

УДК 004.67:004.045: 004.896

¹С.С. Міхнєв, академічний радник ІАУ
²С.В. Канаєв**МЕТОД ОБРОБКИ ІНФОРМАЦІЇ НА СТРАТЕГІЧНОМУ РІВНІ ПЛАНУВАННЯ В ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІЙ СИСТЕМІ УПРАВЛІННЯ МОБІЛЬНИМ РОБОТОМ**¹Національний авіаційний університет, mss-keem@yandex.ru²Севастопольский Національний університет ядерної енергії та промисловості, ksergy.91@gmail.com

Розглядаються концепції для створення системи планування маршруту для автономного мобільного робота на стратегічному рівні планування. Запропоновано метод підготовки даних для побудови графа на базі ієрархічної структури множин елементів простору у якому робот виконує завдання.

Ключові слова: інтелектуальна система управління, автономний мобільний робот, планування маршруту на стратегічному рівні.

Постановка задачі

Одним із найбільш поширених завдань сучасних мобільних роботів (МР) є автономне переміщення по оптимальній траєкторії [1-3] на місцевості з урахуванням необхідності оптимізації траєкторії відразу за декількома критеріями. У цьому випадку робот повинен мати автономну «інтелектуальність» при прийнятті рішень щодо виконання поставленого завдання.

Це визначає актуальність проблеми створення МР, які володіють розвиненими «інтелектуальними» здібностями до самостійного пересування по місцевості за наявності невідомих заздалегідь перешкод та виконання завдань маневрування. При цьому слід зазначити, що процес планування траєкторії переміщення на всіх рівнях системи управління передбачає обробку великих обсягів інформації. Інформація яка призначена для обробки, повинна бути представлена у формі придатною для вирішення завдань оптимізації із застосуванням методів, які звичайно використовуються в гібридних інтелектуальних системах.

Саме тому, метою роботи є створення високоефективного метода обробки інформації у інтелектуальних системах управління мобільними робототехнічними системами та вдосконалення методів і алгоритмів обробки інформації для підготовки до прийняття рішень в процесі автономного функціонування мобільного робота в умовах невизначеності.

Аналіз досліджень та публікацій

Дослідження показують [1-5], що при функціонуванні автономного мобільного робота в умовах невизначеності в інтелектуальних системах управління для зменшення невизначеності потрібно обробляти велику кількість інформації. У зв'язку з цим необхідно приділяти особливу увагу розробці нових та розвитку існуючих ефективних методів обробки інформації.

В роботах [1-5] частково висвітлені проблеми і завдання, які необхідно вирішити при створенні інтелектуальних систем управління автономними мобільними роботами, проте не висвітлені питання функціонування робота в умовах невизначеності.

Метою роботи є створення високоефективного метода обробки інформації у інтелектуальних системах управління мобільними робототехнічними системами на стратегічному рівні та вдосконалення методів і алгоритмів обробки інформації для прийняття рішень в процесі автономного функціонування мобільного робота в умовах невизначеності.

1. Схема підготовки інформації на стратегічному рівні планування маршрута.

Задачі планування поведінки запропоновано розділити на два рівні: стратегічний і тактичний. Спираючись на результати попередніх досліджень наведених в [6,7], на поточній стадії дослідження, запропонована схема підготовки інформації для обробки на стратегічному рівні планування поведінки МР. Вхідними даними для зменшення невизначеності можуть бути картографічні дані представлені наприклад у вигляді растрової карти. Далі необхідно вибрати набір критеріїв, пов'язаних з витратами ресурсів МР і ризиками, які виникають при проходженні МР по обраній траєкторії на заданій карті. Для зменшення розмірності і кількості вихідних даних, а також для їх трансформації у вигляд придатний для розв'язання задачі багатокритеріальної оптимізації необхідно застосувати розділення простору в якому рухається робот на ІСМЕП (ієрархічну структуру множин елементів цього простору (мультигриди)). Це

забезпечується завдяки розбивці вхідної карти на дискретні сектора за допомогою сіток. Після цього для обраної групи критеріїв оптимізації необхідно отримати ІСМЕП і при необхідності виконати усереднення значень критеріїв для однорідних областей ІСМЕП.

Короткий опис отриманої схеми підготовки інформації наведено на рис. 1.

