

УДК 004.89.004.3

С.С. МИХНЕВ

Национальный авиационный университет, Украина

## ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ГИБРИДНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ МОБИЛЬНЫМ РОБОТОМ

Приведена обобщенная структура системы управления автономным мобильным роботом и структуры информационного обмена робота с внешней средой. Выделены классы неопределенности входной информации, поступающей в процессе информационного обмена мобильного робота с внешней средой. Проведен анализ задач системы управления требующих применения методов искусственного интеллекта. Предложена структура интеллектуальной гибридной системы управления автономным мобильным роботом, которая содержит элементы нейросетевых технологий, нечеткой логики и генетических алгоритмов.

**Ключевые слова:** автономный мобильный робот, система управления, гибридные интеллектуальные системы.

### Введение

Современный уровень развития информационных технологий и технологий искусственного интеллекта позволяет применять достижения в этих областях в робототехнике для создания интеллектуальных автономных мобильных роботов (АМР). Такой подход позволяет решать класс задач, требующих «интеллектуальной» обработки информации в условиях неопределенности.

В работах [1, 2] рассмотрены обобщенные структуры информационной системы управления интеллектуальным роботом. На базе подобных структур возможна разработка интеллектуальных систем управления АМР с учетом особенностей их целевого назначения и режимов функционирования. При этом актуальной проблемой является обеспечение для АМР адекватной реакции и возможности принять решение в ходе выполнения задач на неопределенные ситуации.

При разработке АМР для систем экстремальной робототехники, также следует учитывать риски возникающие в ходе функционирования АМР.

Целью данной статьи является разработка новой структуры интеллектуальной системы управления АМР. Для достижения цели необходимо решить следующие задачи:

1. Описать проблемы информационного взаимодействия АМР и окружающего мира.
2. Выполнить анализ задач, требующих «интеллектуального» решения.
3. Выполнить сравнительный анализ технологий искусственного интеллекта, применимых для решения задач из пункта 2.

4. По результатам анализа разработать прототип структуры интеллектуальной системы управления мобильным роботом.

### 1. Схема информационного взаимодействия АМР и внешней среды

Обобщенная схема взаимодействия АМР и внешней среды представлена на рис. 1.



Рис. 1. Схема информационного взаимодействия АМР и внешней среды

На рис. 1 введены следующие обозначения:  $Y$  – вектор измеряемых параметров АМР;  $U$  – вектор управляющих воздействий;  $E$  – вектор внешних возмущений;  $F$  – вектор целей функционирования интеллектуальной системы управления.

Блок измерений и преобразований можно представить как упрощенную схему, приведенную на рис. 2.

При рассмотрении данной структуры следует учесть, что на подсистему восприятия поступает большой объем разнотипной информации от датчиков различных типов: зрительных, слуховых, тактильных, температурных, лазерных или ультразвуковых дальномеров и других более специализированных датчиков.



Рис. 2. Упрощенная структура блока измерений и преобразований

Под синтаксисом понимается структура в пространстве и во времени этой разнотипной информации. Под семантикой – результат ее восприятия как множества возможных типовых ситуаций или образов, требующих какой-либо дальнейшей обработки. Под миром понимается описание окружения робота как результат работы его подсистемы восприятия. Упрощенная структура ядра системы управления представлена на рис. 3.

Ядро системы управления содержит две составляющие: подсистема данных/знаний и подсистема планирования. В первой подсистеме содержатся исходные и приобретаемые в ходе выполнения миссии данные, которые используются в качестве исходных данных при формировании реакции и поведения АМР в подсистеме планирования.

Особого внимания заслуживает форма и характер информации, которая содержится в векторе данных от внешней среды (векторе возмущений) E. В условиях реального функционирования эта информация может содержать неопределенность, которая в конечном итоге не позволяет использовать классические строгие формальные схемы вычислений для корректировки целей функционирования АМР на стратегическом уровне.

Особенностью АМР, являющихся экземплярами, которые относятся к экстремальным робо-

тотехническим системам, является необходимость подсистемы предварительного анализа рисков при автономном синтезе алгоритма поведения. Это усложняет состав подсистемы планирования, т.к. возникает необходимость выполнения многокритериальной оптимизации в условиях возможной неопределенности ситуации или априорных данных, которые АМР использует при выполнении миссии.

