

УДК 62-503.55

Д.А. Корнєєв, О.В. Шматко

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків

ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ПРОБЛЕМАТИКИ РОЗРОБКИ МАТЕМАТИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ УПРАВЛІННЯ МОБІЛЬНИМ РОБОТОМ

Об'єктом дослідження являється аналіз проблематики управління мобільним роботом. На основі огляду та аналізу були розглянуті два підходи до управління рухом інтелектуального мобільного робота на основі нечіткої логіки - алгоритм, ґрунтований на фазифікації локальної місцевості і алгоритмі, ґрунтованому на визначенні небезпеки напрямів руху. Для них були побудовані функції приналежності для термів лінгвістичних змінних, на підставі яких спроектовані бази правил, що визначають поведінку робота в різних ситуаціях.

Ключові слова: робот, нечітка логіка, Мамдані, терма, лінгвістична змінна.

Вступ

Постановка проблеми. Мобільні робототехнічні системи застосовуються сьогодні в самих різних галузях. Корпоративні замовники цікавляться багатофункціональними промисловими роботами, масовий покупець активно придбаває інтелектуальні пилососи і роботи-собачки, служби безпеки і порятунку розраховують на автономні пристрої, здатні без втоми виконувати завдання стеження і пошуку. При цьому усі подібні пристрої в ідеалі повинні упевнено переміщатися в незнайомій і непередбачуваній обстановці реального світу.

Поки основною проблемою усіх нині існуючих мобільних апаратів, що переміщуються самостійно, без управління з боку людини, залишається навігація. Для успішної навігації в просторі бортова система робота повинна уміти будувати маршрут, управляти параметрами руху (задавати кут повороту коліс і швидкість їх обертання), правильно інтерпретувати відомості про навколишній світ, що отримуються від датчиків, і постійно відстежувати власні координати. При побудові системи навігації роботів виникає немало технічних складнощів.

1 Щоб рухатися до мети, роботіві необхідно сформулювати досить точний образ простору, що оточує його.

2 В ході руху робот повинен швидко і точно управляти мотором і положенням коліс.

3 Робот повинен знати своє реальне місцезнаходження, а воно майже завжди відрізняється від того, що зберігається у бортовій системі.

Визначення своїх координат – фундаментальне завдання навігації, відповідь на яку цікава не лише робототехнікам, але і фахівцям з безлічі інших областей - передусім космічною, авіаційною і автомобільною [1, 2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Про аналізувавши сучасні роботи в галузі проблематики

розробки математичного забезпечення управління мобільним роботом, було виявлено, що в сучасній теорії керування, дослідження в галузі робототехніки найбільш перспективними напрямками розвитку є застосування нечіткої логіки, нейронних сітей та алгоритмів основаних на змішаному застосуванні декількох методів. При розгляді цих методів видно що не всі вони мають ряд особливостей які можуть ускладнити реалізацію стабільної системи керування мобільним роботом. З цього виходить необхідність детального аналізу цих методів для виявлення найбільш оптимального.

Формулювання мети статті. Вище сказане дає можливість сформулювати мету: провести огляд предметної області, а саме існуючих методів керування, що можуть бути застосовані для рішення задачі управління мобільним колісними роботами. На підставі аналізу обрати один з методів який обкладає кращими показниками. Розробити математичний алгоритм для управління мобільним колісним роботом.

Виклад основного матеріалу

У загальному випадку, мета управління полягає в тому, що б на основі аналізу поточного стану об'єкту управління визначити бажану поведінку, реалізація якої дозволяє визначити значення керівників змінних. Нині для вирішення відповідних завдань використовується загальна теорія управління, у рамках якої розроблені різні алгоритми знаходження оптимальних законів управління об'єктами різної фізичної природи. Зокрема, для вирішення завдання управління мобільною платформою розроблена безліч різних способів реалізації системи управління. Можна виділити наступні основні групи:

- 1) гіпотеза – тест;
- 2) штрафна функція;
- 3) метод скелетування;
- 4) нечітка логіка.

Метод гіпотези і тесту був запропонований одним з перших. Він складається з трьох основних кроків:

1) Пропонується гіпотеза відносно шляху-кандидата між початковою і кінцевою конфігураціями мобільного робота при русі.

2) Набір конфігурацій уздовж цього шляху тестується на можливість зіткнень.

3) Якщо зіткнення виявляється можливим, з метою визначення шляху проходу досліджується перешкода, яка може викликати це зіткнення.

Увесь процес повторюється для модифікованого руху.

Головна перевага методу "гіпотеза – тест" полягає в його простоті. Основними обчислювальними операціями методу є визначення можливих зіткнень і модифікація шляхів для відвертання зіткнень. Перша операція рівнозначна здатності визначати ненульовий геометричний перетин між моделями маніпулятора і перешкод. Ця можливість, як правило, є у більшості систем геометричного моделювання.