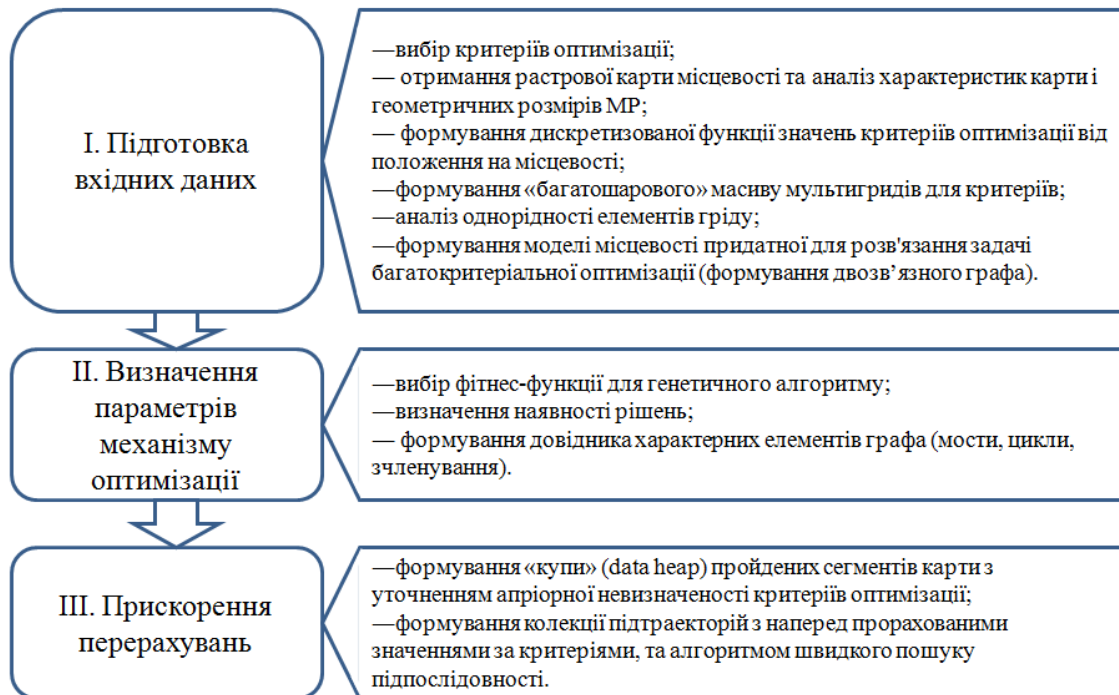


Рис. 1. Схема підготовки інформації при плануванні на стратегічному рівні

2. Формальний опис ієрархії множин елементів фізичного простору.

Важливим етапом підготовки є розділення початкової карти на ієрархію множин елементів фізичного простору. Формально ця ІСМЕП задається кортежем (1) який має шість елементів:

$$M = \langle w, h, l, E, S, A_{ct} \rangle, \quad (1)$$

де w – ширина сітки розділення ($w \in \mathbb{N}$), h – висота сітки розділення ($h \in \mathbb{N}$), l – максимальна глибина ІСМЕП, E – множина елементів ІСМЕП, S – схема розбиття, A_{ct} – апертура зв'язності топології ІСМЕП. На початковому етапі задається розмір сітки нульового рівня, який в загальному випадку формує прямокутний двовимірний масив елементів $N \times M$.

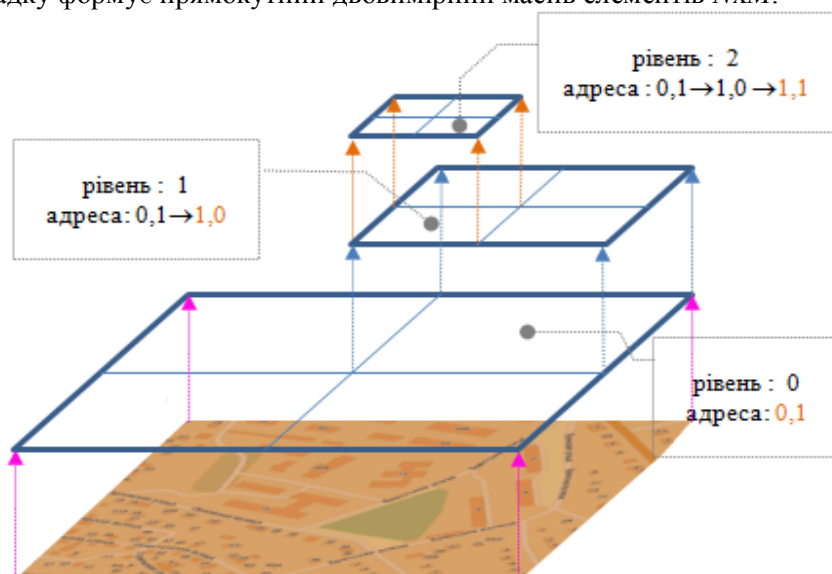


Рис. 2. Фрагмент процесу накладення ІСМЕП на карту.

