

МЕТОД ПОБУДОВИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ ПЛАНУВАННЯ ПЕРЕМІЩЕННЯ МОБІЛЬНОГО РОБОТА В НЕВІДОМОМУ СЕРЕДОВИЩІ

У статті розглянуто недоліки та проблеми, з якими зіштовхується робот-маніпулятор при переміщенні в невідомому середовищі. Як один із можливих рішень цих проблем пропонується методи побудови і планування переміщення робота у малодослідженому чи невідомому середовищі. Дані методи базуються на поєднанні нейронних мереж та нечіткої логіки. Розглянуто метод планування переміщення робота у статичному середовищі по виявленню та обходженню перешкод різного типу.

Ключові слова: нейронна мережа, мультиагент, робот-маніпулятор, робототехніка.

Вступ. У різних галузях промисловості та сервісного обслуговування широко застосовуються роботи, мехатронні, а також різноманітні робототехнічні системи. Це пов'язано з їх зростаючими функціональними можливостями, обумовленими використанням більш досконалих систем управління, розвиток яких, у свою чергу, базується на відомих досягненнях обчислювальної техніки.

Невизначеність, викликана наявністю в робочій зоні робота невідомих статичних або динамічних перешкод виявляється як ступінь похибки визначаючих ці перешкоди датчиків і знаходження місцеположення цих перешкод, обумовлює необхідність розробки методів планування і управління переміщенням робота [1,3]. Суть даних методів полягає в тому, що після отримання роботом завдання в ході планування в режимі реального часу відбувається формування допустимої траєкторії переміщення з урахуванням можливих конфігурацій робота, а також інформації про навколишнє середовище, вирахованої датчиками. Далі в процесі генерування траєкторії формуються бажані конфігурації робота, що представляють собою функції часу [2]. Отримана траєкторія є заданою дією для управління, що формує відповідні сигнали для створення крутного моменту, що гарантує виконання роботом безпечної траєкторії з мінімально можливою похибкою досягнення цільової точки.

В даний час в основі вирішення проблеми планування та управління переміщенням робота-маніпулятора в режимі реального часу в невідомому середовищі лежить розробка інтелектуальних методів, які засновані на застосуванні штучних нейронних мереж і нечіткої логіки. Наукові дослідження в цьому напрямку отримали поширення як в Україні, так і за кордоном. Вони базуються на працях учених І.М. Макарова, В.М. Лохина, С.В. Манько, М.П. Романова, П.Е. Трипільського, К. Алтоуфера, Б. Крекелберга, Д. Хасмейера, Л. Сеневіратне, П.Г. Завлангаса, С.Г. Тзафеста, Ю. Фу, Б. Джина, Х. Лі, Ш. Ванга, які в основному використовували можливості нечіткої логіки, а також наукових колективів під керівництвом Ю.В. Подураєва, В.А. Лопоти, Є.І. Юревича, С.Л. Зенкевича, А.С. Ющенко, І.А. Каляєва. Подальший розвиток запропонованих вченими методів з метою підвищення точності реалізації планування та управління переміщенням роботів-маніпуляторів в режимі реального часу в невідомій середовищі, у тому числі для ефективного виконання ними складних завдань без безпосередньої участі в цьому процесі людини-оператора, полягає в комбінуванні апарату нечіткої логіки з можливостями штучних нейронних мереж. Крім того, перспективним, з цієї точки зору, є розробка комплексних інтелектуальних систем, що включають підсистеми планування і управління. Таким чином, вирішення цих проблем є досить актуальним.

Метою досліджень є: розробка методів побудови інтелектуальних систем планування та управління переміщенням робота-маніпулятора в режимі реального часу, що забезпечують реалізацію ним запланованої в процесі руху безпечної траєкторії в навколишньому середовищі з невідомими статичними і динамічними перешкодами.