Друга операція – модифікування запропонованого шляху може бути дуже важким. Звичайні пропозиції модифікації шляху ґрунтуються на апроксимації перешкод у вигляді замкнених сфер. Ці методи добре працюють, коли перешкоди розташовані рідко. Коли ж простір заповнений об'єктами, спроби уникнути зіткнення з однією перешкодою зазвичай приводять до зіткнення з іншим. У таких умовах визначення можливих зіткнень може бути здійснене точніше, якщо застосувати систему технічного зору і/або інші системи орієнтування [2, 5].

Другий клас алгоритмів управління ґрунтується на визначенні штрафної функції для конфігурації мобільного робота, за допомогою якої кодується наявність об'єктів. Метод штрафних функцій відноситься до чисельних методів рішення завдань умовної оптимізації. В даному випадку початкове завдання умовної оптимізації перетворюється в послідовність завдань безумовної оптимізації шляхом введення штрафних функцій. Зазвичай для конфігурації, яка призводить до зіткнень, значення штрафу дорівнює нескінченності і різко падає у міру збільшення відстані від перешкод.

Повна штрафна функція є сумою штрафів окремих перешкод, до якої додається штрафний член відхилення від найкоротшого шляху. Для кожної конфігурації можна вичислити значення штрафної функції і оцінити її приватні похідні по відношенню до параметрів конфігурації. На основі цієї інформації за допомогою функції пошуку шляху необхідно вибрати послідовність конфігурацій. Рішення повинне відповідати локальному мінімуму штрафної функції, тобто компромісу між збільшенням довжини шляху і максимальним наближенням до перешкод.

Основним недоліком використання штрафних функцій для планування безпечних шляхів є точна локальна інформація, яку вони дають для пошуку шляху. Спроби визначення шляху по локальних мінімумах штрафної функції можуть привести до тупикових ситуацій, коли подальший пошук шляху стає неможливим. В цьому випадку алгоритм повинен вибрати попередню конфігурацію і продовжити пошук в іншому напрямі. Такі точки повернення важкі для ідентифікації на основі локальної інформації. Тому корисно комбінувати метод штрафних функцій із загальнішим методом "гіпотеза – тест". Штрафні функції зручніші в тих випадках, коли потрібно тільки невеликі модифікації шляху [3, 5].

Алгоритми скелетування зводять вільний простір робота до одновимірного представлення, для якого завдання планування шляху стає простіше. Таке представлення з меншою кількістю вимірів називається скелетом простору конфігурацій. Один з прикладів методу скелетування: лінія Вороного – це геометричне місце точок, рівновіддалених від двох або декількох перешкод в просторі конфігурацій. Таким чином, первинне завдання планування шляху зводиться до пошуку шляху на лінії Вороного, яка зазвичай є одновимірною (за винятком деяких окремих випадків) і має кінцеву кількість таких точок, в яких перетинаються три або більша кількість одновимірних кривих. Рух по лінії Вороного може не забезпечити отримання найкоротшого шляху, але виявлені шляхи відрізнятимуться наявністю максимальних відстаней від перешкод.

Недоліки методу, ґрунтованого на використанні лінії Вороного, полягають в тому, що їх складно застосовувати в просторах конфігурацій з великою розмірністю, крім того, при їх використанні доводиться здійснювати занадто великі обхідні маневри, якщо простір конфігурацій характеризується широким розмахом. До того ж може виявитися складним обчислення лінії Вороного, особливо в просторі конфігурацій, що характеризується складною формою перешкод [4, 7]. В цьому випадку будується нечітка модель, ґрунтована на формальному представленні характеристик досліджуваної системи в термінах лінгвістичних змінних. Ця модель є особливо корисною у зв'язку з тим, що дані, що отримуються від сенсорів мобільного робота часто мають велику погрешність. До того ж вона дозволяє істотно спростити обчислення, що корисно, оскільки мобільні роботи мають обмежені обчислювальні ресурси.

Перевагами технологій нечіткої логіки є можливість плавного переходу від однієї категорії до іншої за рахунок формування середньозваженого результату, що дозволяє істотно скоротити число продукційних правил в порівнянні з експертною системою і можливість пояснення результату в процесі відладки системи. На основі проведеного аналі-

зу було обрано метод на основі нечіткої логіки та пропонується два алгоритми для управління колісним роботом: алгоритм управління рухом на основі фазифікації локальної карти місцевості та алгоритм управління рухом за допомогою визначення небезпеки напрямів переміщення [4].

