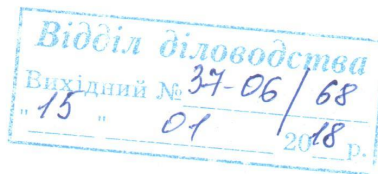


Голові спеціалізованої вченої ради Д 64.052.03
Харківського національного університету радіоелектроніки
61166, м. Харків, пр. Науки, 14



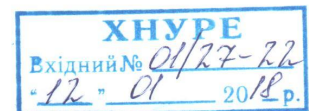
ВІДЗИВ

офіційного опонента директора Інституту інформатики та радіотехніки Запорізького національного технічного університету, доктора технічних наук, професора Дмитра Макаровича Пізи на дисертаційну роботу Сергієнка Олега Юрійовича на тему „Розвиток теорії та удосконалення систем автономної навігації мобільних наземних роботів у недетермінованих середовищах”, подану на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.12.17 - радіотехнічні та телевізійні системи

Актуальність теми дисертації

Роботи є чи не найважливішою ознакою технологічного прогресу останніх часів. Вони увійшли до повсякденного життя і успішно виконують багато різноманітних функцій, у яких перевищують можливості людей. При цьому для вирішення багатьох функціональних завдань, які стоять перед мобільними роботами (МР), необхідне використання режиму автономної навігації. Це завдання отримало свій розвиток у відповідних розробках різних вчених по всьому світу - відомі технічні рішення різного рівня завершеності, що дозволяють з більшим чи меншим ступенем успішності вирішувати ці завдання і виконувати автоматичну навігацію автономних транспортних об'єктів, що рухаються у невідомому для них середовищі. Однак до цього часу не відомо жодного успішного проекту, який дозволив би вирішити актуальне завдання автономної навігації МР з достатньою мірою ефективності. Це насамперед пов'язано з тим, що на сьогоднішній день не існує досить ефективних рішень трьох ключових технічних проблем, пов'язаних з комплексним розв'язанням завдання автономної навігації, узгоджено застосованих на одному і тому ж мобільному роботі. Цими трьома завданнями є: 1) створення простої та ефективної системи зору, здатної за короткий співвідносно з власним переміщенням робота відрізок часу виявляти всі небезпечні перешкоди на шляху робота, а також вимірювати відстані до них, виявляючи при цьому межі перешкоди; 2) достатньо точне визначення в кожній точці траєкторії руху власної просторової орієнтації робота з прийнятною похибкою, яка не накопичується по мірі переміщення вздовж бажаної траєкторії; 3) достатньо точне відлічування часу руху робота по заданій траєкторії, а також перевірка нестабільності еталонної шкали імпульсів бортового годинника.

Автор опонованої дисертації намагається систематизувати рішення саме цих завдань, і для кожного з них пропонує у своїй роботі обґрунтований шлях вирішення.



Тому актуальною є наукова проблема, яка вирішується в докторській дисертації Сергієнка О.Ю. - проблема створення науково-методологічного апарату для комплексного вирішення теоретичних і практичних завдань, пов'язаних з автономною навігацією МР, зокрема теорії та методів машинного зору для можливості бачити сектор перед МР; методу перевірки стабільності частоти бортового годинника МР; методів визначення власної орієнтації МР для ефективного функціонування роботи у недетермінованих середовищах за умов наявності факторів, що заважають його нормальному функціонуванню.

Наукова новизна та здобутки отриманих результатів

В роботі запропоновано нові підходи, розвинута теорія, створені нові і набули подальшого розвитку відомі математичні моделі та методи для удосконалення систем автономної навігації мобільних наземних роботів у недетермінованих середовищах. У дисертації отримані результати по чотирьом взаємозв'язаним і взаємодоповнюючим напрямкам досліджень.

А саме, набула розвитку теорія автономної навігації на основі комплексного використання в єдиній матриці стану робота інформації про оточуюче робота середовище, його власну орієнтацію у просторі та частоту сигналу опорного генератора бортової часової шкали.

