

УДК 004.9+681.5.017

**В.П. КВАСНІКОВ, В.В. НЕМЧЕНКО***Національний авіаційний університет, Київ, Україна***ПОБУДОВА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ АВТОНОМНИМ МОБІЛЬНИМ РОБОТОМ НА ОСНОВІ БАГАТОРІВНЕВОЇ СИСТЕМИ ПЕРЕТВОРЕННЯ ІНФОРМАЦІЇ**

*В роботі представлений новий підхід до побудови системи керування автономним мобільним роботом в умовах швидкої зміни умов зовнішнього середовища. Запропонована структура системи керування, в якій система прийняття рішень побудована на основі багаторівневої системи перетворення інформації, складається з двох рівнів. На першому рівні, на основі інформації про оточуючі предмети, формуються моделі-класифікатори оперативної ситуації. Отримані моделі передаються на другий рівень, де на їх основі відбувається генерація вектора руху. Даний вектор передається до рухомої системи, де відбувається формування серії керуючих команд до рухомих частин робота.*

**Ключові слова:** інтелектуальний робот, система керування, багаторівнева система перетворення інформації.

**Вступ**

В світлі науково-технічного прогресу, переоцінити значення автономних мобільних роботів (АМР) просто неможливо. Їх здатність замінити людину в небезпечних для неї умовах, а також у зв'язку з частішим повтором техногенних катастроф, зробило автономних роботів одним із пріоритетних напрямків розвитку сучасної науки. Основною проблемою при їх розробці є побудова системи керування.

В більшості випадків керування роботом здійснює людина-оператор, який отримуючи від системи технічного зору інформацію про об'єкт і процесу виконуваних робіт, безперервно здійснює ручне керування виконавчими механізмами маніпулятора і транспортного засобу. Складний процес управління в поєднанні з характером виконуваних робіт, що вимагають підвищеної уваги й обережності, призводить до швидкої стомлюваності оператора і, як наслідок, збільшення ймовірності помилкових дій. Зазначених недоліків можна уникнути, якщо управління з боку людини-оператора буде проводитися не на рівні завдання окремих рухів, а на рівні постановки мети. У цьому випадку робот повинен самостійно (або за мінімальної участі людини) виконувати поставлені завдання.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Постійний науково-технічний прогрес та прикладні потреби дедалі більше потребують використання та створення досконаліших автономних мобільних роботів різного призначення. Основним предметом наукових досліджень в цьому напрямку є розробка систем керування, які дозволять АМР самостійно

вирішувати деякі поставлені перед ними задачі без втручання в цей процес людини. Серед безлічі підходів до реалізації систем керування, можна виділити штучні нейронні мережі [1], нечітку логіку [2], генетичні алгоритми, автономне адаптивне управління та інші, а також поєднання різних методів. Окрім цього, існує також технологія, яка основана на використанні адаптивного методу групового урахування аргументів (МГУА), що досить ефективно показала себе при вирішенні різноманітних інтерполяційних задач, класифікації образів, прогнозування та багатьох інших застосуваннях [3]. Серед небагатьох застосувань в задачі управління автономними роботами, відомо використання поліноміальної нейронної мережі (ПНС) для планування траєкторії руху АМР [4, 5]. Окрім цього, в роботі [6], приведено приклад реалізації власне системи управління рухом АМР.

Проблема побудови високоефективних автономних робото-технічних систем призводить до необхідності розв'язку цілого комплексу різноманітних завдань, що звичайними методами вирішити досить складно. Основну проблему складає гігантський обсяг інформації, що отримується і доставляється штучними органами почуттів, і створення на їх основі програми рухів і дій робота при створенні керуючої системи робота вимагають розв'язку проблеми реального часу. Це значить, що обчислювальне обладнання, що становить основу системи керування, не встигає впоратися з поставленими завданнями й часто стримує темп руху робота. Розв'язок цієї проблеми пов'язаний як з розробкою ефективних алгоритмів обробки сенсорної інформації, так і з рівнем організації системи керування.

У випадку останнього, представляється доцільним розбивати увесь процес обробки інформації на частини з подальшим їх аналізом.

