

УДК 004.896

# ОСОБЕННОСТИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ГИБРИДНЫХ СИСТЕМ МОБИЛЬНОГО РОБОТА

К.т.н. А.А. Левтеров<sup>1</sup>, Ю.А. Нечитайло<sup>2</sup>, Е.Г. Степанова<sup>2</sup>

1. Национальный университет гражданской защиты Украины, г. Харьков
2. Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

*Описаны принципы построения интеллектуальных гибридных систем мобильного робота. Проведен анализ проблем, связанных с быстродействием интеллектуальных модулей в режиме реального времени. Предложен подход решения данной проблемы с применением генетических алгоритмов и нечетких временных рядов.*

*Описані принципи побудови інтелектуальних гібридних систем мобільного робота. Проведено аналіз проблем, пов'язаних зі швидкодією інтелектуальних модулів в режимі реального часу. Запропоновано підхід вирішення даної проблеми із застосуванням генетичних алгоритмів і нечітких часових рядів.*

*In article the principles of creation of intellectual hybrid systems of the mobile robot are described. The analysis of the problems connected with speed of intelligent modules in real time is carried out. Approach of the solution of this problem with application of genetic algorithms and indistinct temporary ranks is offered.*

**Ключевые слова:** робототехника, интеллектуальный мобильный робот, гибридная система

В настоящее время подавляющее большинство работ в области создания моделей поведения, использование методов искусственного интеллекта для управления различными объектами носят в основном теоретический, абстрактный характер. Причин тому много, одной из них является кажущаяся трудоемкость и дороговизна проектов, работающих с реальными техническими устройствами.

Гибридная система управления мобильного робота основана на достижении цели управления путем совместного применения классических методов представления и обработки знаний, в частности, семантических сетей для обработки естественного языка и нейронных сетей для распознавания и кластеризации образов [2]. Такая система позволяет общаться с роботом при задании ему цели движения на языке, близком к естественному, предварительно обучив его ассоциациям между образами, обозначениями их на естественном языке и положением робота в пространстве [3].

В последние два десятилетия разработчики прикладных интеллектуальных систем все чаще применяют гибридный подход к реализации систем искусственного интеллекта. Он основан на применении логической обработки данных классическими методами инженерии знаний и ассоциативной обработки данных нейронными сетями. Его применение позволяет, с одной стороны, использовать результаты, достигнутые в технике представления знаний с ее удобством визуализации, вербализации формализации знаний. С другой стороны, он позволяет использовать возможности обучения и естественной работы с нечеткими знаниями,

свойственными нейронным сетям.

Как известно, проблема создания настоящего искусственного интеллекта (strong AI) наиболее актуальна при создании интеллектуальных роботов. Поэтому гибридный подход наиболее интересен и перспективен в контексте разработки таких роботов, в частности, мобильных.

Система управления мобильного робота в общем случае выполняет следующие функции [4]:

- восприятие и распознавание информации, поступающей из внешнего мира от датчиков;
- общение с человеком;
- создание и корректировка модели мира путем обучения в процессе общения с человеком, восприятия сигналов с датчиков и выполнения действий;
- планирование и перепланирование поведения;
- управление выполнением действий;
- управление приводами;
- общение с другими роботами.

Архитектура системы управления мобильным роботом основана на представлении интеллектуальной системы в виде двух уровней обработки данных [5].

В этом представлении интеллектуальная система разделяется на два уровня обработки и хранения знаний: логический (вербальное мышление) и образный (ассоциативное мышление) (рис. 1). Логический уровень имеет дело с понятиями (концепциями), которые могут быть описаны в любой знаковой системе (в частности, на естественном языке). На этом уровне используются методы и процессы, известные в инженерии знаний, например, логический вывод, различные виды поиска и т.п. Ассоциативный уровень имеет дело с изображениями (образами), когда решение задачи осуществляется через ассоциативные процессы – сохранение и вызов ассоциаций, классификация, кластеризация и обобщение.

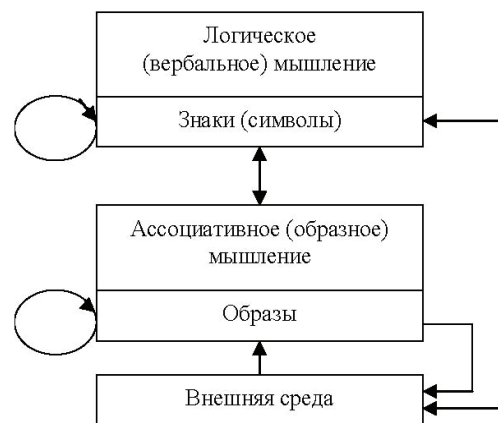


Рис. 1. Уровни интеллектуальной системы

Множество образов, с которыми работает интеллектуальная система, может быть разделено на статические и динамические, на гомогенные и гетерогенные. Строго говоря, статические образы не существуют вообще в реальном мире. Однако, для упрощения представления и обработки знаний полезно рассматривать отдельно образы, которые не зависят существенно от времени и считать их статическим.

В соответствии с моделью, описанной выше, система управления роботом включает логический и ассоциативный уровни (рис. 2).