Досягнення поставленої мети вимагає вирішення наступних завдань:

1) проаналізувати сучасні концепції та методи розробки систем планування і систем управління переміщенням робота-маніпулятора в невідомому середовищі;

2) розробити метод побудови інтелектуальної системи планування переміщення робота-маніпулятора в режимі реального часу в невідомому статичному середовищі з подальшим комп'ютерним моделюванням;

3) розробити метод побудови інтелектуальної системи планування переміщення робота-маніпулятора в режимі реального часу в невідомому динамічному середовищі і виконати комп'ютерне моделювання отриманої системи;

4) розробити метод побудови інтелектуальної системи управління переміщенням робота-маніпулятора по запланованій в процесі руху безпечній траєкторії і здійснити її комп'ютерне моделювання;

5) розробити методи побудови комбінованих комплексних інтелектуальних систем планування та управління переміщенням робота-маніпулятора в режимі реального часу в невідомому статичному або динамічному середовищах з їх подальшим комп'ютерним моделюванням;

6) провести експериментальні дослідження системи управління переміщення робота-маніпулятора в режимі реального часу в невідомому середовищі.

Ідея роботи полягає в розробці методів побудови інтелектуальної системи планування та управління переміщенням робота-маніпулятора як в невідомому статичному, так і в невідомому динамічному середовищах на основі застосування апарату нечіткої логіки та нейронних мереж для зниження вірогідності зіткнення ланок робота-маніпулятора з невідомими перешкодами, розташованими в його робочій зоні.

В якості методів дослідження використані методи робототехніки, мехатроніки, математичного моделювання, аналітичної геометрії, кінематичного і динамічного аналізу, нечіткої логіки, нейронних мереж, метод дискретного інтегрування, а також методи прикладного програмування.

Наукова новизна роботи полягає в розробці:

- методу побудови інтелектуальної системи планування переміщення мобільного робота в невідомому статичному середовищі за допомогою апаратів мультиагентів, що відрізняється використанням нечітких блоків, відповідних кожному з агентів, і локалізацією рішення задачі планування переміщення робота в кожній виникаючій конкретній ситуації, що дозволяє підвищити точність і ефективність планування переміщення;

- методу побудови моделі нейронних мереж для класифікації оточуючого середовища на агенти і послідовності перемикання між ними, на базі розробленої класифікаційної таблиці, що дозволяє скоротити кількість ситуацій, що підлягають розпізнаванню невідомого середовища;

- методу побудови інтелектуальної системи планування переміщення мобільного робота в невідомому динамічному середовищі за допомогою апарату мультиагентів, що включає комбінацію нейронних мереж і непарних блоків, що відрізняється використанням моделі нейронних мереж для класифікації навколишнього середовища, з метою забезпечення переміщення мобільного робота без зіткнень з перешкодами.

Викладення основного матеріалу досліджень. Геометричне моделювання мобільного робота в навколишньому середовищі з перешкодами включає обчислення в ході кожної програмної ітерації відстані між платформою робота і найближчим перешкодою, яке розташовується зліва, справа або попереду від нього [4]. Відстань до найближчої перешкоди вимірюється ультразвуковими датчиками, які встановлені на платформі мобільного робота.

Нами здійснюється комп'ютерне моделювання мобільного робота, в робочій зоні якого розташовані невідомі нерухомі перешкоди. Їх координати в декартовій просторі, як результат вимірів, вироблюваних датчиками відстані, стають відомі на кожній програмній ітерації. Моделювання полягає у вимірюванні відстані між усіма датчиками мобільного

робота і невідомим перешкодою в ході кожної програмної ітерації. Визначення відстані здійснюється наступним чином:

$$d_{si} = \sqrt{(x_n - x_{si})^2 + (y_n - y_{si})^2}$$

де (x_n, y_n) – координати перешкоди; (x_{si}, y_{si}) – координати і-го ультразвукового датчика.

Якщо перешкодою виявляється стіна, або група перешкод, то відстань між датчиком і перешкодою представлено як:

$$d_{si} = \sqrt{(x_{ci} - x_{si})^2 + (y_{ci} - y_{si})^2}$$

де (x_{ci}, y_{ci}) – координати найближчої точки, яка представляє відстань від і-го ультразвукового датчика до перешкоди.