Головним завданням системи управління рухом є планування переміщень робота до деякої цільової точки з урахуванням різних чинників. При розробці

системи управління рухом мобільного робота виникає проблема введення в нечітку систему локальної карти місцевості. У відмінності від скалярних величин, карта місцевості є великим масивом даних, який безпосередньо обробити досить складно.

Мобільний робот – це чотирьохколісна база з двома ведучими колесами, електродвигунами для провідних коліс. Схема мобільного робота зображена на рис. 1.

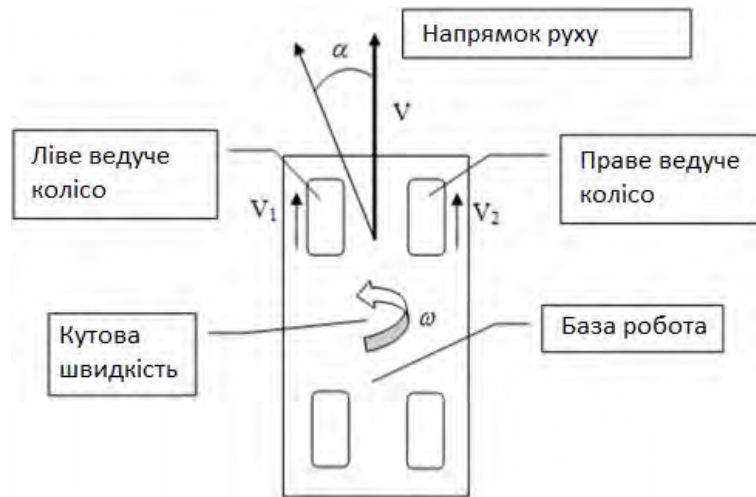


Рис. 1. Схема мобільного робота

Зручною властивістю нечіткої системи управління є формування на її виході середньозваженого результату. Ця властивість нечіткої системи лежить в основі цього алгоритму управління рухом в середовищі з перешкодами. Для вирішення проблем, пов'язаних з великим об'ємом даних, локальну карту місцевості передбачається розбити на n секторів, як зображено на рис. 2, де V – лінійна швидкість (м/с), ω – швидкість повороту ($^{\circ}/с$), R – радіус дії далекоміра (м), φ – кут обзору далекоміра, φ_i – кут i -го сектора.

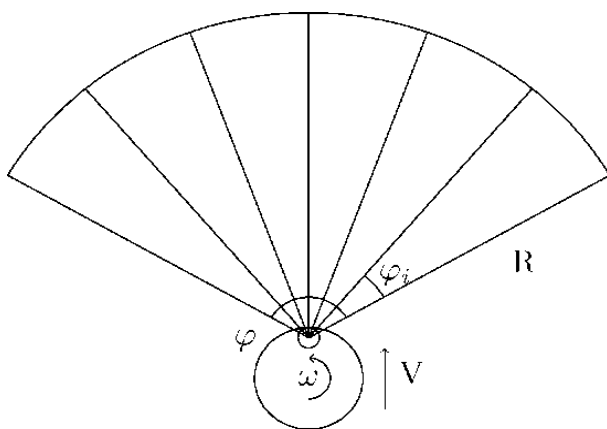


Рис. 2. Розбиття локальної карти місцевості

Після цього по черзі для кожного сектора проводиться процес фазифікації і нечіткого логічного

висновку, не прибігаючи до процедури дефазифікації і скиданню вихідних результуючих великих кількостей до тих пір, поки не буде проведений розрахунок для усіх секторів (рис. 2).

Розглянемо застосування розглянутого алгоритму в контексті конкретного завдання, поставленого в цій роботі. Вважатимемо, що як скануючий пристрій використовується лазерний далекомір, кут огляду якого складає 120° , а дальність 0,8 м. Тоді вхідні параметри R – відстань до перешкоди, і b – пеленг на перешкоду змінюються в діапазонах від 0 до 0,8 м і від -60° до 60° відповідно.

Нехай поточна швидкість мобільної платформи U , відстань до мети D і пеленг на цільову точку a , а також відстань і пеленг на перешкоду в i -му секторі R_i і β_i ($i = 0..n - 1$), поступають в нечітку систему управління рухом.

В даному випадку вихідними сигналами системи, що управляють, буде необхідна швидкість руху V і швидкість повороту q . Параметр V змінюється від 0 до 0,3, і визначає лінійну швидкість робота в м/с. Параметр q змінюється від $-180^{\circ}/3$ до $180^{\circ}/3$, і визначає швидкість повороту платформи.