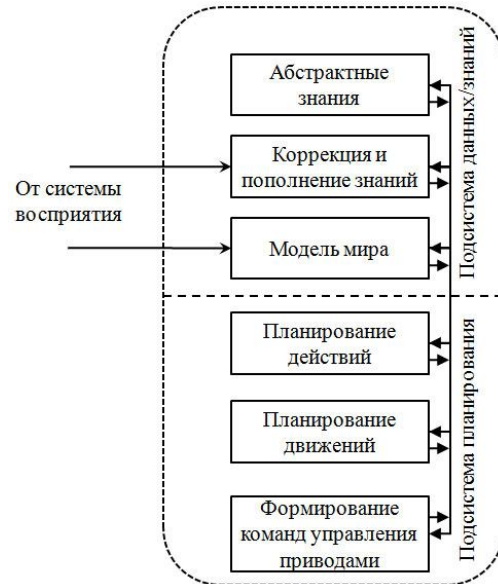


Рис. 3. Упрощенная схема ядра системы управления интеллектуального АМР

Для выбора подходящего математического аппарата реализации системы управления АМР необходимо привести классификацию неопределенности входных данных от внешней среды. За основу можно взять классификационное дерево неопределенностей [3] приведенное на рис. 4.

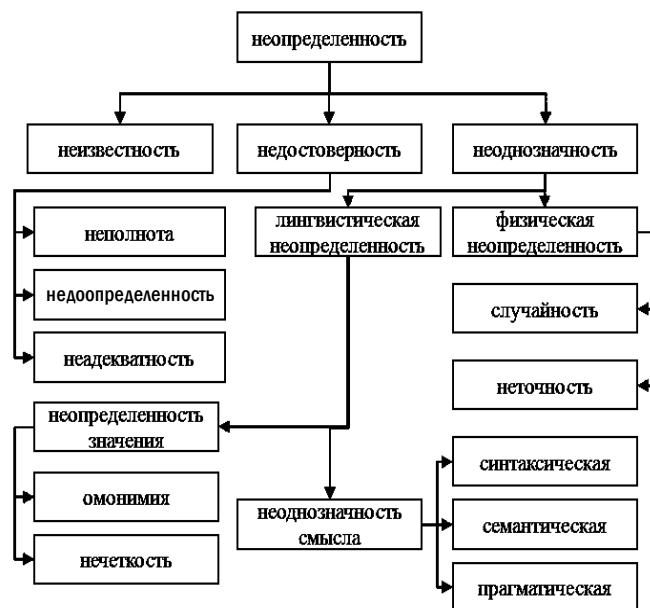


Рис. 4. Классификация неопределенностей

## 2. Перечень «интеллектуальных» задач для автономного мобильного робота

Для обеспечения успешного функционирования АМР применяются средства, алгоритмы и методы искусственного интеллекта, прежде всего, для решения следующих задач [2]:

- обработка сенсорной информации;
- формирование моделей внешней среды;
- принятие решений и планирование поведения;
- управление движением;

Применение методов искусственного интеллекта для решения вышеуказанных задач связано, прежде всего, с развитием иерархической структуры модели среды путем формирования все более обобщенных уровней ее представления путем перехода от образов внешней среды, непосредственно воспринимаемых сенсорами системы, к все более абстрактным образам и понятиям. Следствие этого — расширение функциональных возможностей робота благодаря автономному решению все более сложных неалгоритмизируемых интеллектуальных задач, включая самоусовершенствование в процессе активного взаимодействия с внешней средой при решении этих задач.

Методы искусственного интеллекта применяют в системах управления не только в общесистемных контурах управления, но и для решения различных локальных задач отдельных подсистем робота наравне с адаптивными методами.

При более подробном рассмотрении задач, которые требуют применения методов искусственного интеллекта можно выделить следующие составляющие подзадачи.

Обработка сенсорной информации: распознавание образов; учет и уменьшение неопределенности согласно классификации на рис. 4.

Формирование моделей внешней среды: кластеризация; сопоставление с определением достоверности; аппроксимация.

Принятие решений и планирование поведения: многокритериальная оптимизация; оценка рисков.

## 3. Обзор методов искусственного интеллекта

С самого начала исследований в области моделирования процесса мышления выделились два направления: логическое и нейрокибернетическое.

Первое основано на выявлении и применении в интеллектуальных системах различных логических и эмпирических приемов (эвристик), которые применяет человек для решения каких-либо задач.

С появлением концепций "экспертных систем" (ЭС) это направление вылилось в научно-технологическое направление информатики "инженерия знаний", занимающееся созданием "систем, основанных на знаниях" (Knowledge Based Systems).

Второе направление - нейрокибернетическое - основано на построении самоорганизующихся систем, состоящих из множества элементов, функционально подобных нейронам головного мозга.

Логическое направление можно рассматривать как моделирование мышления на уровне сознания или вербального мышления. Его достоинствами являются:

- возможность относительно легкого понимания работы системы;

- легкость отображения процесса рассуждений системы на ее интерфейс с пользователем на естественном языке или каком-либо формальном языке;

- достижимость однозначности поведения системы в одинаковых ситуациях.

Недостатками этого подхода являются:

- трудность и неестественность реализации нечетких знаков (образов);

- сложность реализации адекватного поведения в условиях неопределенности (недостаточности знаний, зашумленности данных, не точно поставленной цели и т.п.);

- трудность и неэффективность распараллеливания процесса решения задач.