У процесі обчислення відстані між платформою мобільного робота і найближчими перешкодами в якості останніх розглядаються лише ті, які потрапляють в область сприйняття знаходяться на платформі датчиків відстані. В рамках комп'ютерного моделювання дані, передані зі всіх датчиків, являють собою вхідні параметри функції, за допомогою якої визначається відстань між кожним датчиком і найближчим перешкодою. Необхідно відмітити, що розгляд цієї проблеми не входить у коло основних завдань, поставлених в даному дослідженні.

Обчислення поточної координати мобільного робота здійснюється шляхом вимірювання переміщення керованих коліс по відношенню до вже відомої позиції робота. Відносний обертовий кут кожного колеса вимірюється датчиками положення, які встановлені на осях виконавчих електродвигунів.

Процес обробки інформації про навколишнє середовище та про робота проходить у два етапи:

Перший етап полягає у визначенні відстані (d_{si}) між роботом і перешкодами, що лежать в його робочій зоні, а також безпечної відстані ($d_{без}$) і класифікації можливого місця розташування перешкод на підставі інформації, одержуваної від датчиків дистанційних вимірювань, з використанням моделі повної класифікації місцеположення невідомих перешкод у формі багат шарового перцептрона нейронної мережі, навченого за методом зворотного поширення помилки.

Одержувана датчиками інформація може відображати одну із трьох ситуацій. І залежно від кожної з цих ситуацій ми можемо класифікувати такі можливі випадки розташування перешкод:

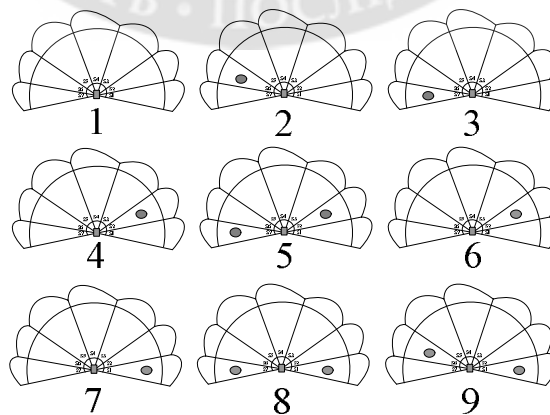


Рис. 1. Агент рухається до цілі

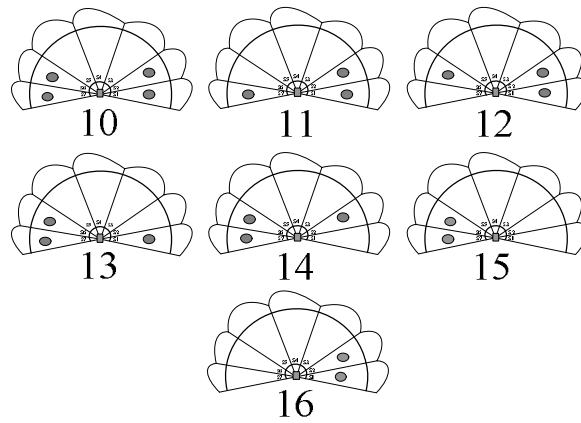


Рис. 1. Агент рухається по стіні

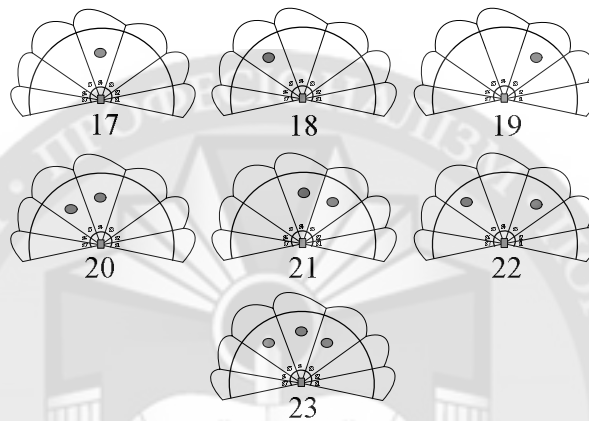


Рис. 1. Агент обходить перешкоду

На другому етапі реалізується функція агентів обходу перешкод, стеження по стіні, руху до мети і керування швидкістю за допомогою нечітких блоків.

