системи в інтелектуальній робототехніці», що підтверджено відповідними актами.

Результати дисертаційної роботи мають суттєве значення для підготовки фахівців та практичного використання в галузі інтелектуального керування та мехатроніки.

6. Оцінка змісту та оформлення дисертаційної роботи

Дисертація містить анотації на українській та англійській мовах, вступ, чотири розділи, список використаних джерел, висновки та додатки.

У вступі наведено обґрунтування актуальності теми дисертації, показано зв'язок роботи з науковими програмами і темами, сформульовані мета і основні задачі дослідження, визначено наукову новизну отриманих результатів, їх теоретичну та практичну значущість, наведено дані про особистий внесок здобувача, апробацію та публікації результатів, її структуру і обсяг.

Перший розділ дисертаційної роботи присвячено аналізу стану застосування сучасних методів та засобів в інтелектуальних системах локалізації та навігації мобільних об'єктів за різних умов їх функціонування. Доведено доцільність комбінованого застосування методів локалізації та навігації МР в різних режимах їх експлуатації, зокрема в режимі автономної навігації МР в невідомому середовищі з обходом перешкод із застосуванням нечіткої моделі та RL-навчання. За результатами проведеного аналізу сформульовано завдання наукового дослідження, здійснюваного в дисертації.

У другому розділі досліджено завдання дистанційної локалізації МО з використанням технологій iBeacon NFC (у просторі з відомими картами приміщень). Запропоновано гібридний метод локалізації АМР із застосуванням процедур фільтрації Калмана і фільтрації Байеса, який дозволяє враховувати особливості локалізації положення МР в умовах наявності і відсутності пропріоцептивної інформації.

У третьому розділі запропоновано та досліджено методи навігації МР в різних режимах їх експлуатації. Для автономної навігації колісного МР в невідомому середовищі з обходом перешкод запропоновано метод із застосуванням нечіткої моделі Такагі-Сугено, який дозволяє за допомогою нечітких регуляторів реалізувати різні стратегії поведінки робота в умовах наявності і відсутності пропріоцептивної інформації. Генерація керуючих сигналів за алгоритмами, що відповідають прийнятим стратегіям, заснована на вимірах датчиків для визначення положення цілі і вимірювання відстані до перешкод. Розглянуто можливість поліпшення якості нечіткого керування автономним МР з застосуванням RL-навчання, яке дозволяє використовувати апріорні знання для адаптації нечітких правил керування на основі максимізації середнього значення одержуваних підкріплень. Запропоновано

схему комбінованої реалізації двох режимів: дистанційного керування колісним МР за допомогою локалізації його положення в приміщеннях, що знаходяться в межах досяжності датчиків спостереження; та режиму переходу до повністю автономного керування.

В четвертому розділі розглядаються результати моделювання систем локалізації та навігації мобільних об'єктів, що використовують методи, запропоновані в теоретичній частині дисертаційної роботи. Наведені приклади моделювання навігації колісних МР з використанням нечітких та комбінованих регуляторів в різних середовищах підтверджують ефективність запропонованих схем керування, що дають прийнятні результати для реалізації розглянутих стратегій.

У додатках наведені акти впровадження результатів дисертації.

Всі розділи дисертації направлені на вирішення поставлених завдань і логічно пов'язані.

Висновки до розділів та за результатами роботи сформульовані достатньо чітко і виразно та відповідають змісту дисертаційної роботи. Список використаних джерел є досить повний і охоплює сучасні вітчизняні та зарубіжні публікації. В тексті дисертаційної роботи відсутні порушення академічної доброчесності.

В цілому, оформлення дисертації відповідає всім необхідним вимогам.

Текст автореферату ідентичний за змістом основних положень дисертації та досить повно відображає основні наукові результати роботи.

7. Відповідність дисертації паспорту спеціальності.

Назва та зміст дисертаційної роботи відповідають паспорту спеціальності 05.13.23 - системи і засоби штучного інтелекту: п. 2 – теоретичні засади та прикладні проблеми створення інтелектуалізованих робото технічних систем; п.7 – розроблення систем керування автономними роботами та робото технічними комплексами; п.11 – створення математичних моделей на принципах нечіткої логіки для застосування в системах штучного інтелекту.

8. Повнота викладу результатів в опублікованих працях

За матеріалами дисертації опубліковано 18 друкованих праць, у тому числі: 9 статей (з них 4 статті у наукових фахових виданнях України та 1 стаття у Scopus) та 9 тез доповідей конференцій (1 конференція у Scopus).

Наукові і практичні результати дисертації достатньо апробовані на міжнародних науково-технічних та науково-практичних конференціях.

У цілому рівень і кількість публікацій та апробації матеріалів дисертації на конференціях відповідають необхідним вимогам.

9. Зауваження щодо змісту дисертації:

– у першому розділі роботі слід було б навести більш детальний аналіз існуючих прикладів використання інтелектуальних моделей в системах керування рухом автономних мобільних роботів;

– в другому розділі не наведені рекомендації щодо оптимального розташування передавачів iBeacon для гарантованої локалізації поточного положення мобільних об'єктів;

– цікаво було б дослідити можливість застосування мережевих моделей в комбінації з нечіткими стратегіями керування МР, що розглядаються в третьому розділі роботи;

– в підрозділі 2.3 відсутні кількісні оцінки, що підтвердили б ефективність застосування процедур фільтрації Калмана і фільтрації Байєса для локалізації положення робота за умов наявності або відсутності пропріоцептивних даних;

– в роботі не розглянуті оцінки обчислювальної складності запропонованих в роботі методів інтелектуальної навігації МР (зокрема методу комбінованої реалізації режиму дистанційного керування в межах досяжності датчиків спостереження та режиму переходу до повністю автономного керування);

– практична значущість запропонованих у дисертаційній роботі методів була б більш зрозумілою, якби здобувач навів у додатках результати їх тестування в ТОВ «Автомейшн Систем» згідно з наведеним актом.

Наведені недоліки не зменшують загальну цінність отриманих у роботі результатів, а робота, безумовно, заслуговує на позитивну оцінку.

10. Загальні висновки

Дисертація Сорокіна А.Р. є завершеним науковим дослідженням, в якому вирішена актуальна науково-практична задача розробки гібридних методів локалізації та навігації мобільних колісних роботів з використанням

інтелектуальних моделей, що можуть бути ефективно використані у середовищах зі змінними властивостями.

Враховуючи актуальність, наукову та практичну цінність роботи, обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, повноту викладу результатів в наукових публікаціях, вважаю, що дисертація в повній мірі відповідає вимогам відповідають вимогам п.п. 9,11,12,13,14 «Порядку присудження наукових ступенів», що затверджений Постановою Кабінету Міністрів України «Про затвердження Порядку присудження наукових ступенів» від 24 липня 2013 р. №567 (із змінами) щодо кандидатських дисертацій, а Сорокін Антон Романович заслуговує на присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.23 – системи та засоби штучного інтелекту.

Офіційний опонент,
професор кафедри
комп'ютерних технологій і мехатроніки
Харківського національного
автомобільно-дорожнього університету,
доктор технічних наук, професор



О.П. Алексієв

