

УДК 681.3(031)

БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНИЙ СИНТЕЗ МАРШРУТІВ ПЕРЕСУВАННЯ МОБІЛЬНИХ РОБОТІВ З РОЗПІЗНАВАННЯМ ПЕРЕШКОД

Шворов С.А., д. т. н.,

Болбот І.М., к. т. н.,

Штепа В.М., к. т. н.,

Заєць Н.А., к. т. н.,

Дудник А.О., аспірантка

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Розглянута задача синтезу компромісно-оптимальних маршрутів руху мобільних роботів з розпізнаванням перешкод в конфліктному середовищі. Описано розв'язання даної задачі методом багатокритеріального динамічного програмування з використанням нейромережесевих структур для розпізнавання образів.

Багатокритеріальний синтез, маршрути пересування, мобільний робот, перешкода, нейронна мережа, адекватність.

Розробка нових засобів та систем у робототехніці пред'являє підвищені вимоги до мобільності пересування роботів під час виконання ними різноманітних завдань. Підвищення ефективності їх пересування може бути досягнуто за допомогою використання спеціальних методів розпізнавання перешкод, які необхідно враховувати при визначенні оптимальних маршрутів руху мобільних роботів.

Мета досліджень. Вирішення задачі синтезу компромісно-оптимальних траєкторій руху мобільних роботів з розпізнаванням перешкод в конфліктному

середовищі, шляхом синтезу компромісно-оптимальних маршрутів руху мобільних роботів з розпізнаванням перешкод в конфліктному середовищі.

Матеріал та методика досліджень. Аналіз останніх досліджень і публікацій показує, що існуючим методам синтезу маршрутів властиві наступні основні недоліки: низький рівень точності розпізнавання перешкод в умовах динамічної невизначеності, відсутність можливостей одночасного врахування різних видів перешкод, значні витрати на створення та застосування обладнання [1]. Одним із напрямків усунення зазначених недоліків є широке застосування нейронних мереж для визначення перешкод та методів оптимізації маршрутів руху мобільних роботів. Однак, у зв'язку з великими обсягами початкових даних і відсутністю ефективних інженерних методик вирішення даної задачі виникає необхідність у проведенні цілеспрямованих досліджень у цьому напрямку.

При пошуку оптимальних маршрутів мобільних роботів необхідно враховувати, що пересування робота знаходиться під впливом конфліктного середовища.

Під конфліктним середовищем будемо розуміти сукупність різноманітних предметів (рухомих та нерухомих), розташованих в зоні пошуку, наближення мобільного робота до яких небажано. Предмети, що складають конфліктне середовище, будемо називати конфліктуючими. Як правило, конфліктне середовище складається з конфліктуючих предметів (перешкод), наявність яких в зоні пошуку оптимальної траєкторії зумовлена процесами, не зв'язаними з проходженням через цю зону мобільного робота. Конфліктуючі предмети даного класу будемо називати пасивними. Однак інколи, при розв'язанні деяких специфічних задач синтезу компромісно-оптимальних траєкторій, доводиться мати справу з конфліктуючими іншими мобільними роботами, що також знаходяться та рухаються в зоні пошуку для просування мобільного робота до кінцевої цільової точки. Конфліктуючі предмети цього класу будемо називати активними.

Таким чином, для правильного розв'язання задачі синтезу компромісно-оптимальних маршрутів пересування роботів, що рухаються у конфліктному середовищі, необхідно щоб методика розрахунку цих маршрутів дозволяла врахувати вид перешкод, та на підставі його властивостей, кількісно оцінити вплив конфліктного середовища на траєкторію пересування мобільного робота.

Розпізнавання перешкод включає у себе ряд кроків:

- сприйняття образу (технічне вимірювання);
- попереднє опрацювання отриманого сигналу (фільтрація);
- виділення потрібних характеристик (індексація);
- класифікація перешкоди та прийняття рішення.

Стосовно першого кроку, то для сприйняття образу можна використати сприймаючий елемент HiTechnic. Він може працювати у трьох режимах: відрізнити шість кольорів, чи розподілити сприйнятий колір на три кольори режиму RGB (червоний, зелений, синій); фіксувати зовнішнє освітлення і видавати результат в умовних одиницях; фіксувати відбите світло, створене власним випромінювачем і видавати результат в умовних одиницях. Для попереднього опрацювання (фільтрації) вхідних образів доцільно використати Вейвлет-аналіз, який базується на використанні вейвлетів, що являють собою математичні функції та дозволяють аналізувати різні частотні компоненти. У загальному випадку такий аналіз відбувається в площині: вейвлет коефіцієнт – час – рівень. Самі вейвлет коефіцієнти визначаються інтегральним перетворенням сигналу. Отримані вейвлет-спектрограми принципово відрізняються від рядів Фур'є тим, що дають чітку прив'язку спектра особливостей сигналу до часу.

Третій та четвертий кроки розпізнавання образів, як правило, об'єднуються у системі розпізнавання образів (CPO), яка і є головним елементом такого інтелектуального комплексу. Алгоритм синтезу CPO є достатньо відпрацьованим: отримання тренувальної вибірки; вибір способу представлення даних та значимих характеристик; розробка класифікуючого

критерію; навчання СРО; перевірка якості роботи із можливістю повернення до кроку 2 (або навіть і 1); оптимізація СРО [2-5].