### Постановка задачі

Розробити новий підхід до побудови системи керування автономним мобільним роботом в умовах швидкої динаміки змін умов зовнішнього середовища,

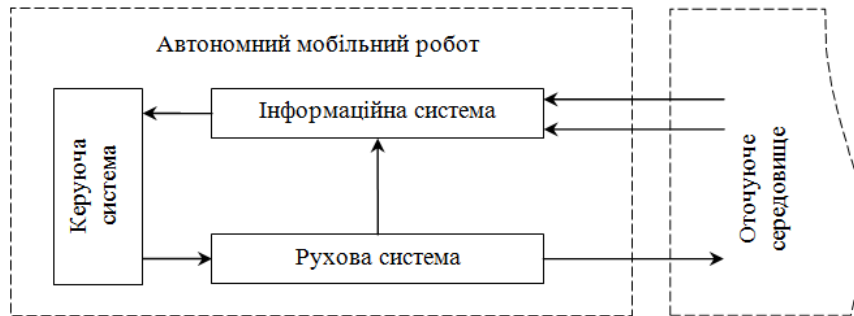


Рис. 1. Узагальнена структурна схема АМР

- рухова (маніпуляційна) – для цілеспрямованого впливу на навколишнє середовище;
- інформаційна (сенсорна) – для забезпечення робота інформацією про стан самого робота, навколишнього середовища й результатах впливу на неї рухової системи;
- керуюча – для розробки законів керування руховою системою на основі даних, що надходять як від інформаційної системи, так і від людини-оператора.

Розробку інформаційної та рухової систем досить успішно можна виконати на основі існуючих на даний момент методів і засобів. Проте розробка системи керування – найбільш складного елемента – викликає труднощі. Саме вона визначає рівень «автономності» робота. На сьогодні, існує велика кількість таких систем, головним недоліком яких є високий рівень затрат на їх розробку. В більшості випадків їх доводиться розробляти заново, враховуючи індивідуальні характеристики виконуваних робіт, що безперечно призводить до підвищення їх рівня вартості.

Для розв'язку технологічних завдань, покладених на робото-технічні комплекси (РТК), необхідно забезпечити цілеспрямовані рухи всіх виконавчих механізмів з дотриманням необхідної орієнтації робочих органів і інструментів, що визначається заданим технологічним процесом. Іншими словами, потрібно спочатку по заздалегідь запланованій послідовності технологічних операцій побудувати відповідні програмні рухи (ПР) виконавчих механізмів РТК, а потім забезпечити таке керування цими ПР, щоб перехідні процеси задовольняли заданим вимогам по точності, швидкодії й т.п.

ща, для підвищення якості виконуваних роботом операцій і зменшення проценту втручання людини-оператора в перебіг тих чи інших операцій.

### Розв'язання задачі

В роботі [7] робот розглядається як сукупність взаємопов'язаних систем (рис. 1):

Задача керування ПР полягає у фактичній обробці ПР із заданою точністю шляхом алгоритмічного синтезу й програмно-апаратної реалізації відповідного закону керування РТК.

В роботі [8], автор вводить в розгляд узагальнену динамічну модель РТК. Ця модель включає систему рівнянь динаміки, що описують керовані рухи роботів і устаткування, що входить до складу РТК, а також систему конструкційних обмежень і зовнішніх умов. У загальному випадку систему рівнянь динаміки РТК можна записати у вигляді векторного диференціального рівняння:

$$\dot{x} = F(x, u, \xi) + \pi, t \in [t_0, t_f], \quad (1)$$

де  $x = x(t)$  –  $n$ -мірний вектор станів РТК;  $u = u(t)$  –  $m$ -мірний вектор керувань, що подається на приводи РТК;  $\xi = \xi(t)$  –  $p$ -мірний вектор параметрів виконавчих механізмів і приводів;  $\pi = \pi(t)$  –  $n$ -мірний вектор зовнішніх збуджень;  $t$  – поточний час;  $F$  – задана  $n$ -мірна вектор-функція, що залежить від конструкційних особливостей РТК.

Змінні  $x, u, \pi$  і параметри  $\xi$  мають сенс реальних фізичних змінних і параметрів, що описують функціонування РТК.

Система диференціальних рівнянь (1) являє собою аналітичний запис основних фізичних закономірностей, яким підкоряються керовані рухи роботів і технологічного устаткування, що утворюють РТК. Областю визначення функції  $F$ , що задає структуру й властивості рівнянь динаміки (1), є сукупність можливих значень змінних  $x$  і  $u$  і параметрів  $\xi$ . Границі цієї області визначені конструкційними обмеженнями виду при всіх  $t \in [t_0, t_f]$ :

$$x(t) \in Q_x; u(t) \in Q_u; \xi(t) \in Q_\xi, \quad (2)-(4)$$

де  $Q_x, Q_u, Q_\xi$  – задані множини в просторі станів, керувань і параметрів відповідно.

