

УДК 629.05

Ю.Б. Капаціла, к.т.н., доцент, С.Р. Дідур

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА МЕТОДІВ ПЛАНУВАННЯ ТРАЄКТОРІЇ МОБІЛЬНИХ РОБОТІВ

Y. Kapatsila, Ph. D., S. Didur

RESEARCH AND DEVELOPMENT OF THE METHODS FOR MOBILE ROBOTS TRAJECTORY PLANNING

Розвиток автоматизації та поглиблені дослідження в технології автономної навігації сприяли збільшенню використання мобільних роботів у широкому діапазоні промислових застосувань.

Одним із найважливіших процесів в автономній навігації є планування траєкторії руху мобільних роботів. Планування траєкторії передбачає визначення можливого шляху для мобільного робота від початкової точки до місця призначення в певному середовищі з урахуванням таких параметрів оптимізації, як довжина шляху, час і плавність траєкторії. В загальному випадку планування траєкторії поділяється на два типи, а саме глобальне та локальне планування. В глобальному плануванні автономному роботу потрібна інформація про оточення, початкове та кінцеве розташування та розташування перешкод (усі вони працюють в відомому середовищі). Навпаки, така інформація невідома (частково відоме та невідоме середовище) в локальному плануванні траєкторії.

Проблема фактичного планування шляхів, які є водночас обчислюваними та оптимальними, є досить складною проблемою. Найпростіший підхід до проблеми пошуку шляху для мобільного робота між робочими позиціями полягає у формуванні графа зв'язності, де кожен вузол представляє робочу позицію, а кожна ланка пов'язана з нею заздалегідь визначеним шляхом відповідної довжини. Тоді знайти шлях між робочими позиціями можна або за допомогою пошуку найкоротшого шляху, або за допомогою пошуку в таблиці попередньо обчислених найкращих шляхів з усіх можливих вихідних точок до всіх можливих точок призначення. Однак цей метод має суттєві обмеження – немає можливостей для початку або завершення в точці, яка не входить до переліку робочих позицій. Крім того, зміна цього переліку потребує багато часу, а також не має змісту у випадку, коли початкова та кінцева точки довільні, тобто заздалегідь невідомі. Цей метод використовувався з деяким успіхом в середовищах, де від роботів вимагається лише кілька багаторазове повторення маршруту, причому ймовірність зміни траєкторії дуже низька.

В ході досліджень [1] було запропоновано підхід, в основі якого лежить використання графа вершин, між якими можливий рух по прямій лінії. По суті, це таблиця вузлів (вершин), які є «видимими» (до них можна переміщуватися по прямій лінії) з кожного вузла. Цей метод має декілька недоліків. Кожного разу, коли вказуються точки джерела та призначення, граф має бути доповнений новими вузлами та новими зв'язками. Таким чином, отриманий граф не тільки має велику кількість зв'язків, але і встановлення цих зв'язків є доволі складним.

Інший підхід, який використовується останнім часом, полягає в розділенні вільного простору на опуклі багатокутники. Ідея використання опуклих форм така: будь-які дві точки опуклої форми можна з'єднати прямою лінією, не залишаючи фігури. Якщо можна знайти опуклі форми, які являють собою зони, вільні від перешкод, тоді робот може переміщуватися між двома точками в цій області, не стикаючись з перешкодами. Проходження шляху залежить від обходу графа зв'язності, створеного представленням

вільних опуклих багатокутників як вузлів. Вузли, що відповідають багатокутникам зі спільними ребрами, з'єднуються дугами. Проблема з методикою, яка розбиває простір на ділянки, що не перекриваються, полягає в тому, що вона не в змозі повністю використати опуклість і, отже, пропускає деякі прямі лінії. Це природний наслідок того факту, в областях, які не перекриваються дійсно пропускається значна кількість опуклих областей. Крім того, шляхи динамічно не переналаштовуються на оптимальні.

Цей ефект особливо виражений, якщо є відносно великі вільні території. Однак існує однозначна відповідність між точками джерела та призначення у вільному просторі та вузлами графа, і, таким чином, метод успішно обходить високі обчислювальні витрати за рахунок оптимальності. Р. Брукс [2] запропонував метод, який, поєднує в собі переваги обох попередніх. Замість визначення кутів видимих об'єктів, його метод виділяє вільні ділянки у вигляді узагальнених конусів. Він також розглядає робота як прямокутну область кінцевого розміру. Більшість попередніх методів зменшували робота до певної точки та збільшували розмір перешкод, яких слід уникати. В дослідження Брукса робота завжди прямує вздовж осі вільних конусів і успішно уникає перешкод. Однак оптимальність втрачається, оскільки хоча конуси перекриваються, опуклість не використовується повністю.

Д. Куан та інші [4] далі вдосконалили метод Брукса, використовуючи змішане представлення вільного простору. Вони використовувала конуси для зображення вузьких просторів і опуклі багатокутники, що не перекривалися, для більших вільних областей. Хоча цей метод добре працює в складних середовищах, недоліки, пов'язані з неперекриттям областей, все ще залишаються. Крім того, ця методика не зменшує складність графа і не використовує впорядковану орієнтацію перешкод.

На основі результатів проведених досліджень пропонується методика планування шляху, яка використовує додаткові переваги концепції опуклості, ідентифікуючи всі найбільші прямокутні вільні області. Щоб досягти оптимальності, не зменшуючи ефективності обчислень, створюється граф із вузлами, що відповідають кожній такій опуклій області. Опуклі форми, що перетинаються, зображуються як суміжні вузли. Тоді планування шляху зводиться до пошуку маршруту від вихідного вузла до кінцевого вузла через граф і вибору найкращого можливого шляху.

Щоб підвищити ефективність обчислень і забезпечити ґрунтовну базу даних, вибираються перешкоди, а також вільні області прямокутної форми. Перешкоди збільшуються в розмірі, і робота зменшується до точки, щоб спростити планування шляху без зіткнень, як у [3]. Крім того, метод динамічного розподілу витрат дозволяє швидко встановити оптимальний шлях.

Перевагою запропонованого методу є те, що він дозволяє виділити майже прямолінійний шлях, якщо він існує.

Література

1. М.Б. Игнатъев, Ф.М. Кулаков, А.М. Покровский. Алгоритмы управления роботами-манипуляторами. Л.: Машиностроение. 1977. 248 с.
2. R. A. Brooks, «Solving the Find-Path Problem by Good Representation of Free Space». IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Vol. SMC-13, pp. 190-197. March. 1983.
3. T. Lozano-Perez, M. A. Wesley, «An Algorithm for Planning Collision-Free Paths Among Obstacles». Communications of A CM, Vol. 22, pp. 560-570, October, 1979.
4. D. T. Kuan, J. C. Zamiska and R. A. Brooks, «Natural Decomposition of Free space for Path Planning», IEEE Conference on Robotics and Automation, St. Louis., MO, March 1985.
5. H. Jahanshahi and N. N. Sari, «Robot path planning algorithms: a review of theory and experiment.» 2018.