Як відомо, протягом дослідження проблем розпізнавання образів виокремились два основні підходи – детерміністичний та статистичний. Перший включає в себе математичні формалізовані емпіричні і евристичні методи, другий базується на фундаментальних результатах математичної статистики. Однак, під час практичної реалізації відповідних інтелектуальних систем строго розподіли їх досить складно, а інколи і неможливо.

До проміжного класу СРО можна віднести і нейронні мережі (НМ). Традиційна для такого підходу щодо вирішення задач розпізнавання образів нейромережева архітектура – багат шаровий персептрон. Враховуючи налагодженість програмних засобів та здатність до адаптивного підлаштування в умовах динамічної розмитості технологічної інформації, саме цей математичний апарат доцільно використовувати для створення СРО.

Після визначення виду перешкоди вирішується задача синтезу компромісно-оптимальних траєкторій мобільного об'єкту конфліктному середовищі. Для розв'язання даної задачі запропоновано метод багатокритеріального динамічного програмування, суть якого полягає в наступному [6, 7].

Відправна задача приводиться до дискретного виду. Для цього область простору станів, що нас цікавить, накривається n -арною мережею $N^{(1)} \times N^{(2)} \times \dots \times N^{(n)}$, при цьому вважається, що зображуючі точки можуть переміщуватися тільки з одного вузла цієї мережі до іншого.

Вузли мережі, розташовані в заборонених областях, будемо називати забороненими точками. Шукана траєкторія не може проходити через ці точки ні за яких обставин.

У вузлах мережі, розташованих у безпосередній близькості від конфліктуючих предметів та меж заборонених зон (в тому випадку, якщо наближення до заборонених зон небажано), розміщують (y^*, x^*) – точки-носії

потенціалу небезпеки. Усі інші вузли мережі є точками допустимої області, в якій і виконується пошук оптимальної траєкторії.

Результати досліджень. Для кількісної оцінки небезпеки наближення "свого" об'єкту до конфліктуючих предметів застосовується метод потенційних функцій [6-7]. В якості потенційної функції обрана функція наступного виду

$$P(\rho) = K \cdot e^{-\alpha\rho} \quad (1)$$

де $\rho = \sqrt{(x - x^*)^2 + (y - y^*)^2}$; (x^*, y^*) – координати точок-носіїв потенціалу небезпеки (пасивних конфліктуючих предметів); (x, y) – координати мобільного об'єкту; α та K – позитивні коефіцієнти, що визначають ступінь небезпеки наближення до тих або інших конфліктуючих предметів (задаються евристично). Далі для кожної точки з допустимої області визначається сумарний потенціал близькості до конфліктуючих предметів.

Довжина шляху характеризується довжиною переходу з рівня $j-1$ по координаті y на рівень j . При цьому вважається, що "свій" об'єкт, знаходячись в одній з допустимих точок на $j-1$ -му рівні мережі, може переходити лише в одну з допустимих точок на j -му рівні.

Довжина переходу визначається за формулою

$$l_{j-1,i}^{j,m} = \sqrt{(x_m - x_i)^2 + (y_j - y_{j-1})^2}, \quad (2)$$

де (x_i, y_{j-1}) – координати мобільного об'єкту на $j-1$ -му рівні мережі;

(x_m, y_j) – координати допустимої точки на j -му рівні мережі.

Враховуючи те, що критерій, який оцінює небезпеку від зближення "свого" та "чужого" об'єктів, повинен мінімізуватися, вибрана функція $\psi = \psi(R_{\min})$, яка убуває при зростанні відстані між ними:

$$\psi = \exp(\mu R_{\min}), \quad (3)$$

де μ – позитивний коефіцієнт; R_{\min} – відстань між об'єктами (методика розрахунку R_{\min} наведена в [6-7]).

Задача синтезу оптимальної траєкторії руху в заданих умовах розв'язується методом динамічного програмування з узагальненим критерієм оптимальності по нелінійній схемі компромісів. При цьому для визначення оптимального шляху в кожну m -у допустиму точку по координаті x j -го рівня по y на кожному кроці розв'язується функціональне рівняння Беллмана з граничною умовою $\Phi(0, s) = 0$

$$\Phi(j, m) = \min_{i \in I_{j-1}} \left[\Delta\Phi_{j-1, i}^{j, m} + \Phi(j-1, i) \right], j \in [1, J], \quad (4)$$

де j – кількість рівнів переходу по координаті y на мережі; I_{j-1} – кількість допустимих точок на $j-1$ -му рівні мережі; s – номер початкової точки по координаті x на нульовому рівні мережі; $\Phi(j, m)$ – сумарні втрати по узагальненому критерію оптимальності при переході з початкової точки $(0, s)$ в точку (j, m) мережі; $\Delta\Phi_{j-1, i}^{j, m}$ – прирощення узагальненого критерію при переході з точки $(j-1, i)$ в точку (j, m) мережі.