Механізм нечіткого виведення, працюючий на підставі розглянутого алгоритму Мамдані без проведення дефазифікації, повторюється n разів, а тільки після цього проводиться дефазифікація, яка забезпечує перетворення результатів логічного висновку в конкретні значення сигналів, що управляють,

по методу "центру тяжіння". Функціонування розробленої системи управління визначається тринадцятьма продукційними правилами, в яких закладена логіка прийняття рішення в тій або іншій ситуації:

- Правило 1. ЯКЩО аЗліва ТО qВліво
 Правило 2. ЯКЩО аСильноЗліва ТО qСильноВліво
 Правило 3. ЯКЩО аСправа ТО qВправо
 Правило 4. ЯКЩО аСильноСправа ТО qСильноВправо
 Правило 5. ЯКЩО ДБлизько ТО VСтояти
 Правило 6. ЯКЩО ДДалеко ТО VШвидко
 Правило 7. ЯКЩО ДДужеДалеко ТО VДужеШвидко
 Правило 8. ЯКЩО bЗліва І (РБлизько1 І UPовільно АБО РБлизько2 І UШвидко) ТО qВправо2
 Правило 9. ЯКЩО bЗправа І (РБлизько1 І UPовільно АБО РБлизько2 І UШвидко) ТО qВліво2
 Правило 10. ЯКЩО bПрямоП І РБлизько1 ТО qВліво3 І VСтояти
 Правило 11. ЯКЩО bПрямоЛ І РБлизько1 ТО qВправо3 І VСтояти
 Правило 12. ЯКЩО РБлизько2 І НЕ (bПрямоЛ АБО bПрямоП) І НЕ (ДБлизько) ТО VСередне
 Правило 13. ЯКЩО RНебезпекаБлизько ТО qРазворот

Відповідність між реальними фізичними параметрами і термами, використовуваними в цих правилах, визначають функції приналежності.

Висновки

Після аналізу методів ухилення роботів від зіткнень стає зрозумілим, що використання лише одного методу не є ефективним.

Існуючі методи ухилення від зіткнень роботів є вузько направленими і частенько залежать від конфігурації робота або від довкілля, в якому використовується робот.

В результаті виконання роботи була запропонована математична модель руху мобільного робота.

Складена схема розміщення масиву мікрохвильових датчиків на мобільному роботі і сформульовані правила нечіткої логіки для руху і обходу перешкод мобільним роботом.

Список літератури

1. Аттетков А.В. Методы оптимизации // А.В. Аттетков, С.В. Галкин, В.С. Зарубин. – М.: Изд-во МГТУ, 2001. – 500 с.
2. Круглов В.В. Нечеткая логика и искусственные нейронные сети / В.В. Круглов, М.Ию Дли, Р.Ю. Голунов. – М.: Физматлит, 2001. – 224 с.
3. Цюй Дуньюэ. Управление мобильным роботом на основе нечетких моделей / Цюй Дуньюэ // Современные проблемы науки и образования. – 2007. – № 6. – С. 115-121.
4. Корягин Е.В. Основные системы интеллектуальных мобильных устройств / Е.В. Корягин, П.В. Ложкин, П.А. Прокопович // Вестник Российского государственного университета им. И. Канта. – 2008. – № 10. – С. 32-38.
5. Охоцимский Д.Е. Проблемы динамики и управления мобильных колесных роботов / Д.Е. Охоцимский, В.Е. Павловский // материалы научной школы-конференции «Мобильные роботы и мехатронные системы». – М.: МГУ, 2005.

Надійшла до редколегії 30.01.2015

Рецензент: канд. техн. наук, проф. В.О. Гужва, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків.

ОБЗОР И АНАЛИЗ ПРОБЛЕМАТИКИ РАЗРАБОТКИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ УПРАВЛЕНИЯ МОБИЛЬНЫМ РОБОТОМ

Д.А. Корнеев, А.В. Шматко

Объектом исследования является анализ проблематики управления мобильным роботом. На основе обзора и анализа были рассмотрены два подхода к управлению движением интеллектуального мобильного робота на основе нечеткой логики - алгоритм, основанный на фаззификации локальной местности и алгоритме, основанном на определении опасности направлений движения. Для них были построены функции принадлежности для термов лингвистических переменных, на основании которых спроектированы базы правил, которые определяют поведение робота в разных ситуациях.

Ключевые слова: робот, нечеткая логика, Мамдани, терма, лингвистическая переменная.

REVIEW AND ANALYSIS OF SOFTWARE DEVELOPMENT PROBLEM OF MANAGEMENT ROBOT CONTROL

D.A. Kornieiev, O.V. Shmatko

A research object is an analysis of range of problems of management by mobile works. On the basis of review and analysis two going were considered near a management by motion of intellectual robot on the basis of fuzzy logic is the algorithm, based on fuzzy logic of local locality and algorithm based on determination of danger of directions of motion. For them there were the built functions of belonging for the therms of linguistic variables, on the basis of that the projected rulebases, that determine behavior of robot is in different situations

Keywords: robot, fuzzy logic, Mamdani, therm, linguistic variable.