Зовнішні постійно діючі збудження на практиці завжди обмежені. Формально це означає, що

$$\pi(t) \in Q_\pi \text{ при всіх } t \in [t_0, t_r], \quad (5)$$

де  $Q_\pi$  – область можливих значень зовнішніх збуджень.

Система обмежень (2)-(5) породжує обмеження на швидкість зміни вектора станів

$$\dot{x}(t) \in Q_x \text{ при всіх } t \in [t_0, t_r], \quad (6)$$

де  $Q_x$  – деяка множина, визначена на заданих множинах  $Q_x, Q_u, Q_\xi, Q_\pi$ , тому вихідній системі обмежень (2)-(5) можна поставити у відповідність еквівалентну їй систему, де замість умови (3) фігурує обмеження (6).

Система обмежень (2)-(5) у комбінації з рівнянням динаміки РТК в дозволений щодо керування

формі (6) являє собою узагальнену динамічну модель РТК [8]. Задача керування полягає в синтезі такого закону керування, який забезпечує точне здійснення або стабілізацію заданого  $x_p(t)$ .

Для забезпечення руху автономних мобільних роботів, необхідно визначити вектор керувань  $u$ , що подається на приводи силових установок.

Для цього потрібно наперед визначити вектор руху робота. В умовах постійної зміни оточуючого середовища, дана задача є досить складною. З метою вирішення даної проблеми було запропоновано будувати систему керування на основі багаторівневої системи перетворення інформації [9]. Такі системи та можливості їх застосувань досить детально описані в роботах [10].

Для прийняття рішення будується дворівнева структура (рис. 2), в якій на першому рівні, на основі інформації про оточуючі предмети, формуються моделі-класифікатори оперативної ситуації.

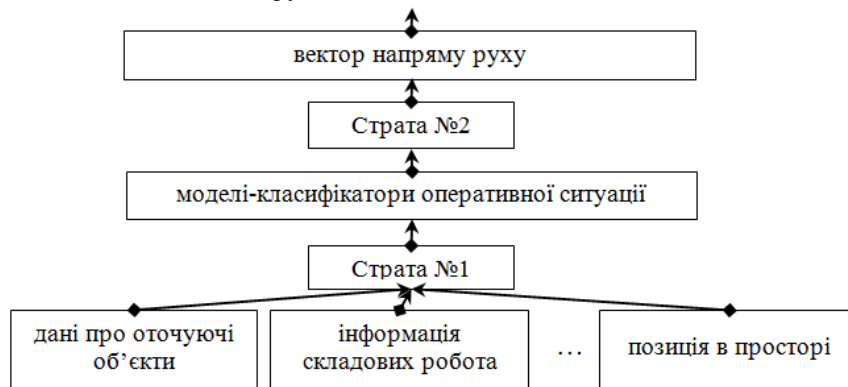


Рис. 2. Структура підсистеми перетворення інформації

Отримані моделі передаються на другий рівень, де на їх основі відбувається генерація вектора руху.

Даний вектор передається до рухомої системи, де відбувається формування серії керуючих команд до рухомих частин робота.

### Висновок

Таким чином, в даній роботі було запропоновано інформаційну технологію реалізації процесу керування автономним мобільним роботом на основі систем багаторівневого перетворення інформації.

Система керування будується за рахунок формування дворівневої ієрархічної структури, яка складається з моделей, побудованих на основі даних про оточуючі предмети, з подальшою їх передачею до рухомої системи робота.

Такий підхід є досить новим, і в перспективі, може дати можливість формувати універсальну систему керування роботом.

### Література

1. Ахтеров, А.В. Основы теоретической робототехники. Примеры использования искусственных нейронных сетей [Электронный ресурс] / А.В. Ахтеров, А.А. Кирильченко. – М.: ИПМ им. М.В.Келдыша, 2009. – 21 с. – (Препринт / РАН, ИПМ им. М.В. Келдыша; ИПМ № 46). – Режим доступа к ресурсу: [http://www.keldysh.ru/papers/2009/prep46/prep2009\\_46.htm](http://www.keldysh.ru/papers/2009/prep46/prep2009_46.htm). – 15.05.2012 г.
2. Robot navigation in very cluttered environments by preference-based fuzzy behaviors. Elsevier [Text] / Majura F. Selekwa, Damion D. Dunlap, Dongqing Shi, Emmanuel G. Collins // Robotics and Autonomous Systems. – 2008. – Vol. 56. – P. 231 – 246.
3. Ivakhnenko, A.G. The Review of Problems Solvable by Algorithms of the Group Method of Data Handling [Text] / A.G. Ivakhnenko, G.A. Ivakhnenko // Pattern Recognition and Image Analysis. – 1995. – P. 527 – 535.