Нейронна мережа складається з двох прихованих шарів і одного вихідного шару. Перший шар включає 10 нейронів, другий - 6 нейронів, вихідний шар представлений 3 нейронами. Структура нейронної мережі навчена по методу зворотного поширення помилки. Розрахунок за методом зворотного поширення помилки наведено за наступними рівняннями:

- Для вихідного шару:

$$\delta_k(i) = (y_{dk}(i) - O_k(i)) \cdot f'(net_k); \quad f'(net_k) = 1;$$

у вихідному шарі нейронної мережі використана лінійна функція активації

$$\delta_k(i) = (\delta_{dk}(i) - O_k(i)); \quad w_{kh}(i) = \eta \cdot \delta_k(i) \cdot O_h(i);$$

- для другого шару: $\delta_h(i) = (1 - O_h^2(i)) \sum_k \delta_k(i) \cdot w_{kh}(i); \quad w_{kh}(i) = \eta \cdot \delta_h(i) \cdot O_j(i);$

- для першого шару: $\delta_j(i) = (1 - O_j^2(i)) \sum_h \delta_h(i) \cdot w_{hj}(i); \quad w_{jm}(i) = \eta \cdot \delta_j(i) \cdot O_m(i);$

нове значення вагових матриць:

$$w_{kh}(i+1) = w_{kh}(i) + \Delta w_{kh}(i) + \alpha \cdot \Delta w_{kh}(i-1);$$

$$w_{hj}(i+1) = w_{hj}(i) + \Delta w_{hj}(i) + \alpha \cdot \Delta w_{hj}(i-1);$$

$$w_{jm}(i+1) = w_{jm}(i) + \Delta w_{jm}(i) + \alpha \cdot \Delta w_{jm}(i-1);$$

- в ході першої ітерації: (i=1): $\Delta w_{kh}(i-1) = 0; \quad \Delta w_{hj}(i-1) = 0; \quad \Delta w_{jm}(i-1) = 0;$

де $\delta_k(i)$ - поширювана помилка в k-му нейроні вихідного шару; $y_{dk}(i)$ - нормалізований бажаний вихід нейронної мережі; $\Delta w_{kh}(i)$ - оновлені значення ваг матриці між вихідним і прихованими шарами; η - коефіцієнт швидкості навчання; α - коефіцієнт інерційності; $\Delta w_{kh}(i-1)$ - попереднє оновлення значень матриці ваг; $w_{kh}(i+1)$ і $w_{kh}(i)$ - нове і поточне значення матриці ваг; $\delta_h(i)$ - поширювана помилка в прихованих шарах; $\Delta w_{hj}(i)$ - оновлені значення ваг матриці між другим і першим шарами; $\Delta w_{hj}(i-1)$ - попереднє оновлення значень матриці ваг; $w_{hj}(i+1)$ і $w_{hj}(i)$ - нове і поточне значення матриці ваг; $\delta_j(i)$ - розповсюджена помилка у другому прошарку; $\Delta w_{jm}(i)$ - оновлені значення ваг матриці між прихованими шарами; $\Delta w_{jm}(i-1)$ - попереднє оновлення значення матриці ваг; $w_{jm}(i+1)$ і $w_{jm}(i)$ - нове і поточне значення матриці ваг.

Практичне значення одержаних в роботі результатів полягає в розробці:

Методу побудови інтелектуальної системи планування переміщення мобільного робота в невідомому середовищі за допомогою апарату мультиагентів, що дозволяє ефективно вирішувати проблему використання роботів в ситуаціях відсутності інформації про навколишнє середовище, забезпечуючи їх безпечне переміщення по траєкторії, вільної від зіткнень з невідомими перешкодами.