На першому кроці на вихідну карту накладається сітка (грід), яка формує покриття рівня "нуль". Зазвичай покриття рівня "нуль" досить грубо описує модель карти, тому на непокриту область накладається сітка рівня "один" з меншим кроком дискретизації, отримане покриття першого рівня доповнює покриття нульового рівня. Далі процес рекурсивно продовжується до тих пір, поки ми досить точно не опишемо початкову карту. В результаті застосування до сегментів схеми розбивки в ІСМЕП формується множина його елементів.

Для перетворення ІСМЕП в граф використовується схема розбиття. Результатом цього процесу буде багаточасова структура з сегментами заданого ступеня деталізації об'єктів у сегменті. На рис. 2 представлено візуальне уявлення ІСМЕП і частина процесу її побудови.

3. Формальний опис елементу ієрархічної структури множин елементів фізичного простору.

Кожен з елементів отриманих за допомогою методики, яка наведена вище, має наступні атрибути: унікальний ідентифікатор, множина зв'язків елемента, номенклатурна множина критеріїв оптимізації і множина значень для кожного з критеріїв оптимізації зіставленого зі зв'язками елемента. Саме тому формально елемент ієрархічної структури описується кортежем (2) з чотирьох елементів

$$e = \langle k, L, C, R \rangle, \quad (2)$$

де k – ідентифікатор елемента, L – множина зв'язків елемента, C – множина критеріїв за якими буде проводитися оптимізація, R – множина значень критеріїв оптимізації, зіставлених із зв'язками елемента.

На початковому етапі використовується синтаксичне представлення ідентифікаторів і правило запису ідентифікаторів (3), на яке накладається система обмежень (4)

$$k = (r_m, c_n)_0 \left[\rightarrow \dots \rightarrow (r_i, c_j)_q \rightarrow \dots \rightarrow (r_i, c_j)_{l-1} \right], \quad (3)$$

де r_m – зміщення елемента по ширині від північно-західного кута сітки на нульовому рівні ІСМЕП, c_n – зміщення елемента по висоті від північно-західного кута ІСМЕП на нульовому рівні сіток, r_i – зміщення елемента по ширині від північно-західного кута на не нульових рівнях, c_j – зміщення елемента по висоті від північно-західного кута на не нульових рівнях, q – номер рівня, l – максимальна глибина ІСМЕП. Квадратні дужки вказують на необов'язковість конструкції. Символ « \rightarrow » означає перехід на рівень з більшим номером.

$$\begin{cases} 0 \leq m < w \\ 0 \leq n < h \\ 0 \leq i < w_s \\ 0 \leq j < h_s \\ 1 \leq q < l \end{cases}, \quad (4)$$

де w – ширина сітки ($w \in \mathbb{N}$), h – висота сітки ($h \in \mathbb{N}$), l – максимальна глибина ІСМЕП, w_s – ширина схеми розбиття ($w_s \in \mathbb{N}$), h_s – висота схеми розбиття ($h_s \in \mathbb{N}$)

На заключному етапі синтаксичні ідентифікатори перетворюються на числові ідентифікатори для спрощення побудови графа за допомогою заданої синтаксичній операції розбору ідентифікатора, яка визначає глибину розташування ідентифікатора і його положення на кожному з рівнів ІСМЕП на допустимих глибинах.

4. Формальний опис схеми розбиття.