Логический уровень реализован на семантической сети и выполняет функции распознавания смысла предложений на естественном языке и планировании достижения целей. Ассоциативный уровень состоит из подсистемы для обработки данных от датчиков (для решения статических задач) и подсистемы для управления движением (для решения динамических задач). Этот уровень реализован на основе нейронных сетей [5].

С использованием такой системы управления можно решать следующие задачи:

- управлять роботом с помощью команд на естественном языке для перемещения в место, названное ранее в процессе его обучения и ассоциативно связанное с координатами и образом, полученным с видеоканеры;
- получать от робота описание на естественном языке места, в котором он находится (которое он видит).

накопленной в базе знаний информации о среде и принятие решения о текущем движении робота с учетом его динамических свойств; формирование управляющих воздействий на исполнительные устройства робота для отработки выбранного движения; обработка навигационной информации и определение координат текущего положения робота в среде, а также текущих значений его курса, крена и дифферента; определение целевого положения робота и обеспечение безопасности его движения в ближней зоне препятствий.

Приведенные задачи в некоторой степени решают подход, реализованный в модели системы «ИМР-среда», включающая в себя модель виртуальной среды движения ИМР, модель сенсорных систем, в частности, сканирующего дальномера, модель шасси ИМР, учитывающая его динамические свойства, и собственно модель системы управления ИМР.

Путем моделирования движения ИМР в виртуальной среде осуществляется отработка и оптимизация алгоритмов решения как отдельных задач, возлагаемых на систему управления ИМР, так и алгоритмов функционирования системы в целом. В частности, на рис. 2 показана типичная тестовая ситуация в виртуальной среде, отображаемая на экране дисплея в трехмерном графическом изображении. В результате работы данной системы получены: алгоритмы обработки дальнометрической и телевизионной информации, а также формирования на ее основе интегральной модели среды движения ИМР; алгоритмы формирования, накопления и корректировки иерархической базы знаний робота о среде; алгоритмы планирования оптимального безопасного движения ИМР к цели и принятия решения о текущем движении с учетом динамических свойств шасси робота, а также их комплексное взаимодействие в рамках единой системы управления ИМР.

Второе направление исследований посвящено проблемам разработки аппаратных средств систем управления ИМР, обеспечивающих возможности реализации разработанных алгоритмов в реальном времени. Как показали проведенные исследования, возможность решения всего комплекса задач, возлагаемых на систему управления ИМР на базе однопроцессорного вычислительного устройства, очень проблематична. Потому как, для удовлетворения требований реального времени эквивалентная производительность такого устройства должна, по крайней мере, в 50100 раз превышать производительность процессора Pentium 100, причем эти цифры существенно возрастают при увеличении скорости движения ИМР. С другой стороны, жесткие требования к бортовому оборудованию, такие как малые габариты и высокая надежность, ограничивают возможности использования сверхбыстродействующих суперкомпьютеров для создания систем управления ИМР.

Решение данной проблемы лежит, по-видимому, на пути построения системы управления ИМР в виде многопроцессорной распределенной системы, в которой каждый из процессорных узлов решает определенную часть комплекса задач, возлагаемых на систему.

На рис. 3 показана обобщенная структурная схема многопроцессорной распределенной системы управления ИМР.



Рис. 2. Структура системы управления роботом

На систему управления интеллектуального мобильного робота (ИМР) возлагается сложный комплекс задач: обработка комплексной сенсорной информации (телевизионной, дальнометрической, тепловизионной и т.д.) и формирование на ее основе модели видимой зоны среды движения; накопление и корректировка базы знаний робота о среде на основе моделей, формируемых с помощью сенсорных устройств; планирование оптимального движения робота к цели на основе

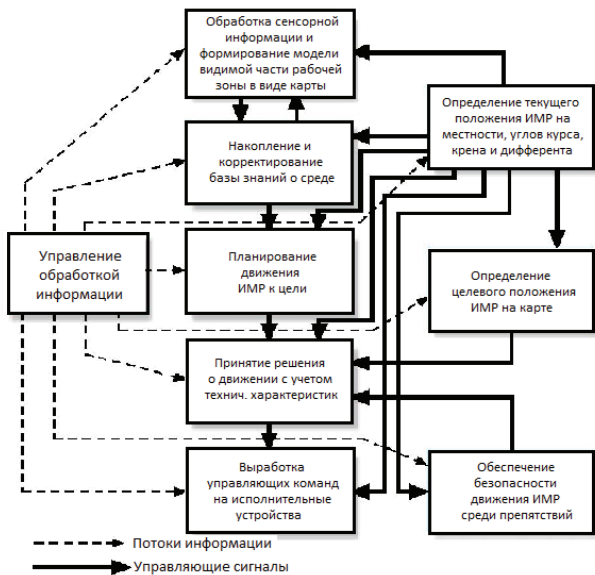


Рис. 3. Структура комплекса задач системы управления ИМП

В ее состав входят четыре основные подсистемы, а именно: подсистема восприятия информации, подсистема планирования движения, навигационная подсистема, исполнительная подсистема.