Запропоновано новий метод лазерного зондування простору навколо робота (у другому розділі) - метод динамічної триангуляції, якій надає можливість скасування в тривимірному секторі з функцією картографування поверхонь перешкод та прискорює приймання управлінських рішень в реальному масштабі часу та в єдиній системі координат.

Запропоновано новий метод вимірювання часових інтервалів та частоти сигналів (у третьому розділі) шляхом раціонального наближення медіантами, який не описує ірраціональний залишок від ділення вимірюваного на цілу кількість неподільних еталонних інтервалів, а забезпечує збіг деякої цілої кількості інтервалів вимірювання з цілою кількістю еталонних інтервалів без залишку. Це надає теоретичну можливість суттєво зменшити систематичну невизначеність результату вимірювання. Для реалізації методу запропоновано новий критерій оцінки збігу без залишку на основі використання медіанти з чисельником у форматі «ціле число з деякою кількістю нулів». Доведено, що запропонований новий метод вимірювання часових інтервалів та частоти сигналів є інваріантним до джиттеру та нестабільності тривалості імпульсів імпульсних послідовностей.

Автором запропонований метод насичення та диференціювання, який дозволяє в умовах обмеженого часу з достатньою точністю визначати просторове положення енергетичного центра підсвіченого лазерного п'ятна на поверхні перешкоди та забезпечує значні переваги на краю сектора огляду СТЗ.

Зроблено значний крок і у вирішенні ряду окремих, дещо менш важливих задач. Зокрема, цікавим та результативним є запропонований автором підхід до фільтрації шумів, обумовлених механічною вібрацією у приводах. Запропоновано структуру адаптивного фільтра для придушення шумів в акселерометричній платформі, яка визначає власну просторову орієнтацію мобільного робота.

Запропоновані адекватні методи обробки сигналів та результатів вимірювань (у четвертому розділі), застосування яких у сукупності дозволяє покращити якість інформації, якою заповнюються необхідні для управління рухом матриці кінематики робота.

Достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій забезпечується коректним використанням сучасного математичного апарату - теорії математичної статистики, адаптивної цифрової фільтрації, методів лабораторного та натурального експерименту, методів теорії радіотехнічних та телевізійних систем, теорії радіоуправління, теорії вимірювань, методів математичної статистики та теорії ймовірностей, а також методів чисельного аналізу, методів математичного комп'ютерного моделювання роботи різних частин системи з використанням програмного забезпечення MatLab, LabView, SolidWorks; методів тренування нейронних мереж Полак-Рібьєра, квазі-Ньютона, Левенберга-Марквардта; методів програмування управління роботою електричних приводів в C ++ та LabView. Отримані в дисертації результати не суперечать відомим в літературі теоретичним положенням та результатам експериментальних досліджень.

Науковий зміст автореферату повністю відповідає науковим положенням дисертації.

Цінність отриманих результатів для науки і практики

Результати дисертаційної роботи Сергієнка О. Ю. розширюють практичні можливості автономної навігації і функціонування роботів в недетермінованих середовищах. До такого роду діяльності можна віднести відновлювальні роботи у зонах природних та техногенних катастроф, де можуть бути присутніми радіація та інші ускладнюючі фактори, а також переміщення мобільних роботів по поверхні інших планет. Зрозуміло, що у такій ситуації робот не може надійно спиратися на існуючі бази типових образів, в цьому випадку бажано мати можливість самостійно зондувати та описувати якомога точніше та швидше оточуюче середовище. Важливі навігаційні рішення слід приймати за умов суттєвого зниження недетермінованості у оцінці існуючої ситуації оточуючого середовища.

В дисертації розроблені принципи побудови оригінальної СТЗ робота, які експериментально апробовані при реалізації системи лазерного сканування оточуючого простору на базі динамічної тріангуляції.

Здається переконливим, що метод пошуку енергетичного центра лазерного п'ятна надає суттєвої переваги та простоти практичному схемотехнічному рішенню.

Метод функціонування лазерного сканера СТЗ зі змінним кроком сканування дозволяє оптимізувати пошук перешкоди в полі зору робота за критеріями мінімальних витрат часу на сканування та максимальної інформативності.