4. Philip Chen C.L. *Polynomial Neural Networks Based Mobile Robot Path Planning [Text]* / C.L. Philip Chen, F. Ahmed // *Proc. of SPIE Conf. «Applications of Artificial Intelligence»*. – 1993. – P. 320-326.

5. Ahmed Philip Chen C.J.L. *An Efficient Obstacle Avoidance Scheme in Mobile Robot Path Planning using Polynomial Neural Networks [Text]* / Ahmed Philip Chen C.J.L. // *Proc. of the IEEE National Aerospace and Electronics Conf.* – 1993. – 2. – P. 848-850.

6. Тырышкин, А.В. *Целевые аспекты построения системы управления автономным мобильным роботом на основе дважды многоуровневых нейронных сетей МГУА с активными нейронами [Текст]* / А.В. Тырышкин, А.А. Андраханов // *Методы и средства управления технологическими процессами – 2007: материалы IV Междунар. конф.* – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2007. – С. 237-243.

7. *Теоретические основы робототехники. В 2 кн. [Текст]* / А.И. Корендясев, Б.Л. Саламандра,

Л.И. Тывес, отв. Ред. С.М. Каплунов; Ин-т машиностроения им. А.А. Благонравова РАН. – М.: Наука, 2006. – Кн. 1. – 383с., 33-34.

8. Тимофеев, А.В. *Адаптивные робототехнические комплексы [Текст]* / А.В. Тимофеев. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд., 1988. – 332 с.

9. Немченко, В.В. *Багаторівневі системи прийняття рішення в робототехніці* / В.В. Немченко [Текст] / В.В. Немченко // *Обробка сигналів і негаусівських процесів: наук.-практ.конф.: тези допов.* – Ч.: ЧДТУ, 2011. – С. 211-212.

10. Голуб, С.В. *Формування дублюючих рівнів в ієрархічних структурах автоматизованих систем багаторівневого перетворення інформації [Текст]* / С.В. Голуб, В.В. Немченко, В.Ю. Нечипоренко // *Вісник Східноукраїнського національного університету ім. Володимира Даля.* – 2011. – № 9. – С. 294-297.

Надійшла до редакції 28.05.2012

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. О.Г. Корченко, Національний авіаційний університет, Київ, Україна.

## ПОСТРОЕНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ АВТОНОМНЫМ МОБИЛЬНЫМ РОБОТОМ НА ОСНОВЕ МНОГОУРОВНЕВОЙ СИСТЕМЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ИНФОРМАЦИИ

*В.П. Квасников, В.В. Немченко*

В работе представлен новый подход к построению системы управления автономным мобильным роботом в условиях быстрого изменения условий внешней среды. Предлагаемая структура системы управления, в которой система принятия решений построена на основе многоуровневой системы преобразования информации, состоит из двух уровней. На первом уровне, на основе информации об окружающих предметах, формируются модели-классификаторы оперативной ситуации. Полученные модели передаются на второй уровень, где на их основании происходит генерация вектора движения. Данный вектор передается подвижной системе, где происходит формирование серии управляющих команд в подвижные части робота.

**Ключевые слова:** интеллектуальный робот, система управления, многоуровневая система преобразования информации.

## THE CONTROL SYSTEM CONSTRUCTION OF AN AUTONOMOUS MOBILE ROBOT BASED ON MULTILEVEL SYSTEM OF CONVERTING INFORMATION

*V.P. Kvasnikov, V.V. Nemchenko*

In this paper, a new approach of creating the control system of an autonomous mobile robot under the rapid dynamic changes of environmental factors. The offered structure of the control system in which the system of decision making is constructed on the basis of multilevel system of converting information consists of two levels. At the first level, based on information about the surrounding objects, model-classifiers of operational situation is generated. These models are transferred to the second level, where their base is the generation of vector movement. This vector is transmitted to the mobile system, where the formation of a series of control commands to the moving parts work is generated.

**Key words:** intelligent robot, control system, multi-system conversion information.

**Квасніков Володимир Павлович** – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри інформаційних технологій інституту інформаційно-діагностичних систем Національного авіаційного університету, Київ, Україна, e-mail: kvp@nau.edu.ua.

**Немченко Вадим В'ячеславович** – аспірант інституту інформаційно-діагностичних систем Національного авіаційного університету, Київ, Україна, e-mail: westa.nvv@gmail.com.