Каждая из этих подсистем представляет собой самостоятельное вычислительное устройство, координация работы которых осуществляется с помощью центрального процессора.

Применение в интеллектуальной части робота, связанной с задачами принятия решений, генетических алгоритмов [6-8], предназначенных для поиска решений в многомерных пространствах поиска, и нечетких временных рядов [9] прогнозирования краткосрочных событий приведет к увеличению быстродействия модуля «мышления-поведения».

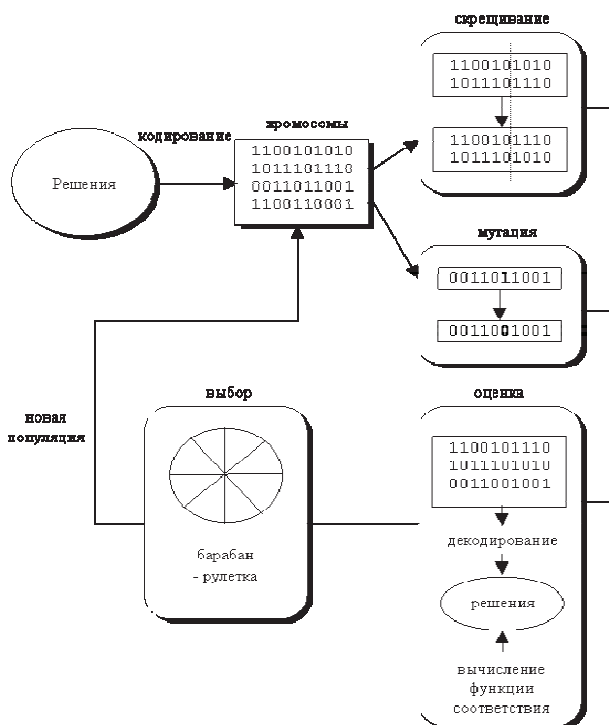


Рис. 4. Обобщенная структура генетического алгоритма

Идея генетических алгоритмов заимствована у живой природы и состоит в организации эволюционного процесса, конечной целью которого является получение оптимального решения в сложной комбинаторной задаче. Разработчик генетических алгоритмов выступает в данном случае как «создатель», который должен правильно установить законы эволюции, чтобы достичь желаемой цели как можно быстрее.

Поскольку среда, в которой функционирует робот, все время меняется, то генетические алгоритмы позволяют найти оптимальное решение в поведении робота путем скрещивания исходных вариантов с последующей селекцией по некоторому критерию [10]. Генетический алгоритм (ГА) можно рассматривать как одну из разновидностей случайного поиска, которая основана на механизмах, напоминающих естественный отбор и размножение. Обобщенная структура генетического алгоритма представлена на рис. 4.

**Выводы.**

Анализ систем управления ИМП и проблем, связанных с их проектированием, особенно в случаях, когда от робота требуется решение большого спектра задач, показал, что при проектировании гибридных интеллектуальных систем управления необходимо применять многопроцессорные (RISC system) распределенные системы, а также генетические алгоритмы и нечеткие временные ряды в модулях «мышления-поведения».

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:**

1. Добрынин Д.А. Адаптивный мобильный робот / Д.А. Добрынин, В.Э. Карпов, Т.В. Мещерякова, С.Н. Степанов // Мобильные роботы и мехатронные системы: Материалы научной школы-конференции, Москва, 21-25 марта 2005. Часть 1. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2005., стр. 137-143.
2. Mori H. et al. A hybrid intelligent system for fault detection in power systems. – IEEE, 2002. – Pp. 2138-2143.
3. Колесников А.В. Гибридные интеллектуальные системы. Теория и технология разработки / А.В. Колесников. – СПб.: Изд-во СПбГТУ, 2001. – 711с.
4. Гаврилов А.В. Гибридные интеллектуальные системы / А.В. Гаврилов. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2003. – 162 с.
5. Гаврилов А.В. Архитектура гибридной системы управления мобильным роботом / А. В. Гаврилов, В. В. Губарев, К. Х. Джо, Х. Х. Ли // Научный вестник НГТУ, Новосибирск. – 2004. – № 2 (17). – с. 3–13.
6. Гладков Л.А. Генетические алгоритмы / Л.А. Гладков, В.В. Курейчик, В.М. Курейчик. М.: Физматлит, 2006. – 272 с.
7. Ротштейн А.П. Интеллектуальные технологии идентификации: нечеткая логика, генетические алгоритмы, нейронные сети / А. П. Ротштейн. - Винница : УНИВЕРСУМ-Винница, 1999. - 320 с.
8. Усков, А. А. Интеллектуальные технологии управления. Искусственные нейронные сети и нечеткая логика / А. А. Усков, А. В. Кузьмин. - М.: Горячая линия - Телеком, 2004. - 143 с.
9. Езупов, Н. Д. Методы робастного, нейро-нечеткого и адаптивного управления: Учебник / Н. Д. Езупов. - 2-е изд. - М.: МГТУ им. Баумана, 2002. - 744 с.
10. Hartmann A.K., Rieger H. Optimization Algorithms in Physics. — Berlin: Wiley-VCH, 2002. — 383 с. — ISBN 3527403078.