Метод формування достовірної зони поля зору робота шляхом фільтрації результатів сканування з великими похибками на основі використання алгорит-

му Левенберга-Марквардта, дозволяє підвищити розрізняльну здатність СТЗ та надати пристрою керування рухом роботу більш достовірну інформацію про навколишнє середовище.

Визначення оптимальної траєкторії руху МР в заданому секторі простору за критерієм мінімального шляху та максимальної гладкості траєкторії (зведення до мінімуму впливів рульовим механізмом) ґрунтується на використанні даних, отриманих від запропонованої СТЗ, а також даних від системи акселерометричного визначення власної просторової орієнтації МР і бортового годинника роботи.

Розроблено сукупність адекватних конструктивних моделей для придушення шумів, які дозволяють кращим чином контролювати поточну просторову орієнтацію роботи. На практиці значення цього аспекту зростає пропорціонально до того, скільки часу робот знаходиться на траєкторії.

Виконані на основі розробленої автором теорії алгоритми функціонування МР виявились ефективними і важливими для практики. В цілому розроблені методи мають тенденцію повторювати окремі дії біологічних істот в незнайомих середовищах. Окремо слід зазначити, що вони є досить спрощеними з ціллю зробити систему якомога більш нечутливою до впливу заважаючих факторів та усунути додаткові джерела у формуванні невизначеності.

Слід виділити серед запропонованих методи, що забезпечують значне збереження енергії живлення МР за рахунок вибору мінімальних за довжиною плавних траєкторій. Цьому сприяє раціональний підхід автора до розробки відносно простих систем обробки інформації МР та обчислювальних алгоритмів.

Можна передбачити, що окремі положення дисертації будуть впроваджуватись в різні галузі, що пов'язані з використанням МР. Наприклад запропонована СТЗ може бути придатна для діагностики стану інженерних споруд, комунікацій, тощо, особливо на місцевості, на якій не бажано працювати людині.

Ряд отриманих в дисертації оригінальних результатів було використано в рамках держбюджетних фундаментальних НДР, в тому числі зарубіжних, для розвитку існуючих та для створення нових підходів в області вирішення актуальних завдань автономної навігації мобільних наземних роботів в недетермінованих середовищах; моніторингу статичних інженерних об'єктів; а також для створення вимірювачів частоти та коротких інтервалів часу.

Таким чином можна заключити, що результати, одержані Сергієнком О.Ю., є важливими для науки і промисловості, а науковий напрям, в рамках якого виконана дисертація, має перспективи подальшого розвитку.

Оцінка змісту дисертації

Зміст, науковий рівень, оформлення та обсяг дисертації відповідають вимогам МОН України до дисертацій, що подаються на здобуття наукового ступеню доктора технічних наук.

Поділ дисертації на розділи і підрозділи в цілому виконано обґрунтовано, назви їх чіткі і відображують зміст відповідних структурних одиниць. Графічний

матеріал добре доповнює зміст роботи. Автореферат об'єктивно відображує основні положення дисертації.

Результати досліджень опубліковано автором у 6 статтях у виданнях, що визначено як фахові згідно з існуючим Переліком, та у 25 статтях у відомих закордонних журналах. Слід зазначити, що у міжнародній наукометричній базі Scopus ці роботи достатньо цитовані. Серед цих публікацій – 6 без співавторів. Результати роботи також доповідались та обговорювались на багатьох конференціях різного рівня, здебільшого міжнародних, що проводилися за межами України (у Сполучених Штатах Америки, Великій Британії, Японії, Італії, Австрії, Мексиці, тощо). Головні публікації наведено у списку публікацій в авторефераті (70), всі публікації за темою досліджень (всього 90) наведено у списку використаних джерел у самій дисертації.

Дисертаційна робота відповідає паспорту спеціальності 05.12.17 - радіотехнічні та телевізійні системи, за якою вона подана до захисту.