Для опису зв'язків необхідно визначити множину синтаксичних констант яка характеризує напрями в топології елементів ІСМЕП (у нашому випадку використовується восьмизв'язна топологія)

$$D = \{ 'NW', 'N', 'NE', 'E', 'SE', 'S', 'SW', 'W' \},$$

Ця множина складається з 8 елементів, які мають прив'язку до сторін світу і топології трансформації ІСМЕП. Розглянемо відображення (5) множини D напрямків у множину ідентифікаторів K :

$$\eta: D \rightarrow K. \quad (5)$$

Це відображення дозволяє визначити сусідні елементи по заданому напрямку. Як правило, якщо рівень поточного елемента менш ніж рівні сусідніх елементів, то образом у відображенні буде підмножина, яка належить множині K . Якщо ж рівень поточного елемента дорівнює або менш за рівень сусіда, то образом відображення буде окремий елемент множини K . Множина зв'язків елемента L (6) містить відображення виду (5) і може бути записана у вигляді

$$L = \{\eta(d_0), \dots, \eta(d_i)\}, i < |D|, d_i \in D. \quad (6)$$

Множина критеріїв C (7) за якими буде проводитися оптимізація може бути представлена як

$$C = \{c_0, c_1, \dots, c_n\}, \quad (7)$$

де n – кількість критеріїв оптимізації.

Множина R , значень критеріїв оптимізації, зіставлених із зв'язками елемента являє собою декартовий добуток множин $L \times C$ і дозволяє задати конкретні значення для виконання оптимізації.

Схема розбиття є двовимірною конструкцією, якою замінюється елемент ІСМЕП при його розбитті і формально задається кортежем (8) з п'яти елементів:

$$S = \langle w_s, h_s, S_{il}, S_{el}, S_{bl} \rangle, \quad (8)$$

де w_s – ширина схеми розбиття ($w_s \in \mathbb{N}$), h_s – висота схеми розбиття ($h_s \in \mathbb{N}$), S_{il} – підсхема внутрішніх зв'язків схеми розбиття, S_{el} – підсхема зовнішніх зв'язків схеми розбиття, S_{bl} – підсхема граничних зв'язків схеми розбиття. При цьому має місце система обмежень (9)

$$\begin{cases} w_s > 1, & h_s = 1 \\ h_s > 1, & w_s = 1 \end{cases} \quad (9)$$

Щоб визначити схеми необхідно ввести множину Q (10), яка утворюється з декартового добутка множин, що містять всі можливі значення індексів по ширині і висоті схеми відповідно, тобто

$$Q = \{ \langle 0, 0 \rangle, \dots, \langle i, j \rangle \}, 0 \leq i < w_s, 0 \leq j < h_s, \quad (10)$$

та для отриманої множини Q та множини напрямків D будується відображення :

$$\varphi: Q \rightarrow D.$$

Тоді схема внутрішніх зв'язків задається матрицею розміру $w_s \times h_s$

$$S_{il} = \left\| \varphi(q_{i,j}) \right\|_{w_s \times h_s}.$$

Схема зовнішніх зв'язків задається матрицею розміру $w_s \times h_s$, де $q \in Q$

$$S_{el} = \left\| \begin{array}{cccc} \varphi(q_{0,0})^{-1} & \varphi(q_{0,1})^{-1} & \dots & \varphi(q_{0,h_s-1})^{-1} \\ \varphi(q_{1,0})^{-1} & \varphi(q_{1,1})^{-1} & \dots & \varphi(q_{1,h_s-1})^{-1} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \varphi(q_{w_s-1,0})^{-1} & \varphi(q_{w_s-1,1})^{-1} & \dots & \varphi(q_{w_s-1,h_s-1})^{-1} \end{array} \right\|.$$

Розглянемо функцію отримання зв'язків заданого елемента по заданому напрямку $\lambda(k, d_i)$, де k – ідентифікатор елемента ІСМЕП, d_i – напрям зв'язків елементів ІСМЕП. оскільки значення $\eta(d) \in K$ за визначенням, то введемо відображення

$$\lambda_n(d_n, d_i) = \lambda(\eta(d_n), d_i),$$

де d_n – напрям на сусіда. Тоді для визначення граничних зв'язків використовується система функцій :

$$B = \begin{cases} \beta_{NW} = \max(\lambda_n('S', 'W')) \cup \min(\lambda_n('E', 'N')) \\ \beta_N = \max(\lambda_n('W', 'N')) \cup \min(\lambda_n('E', 'N')) \\ \beta_{NE} = \max(\lambda_n('W', 'N')) \cup \min(\lambda_n('S', 'E')) \\ \beta_E = \max(\lambda_n('N', 'E')) \cup \min(\lambda_n('S', 'E')) \\ \beta_{SE} = \max(\lambda_n('N', 'E')) \cup \max(\lambda_n('W', 'S')) \\ \beta_S = \min(\lambda_n('E', 'S')) \cup \max(\lambda_n('W', 'S')) \\ \beta_{SW} = \min(\lambda_n('E', 'S')) \cup \max(\lambda_n('N', 'W')) \\ \beta_W = \min(\lambda_n('S', 'W')) \cup \max(\lambda_n('N', 'W')) \end{cases}.$$