Методу побудови алгоритму оперативного управління переміщенням мобільного робота в невідомому середовищі за допомогою апарату мультиагентів на базі розробленої інтелектуальної системи, що забезпечує своєчасну реакцію робота на непередбачувані перешкоди, що з'являються на його шляху.

Паketу програм, що забезпечують можливість моделювання навколишнього середовища руху мобільного робота в умовах ймовірності появи на його шляху невідомих перешкод, а також функціонування інтелектуальної системи планування переміщення мобільного робота в невідомому середовищі, що застосовуються в різних сферах виробництва, при проведенні наукових досліджень і у навчальному процесі. Нами здійснюється комп'ютерне моделювання мобільного робота, в робочій зоні якого розташовані невідомі нерухомі перешкоди. Їх координати в декартовій просторі, як результат вимірів, вироблюваних датчиками відстані, стають відомі на кожній програмній ітерації. Моделювання полягає у вимірюванні відстані між усіма датчиками мобільного робота і невідомою перешкодою в ході кожної програмної ітерації.

Висновки. Розробка нових більш ефективних алгоритмів руху мобільного робота у невідомому середовищі із статичними та динамічними об'єктами дає змогу покращити та пришвидшити процес збору роботом інформації про навколишнє середовище. Із використанням поєднання методів що базуються на комбінації та взаємодоповненні нейронних мереж та нечіткої логіки пришвидшується обробка зібраної інформації і швидкість прийняття рішень.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Чернухин Ю.В. Нейропроцессорные сети / Чернухин Ю.В. М.: Изд-во ТРТУ, 1999. – 439 с.
2. Чернухин Ю.В. Сапрыкин Р.В. Система виртуального моделирования поведения интеллектуальных агентов при исследовании ими естественной среды функционирования / Ю.В. Чернухин, Р.В. Сапрыкин // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2008. – № 11 (88). – С. 19–24.
3. Программно-аппаратное моделирование внешней среды функционирования мобильных роботов с нейросетевым управлением на базе робототехнического комплекта Hemisson : Материалы XV Международной конференции по нейрокибернетике. Т. 2. – Ростов-на-Дону: Изд-во ЮФУ, 2009. – С. 212–215.

Рецензент: д.т.н., доц. Шкуліпа П.А., доцент кафедри, Одеська національна академія технічного регулювання та якості

д.т.н., доц. Гунченко Ю.А., к.т.н., доц. Муляр И.В., Дубина П.Н.

МЕТОД ПОСТРОЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ ПЛАНИРОВАНИЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЕ МОБИЛЬНОГО РОБОТА В НЕИЗВЕСТНОЙ СРЕДЕ

В статье рассмотрены недостатки и проблемы, с которыми сталкивается робот-манипулятор при перемещении в неизвестном среде. Как один из возможных решений этих проблем предлагается методы построения и планирования перемещения робота в малоисследованной или неизвестном среде. Данные методы основаны на сочетании нейронных сетей и нечеткой логики. Рассмотрен метод планирования перемещения робота в статическом среде по выявлению и обходу препятствий различного типа.

Ключевые слова: нейронная сеть, мультиагент, робот-манипулятор, робототехника.

Prof. Gunchenko Y.A., Ph.D. Mulyar I.V., Dubina P.N.

METHOD OF INTELLIGENT PLANNING OF MOBILE ROBOT MOVING IN UNKNOWN ENVIRONMENTS

In the article the shortcomings and problems faced by the robot arm when you move in an unknown environment. As one of the possible solutions to these problems proposed methods of construction and planning movement work in unexplored or unknown environment. These methods are based on a combination of neural networks and fuzzy logic. The method of work planning movement in a static environment to identify and manners of obstacles of various types.

Keywords: neural network, multyagent robot, manipulator robotics.