Зауваження по роботі

1. В дисертації оглядовий розділ виглядає дещо незбалансованим. Найбільшій увазі приділено аналізу підходів до рішень систем технічного зору, який висвітлений досить вичерпно. Разом з тим, огляд питань про власну просторову орієнтацію об'єкту, як і про методи визначення стабільності частоти та порівняння коротких відрізків часу, не мають того ж самого рівня глибини вивчення.
2. При постановці задач дослідження доцільним було б чіткіше навести причини того, чому саме цей клас роботів був обраний для вирішення загального завдання автоматичної навігації МР. При цьому стало б зрозумілішим, що саме у такій конфігурації проблема набуває найбільш нагальної потреби у системному та узгодженому вирішенні одночасно усіх технічних проблем, пов'язаних з успішним пересуванням об'єкту у недетермінованому середовищі.
3. В розділі 2 при обговоренні принципу побудови та технічних аспектів реалізації СТЗ не досить чітко сформульовані аргументи щодо обрання швидкісного режиму обертання скануючої апертури. Хоча здається, що цей параметр є достатньо важливим для формування часу існування динамічного трикутника, і відповідно він може бути використаний при оптимізації розрізняльної здатності системи динамічної триангуляції.
4. Не досить чітко визначені критерії вибору лазерного джерела скануючого променя з урахуванням особливостей його розходження та ослаблення атмосфери, а також можливості запровадження енергозберігаючих режимів сканування, наприклад, при пульсуючому включенні.
5. Наведене у тексті дисертації твердження, що запропонована концепція призводить до підвищення живучості робота у недетермінованих неконтрастних середовищах при наявності радіації та інших заважаючих факторів, потребує більш деталізованого описання того, яких саме зовнішніх факторів і наскільки вдається позбутися, та як саме це підвищує живучість МР. З'ясування цього аспекту, на мій погляд, могло б значно підвищити практичну цінність даного дослідження.

6. Базова відстань між оптичними центрами системи позиціонування лазера та скануючої апертури задана як 1м, але не досліджено що саме і наскільки зміниться у функціонуванні СТЗ, якщо цей параметр зменшиться, наприклад, вдвоє, що доцільно для мініатюризації СТЗ. Також недостатньо висвітлено характер розсіювання електромагнітних хвиль на складній за формою поверхні об'єкта і вплив на це ступеню поглинання сигналу. Якби це було зроблено, практична значущість могла б підвищитися.

7. Зауваження по термінології та оформленню роботи.

У роботі з самого початку доволі активно застосовується термін «медіанта», між тим як розкриття його змісту зустрічається вперше лише у розділі 3.2 наприкінці сторінки 128. У тексті дисертації досить часто зустрічаються терміни «помилка» та «похибка», між тим їх доцільно було б замінити терміном «невизначеність...». У розділах 2 і 4 підрозділи 2.11 і 4.4 мають занадто велику кількість підпунктів. На рис. 1.9, 1.11, 3.10, 3.13, 4.4, та у формулі розділу 2.9 значна кількість надписів зроблена англійською мовою.

Розділ 5 значно менше по обсязі інших розділів.

Слід зазначити, що ці зауваження призначені окреслити шляхи поліпшення роботи, та істотно не впливають на загальну позитивну оцінку даної дисертації. Вона є актуальною і має високу наукову цінність та практичну значущість.

Висновки

Дисертація Сергієнка О.Ю. є закінченою науковою роботою, у якій вирішено актуальну науково-прикладну проблему, отримано нові науково обґрунтовані результати в області вирішення актуальних завдань та розвитку теорії автономної навігації мобільних наземних роботів у недетермінованих середовищах.

Вважаю, що дисертаційна робота Сергієнка О.Ю. „Розвиток теорії та удосконалення систем автономної навігації мобільних наземних роботів у недетермінованих середовищах” відповідає вимогам пункту 13 Положення «Порядок присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого науковця-співробітника», а її автор Сергієнко Олег Юрійович заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.12.17 - «Радіотехнічні та телевізійні системи».

Офіційний опонент:

д.т.н., професор, директор Інституту інформатики та радіотехніки Запорізького національного технічного університету

Підпис проф. Д.М. Піза засвідчую
Вчений секретар ЗНТУ



Д.М. Піза

В.В. Кузьмін