Нейрокибернетическое направление можно рассматривать как моделирование мышления на подсознательном уровне. Его достоинства - это отсутствие недостатков, свойственных логическому направлению, а недостатки - отсутствие его достоинств. Еще одним достоинством в случае аппаратной реализации нейронной сети является ее живучесть, т.е. способность сохранять приемлемую эффективность решения задачи при выходе из строя элементов сети. Это свойство нейронных сетей достигается за счет избыточности.

В случае программной реализации структурная избыточность нейронных сетей позволяет им успешно работать в условиях неполной или зашумленной информации.

Среди основных методов искусственного интеллекта наиболее часто применяются: экспертные системы; искусственные нейронные сети; нечеткие системы; генетические алгоритмы.

В работе [4] приведено множество примеров смешанного применения данных методов, например нечетких нейросистем или нейросистем с генетической настройкой или элементами самоорганизации на эволюционных алгоритмах. Комбинированное применение позволяет достигать более аде-

кватных и лучших результатов при решении поставленных задач [4]. В начале 90-х годов XX-го века появилось новое направление гибридных интеллектуальных систем, которое позволило добавить использование аналитических и имитационных статистических моделей к смешанным интеллектуальным методам. Это позволило уменьшить влияние недостатков всех вышеуказанных методов и подчеркнуть их достоинства, что в свою очередь позволяет решать за достаточно короткое время задачи выделенные в разделе 2 данной статьи.

#### 4. Прототип гибридной интеллектуальной системы управления мобильным роботом

В качестве улучшения схемы приведенной на рис. 1, возможно применение результатов анализа в разделах 1-3 в виде создания гибридного интеллектуального центрального вычислительного устройства, включающего следующие блоки: блок нечеткого вывода, нейросетевой блок, генетический блок, контроллер данных.

Блоки предполагается объединить общей информационной шиной с передачей данных между ними через контроллер данных в унифицированном формате с описанием данных высокого уровня на базе объектно-ориентированного подхода.

#### Заключение

Для решения задачи обработки сенсорной информации предлагается использовать аппарат нейронечетких систем, для задачи формирования модели внешней среды предлагается использовать аппарат геометрического моделирования, нечеткой логики, нейросетевые методы. Задачи оптимизации предлагается решать с помощью аппарата генетических алгоритмов. Объединение методов искусственного интеллекта предлагается сделать на уровне вычислительного блока системы управления с разработкой унифицированного объектно-ориентированного формата данных.

#### Литература

1. Гаврилов А.В. Системы искусственного интеллекта / А.В. Гаврилов. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2001 – Ч. 1. – 67 с.
2. Юревич Е.И. Основы робототехники / Е.И. Юревич. – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 416 с.
3. Пономарев О.С. Нечеткие множества в задачах автоматизированного управления и принятия решения: учебное пособие / О.С. Пономарев. – Х.: НТУ «ХПИ», 2005. – 232 с.
4. Рутковская Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы / Д. Рутковская, М. Пилинский, Д. Рутковский. – М.: Горячая линия-телеком, 2006. – 457 с.

Поступила в редакцию 1.06.2011

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой ИТ В.П. Квасников, Национальный авиационный университет, Киев, Украина.

#### ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА ГІБРИДНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ МОБІЛЬНИМ РОБОТОМ

*С.С. Міхнев*

Наведена узагальнена структура системи керування автономним мобільним роботом і структури інформаційного обміну робота з зовнішнім середовищем. Виділено класи невизначеності вхідної інформації, що надходить у процесі інформаційного обміну мобільного робота з зовнішнім середовищем. Проведено аналіз завдань системи керування які вимагають застосування методів штучного інтелекту. Запропоновано структуру інтелектуальної гібридної системи керування автономним мобільним роботом, яка містить елементи нейромережевих технологій, нечіткої логіки та генетичних алгоритмів.

**Ключові слова:** автономний мобільний робот, система керування, гібридні інтелектуальні системи.

#### HYBRID INTELLIGENT CONTROL SYSTEM FOR MOBILE ROBOTS

*S.S. Mikhnev*

The generalized structure of an autonomous mobile robot control system and structure of information exchange for robot and the environment are presented. The classes of uncertainty of input information supplied to the process of information exchange mobile robot with the environment. The analysis of problems requiring the use of control systems of artificial intelligence is given. The structure of the hybrid system of intellectual control of autonomous mobile robot, which contains elements of neural networks, fuzzy logic and genetic algorithms is proposed.

**Key words:** autonomous mobile robot, control system, hybrid intelligent systems.

**Михнев Сергей Сергеевич** – аспирант, каф. ИТ, Национальный авиационный университет, Киев, Украина, e-mail: mss-keem@yandex.ru.