У цьому випадку схема граничних зв'язків в загальному випадку задається матрицею:

$$S_{bl} = \begin{pmatrix} \beta_{NW} & \beta_N & \dots & \beta_N & \beta_{NE} \\ \beta_W & 0 & \dots & 0 & \beta_E \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \beta_W & 0 & \dots & 0 & \beta_E \\ \beta_{SW} & \beta_S & \dots & \beta_S & \beta_{SE} \end{pmatrix}_{w_s \times h_s}$$

Графічне представлення схеми розбиття наведено на рис. 3.

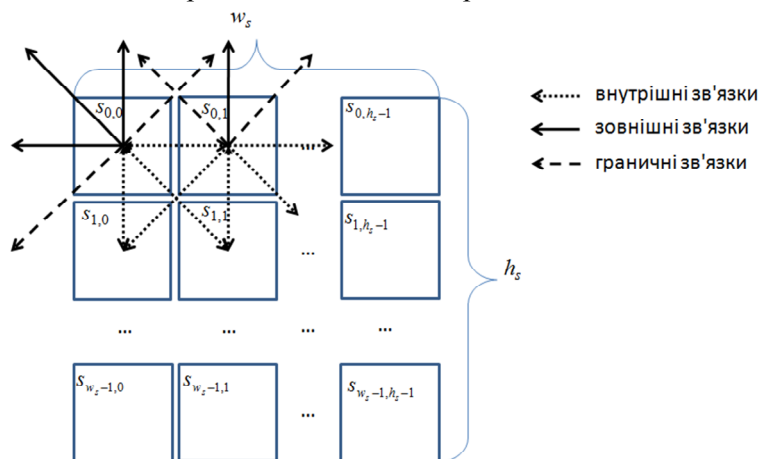


Рис. 3. Графічне представлення схеми розбиття.

На базі отриманих покриттів будується граф, на якому виконується пошук найкоротшого шляху з багатокритеріальною оптимізацією.

Висновки

В роботі запропоновано метод підготовки даних для побудови графа на базі ІСМЕП. Побудований граф може бути використаний для планування траєкторії переміщення автономного мобільного робота на стратегічному рівні системи управління. Описані концепції можуть бути використанні в інтелектуальній системі управління автономним мобільним роботом для вирішення задачі визначення оптимальної траєкторії переміщення по місцевості з урахуванням кількох критеріїв оптимізації і є фундаментом для створення інформаційної технології автономного керування мобільним роботом в умовах невизначеності.

Список літературних джерел

1. Юревич Е.И. Основы робототехники: 2-е изд. / Е.И. Юревич – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 416 с.
2. Пшихопов В. Х., Корнеев И. Г. Система с переменной структурой для управления движением манипуляционных роботов/В.Х.Пшихопов, И.Г. Корнеев // Сб. трудов 2-й международной конференции "Идентификация систем и задачи управления" SICPRO 2003. М: Институт проблем управления им. Трапезникова РАН, 2003. – С.1785–1796.
3. Юревич Е. И. Робототехника в развитии идей кибернетики/ Е.И. Юревич // Экстремальная робототехника : материалы 10-й научно-технической конференции . – СПб .: Изд-во СПбГТУ , 1999.
4. Чинь Суан Лонг. Интеллектуальная система управления мобильным роботом на основе электронного компаса/ Чинь Суан Лонг // Вестник ДГТУ. – 2007. – №4(35). – С. 145–150.
5. Лохин В.М. Автономный мобильный мини-робот / В.М. Лохин, С.В. Манько, М.П. Романов, И.Б. Гарцев, П. Э. Трипольский// Известия ТРТУ. – 2006. – №3. – С.17–23.
6. Міхнев С.С. Інформаційна технологія обробки інформації в інтелектуальній системі управління автономним мобільним роботом./ С.С. Міхнев// Збірник наукових праць Військового інституту Київського Національного університету ім. Тараса Шевченка. – 2011. – №33. – С. 172 – 178
7. Михнев С.С. Интеллектуальная гибридная система управления мобильным роботом/ С.С. Михнев// Авиационно-космическая техника и технология. – 2011. – №9. – С. 215 – 218