В узагальненій критерій якості входять три приватних критерії. Перший кількісно визначає ступінь небезпеки наближення до конфліктуючих предметів. Другий характеризує довжину переходу з точки $(j-1, i)$ в точку (j, m) мережі. Третій приватний критерій визначає ступінь небезпеки наближення до рухомого "чужого" об'єкту під час переходу з точки $(j-1, i)$ в точку (j, m) мережі.

Структура узагальненого критерію будується в відповідності з методологією нелінійної схеми компромісів [6-7] та визначається виразом

$$\Delta\Phi_{j-1, i}^{j, m} = \frac{P_{\max}}{P_{\max} - P_{j, m}} + \frac{l_{\max}}{l_{\max} - l_{j-1, i}^{j, m}} + \frac{\psi_{\max}}{\psi_{\max} - \psi_{j-1, i}^{j, m}}. \quad (5)$$

В якості оптимальної на рівні j вибирається та допустима точка даного рівня, якій відповідає мінімум сумарних втрат по узагальненому критерію оптимальності.

Для розв'язання задачі синтезу компромісно-оптимальних траєкторій мобільного об'єкту в конфліктному середовищі, що складається з активних конфліктуючих предметів (активне конфліктне середовище), пропонується також застосувати метод багатокритеріального динамічного програмування. Основну складність при розв'язанні задач з активними конфліктуючими предметами являє кількісна оцінка ступеня небезпеки наближення до них, яка, як вже було сказано вище, визначається значеннями коефіцієнтів K та α в виразі (1). Існують різні підходи до розв'язання даної проблеми. Так, наприклад, для визначення значень коефіцієнтів K та α може бути використаний метод експертних оцінок. Згідно з цим методом група фахівців в області, для якої виконується даний розрахунок, визначає значення коефіцієнтів на підставі власного досвіду та наявної об'єктивної інформації про активні конфліктуючі предмети. Але даний підхід досить суб'єктивний. З нашої точки зору більш ефективно зв'язати математичними виразами значення коефіцієнтів K та α з характеристиками, притаманними даним активним конфліктуючим предметам. При цьому ступінь небезпеки наближення мобільного об'єкту до активних конфліктуючих предметів буде функціонально залежати від конкретних типів предметів, що застосовуються. Іншими словами, чим більш високі характеристики має даний тип активних конфліктуючих предметів, тим більш високий ступінь небезпеки він створює для мобільного об'єкту.

Висновки

Таким чином, на основі сумісного використання методів розпізнавання образів та багатокритеріальної оптимізації забезпечується вирішення задачі синтезу компромісно-оптимальних траєкторій руху мобільних роботів з розпізнаванням перешкод в конфліктному середовищі.

Список використаних джерел

1. Пелихов Е.Ф. Экономическая эффективность инноваций: [Монография] / Е.Ф. Пелихов; Нар. укр. акад. – Х. : Изд-во НУА, 2005. – 167 с. : табл. – Библиогр.: с. 136–139 (43 назв.).
2. Фукунава К. Автоматическое распознавание образов / К. Фукунава. – М.: Наука, 1979. – 367 с.
3. Бабаков М.Ф. Методы машинного моделирования в проектировании электронной аппаратуры / М.Ф. Бабаков, А.В. Попов. – Х.: НАЭКУ "ХАИ", 2002. – 89 с.
4. Лисенко В.П. Ймовірнісна (Байєсівська) нейронна мережа класифікації температурних образів / В.П. Лисенко, В.М. Штепа, А.О. Дудник // Вісник аграрної науки. – К.: НААН. – 2011. – № 4. – С. 53-56.
5. Лисенко В.П. Застосування теорії статистичних рішень та ймовірнісної нейронної мережі для класифікації температурних образів / В.П. Лисенко, В.М. Штепа, Б.Л. Головінський, А.О. Дудник, Н.А. Заєць // Тези доповідей міжнародної науково-практичної конференції “Інтелектуальні системи прийняття рішень і проблеми обчислювального інтелекту”. – Херсон: ХНТУ. – 2011. – С. 274 – 278.
6. Воронин А.Н. Многокритериальный синтез динамических систем / А.Н. Воронин.. – К.: Наукова думка, 1992. – 157 с.
7. Підхід до вирішення задачі компромісно-оптимального вибору маршруту руху об'єктів в конфліктному середовищу / С.А. Шворов, А.М. Берназ О.І. Бурчак [та ін.] // Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – К.: Київський університет, 2008. – № 19. – С. 63–71.

Аннотация

Рассмотрена задача синтеза компромиссно-оптимальных маршрутов движения мобильных роботов с распознаванием препятствий в конфликтной среде. Описаны решения данной задачи методом многокритериального

динамического программирования с использованием нейросетевых структур для распознавания образов.

Многокритериальный синтез, маршруты передвижения, мобильный робот, препятствие, нейронная сеть, адекватность.

The summary

The problem of synthesis of compromise-optimal routes of mobile robots with obstacle recognition in a conflict environment is considered. The solution of this problem by Multicriteria dynamic programming with the use of neural network structures for pattern recognition is described.

Multicriteria synthesis, routes, the mobile robot, obstacle, neural network, adequacy.