

АРХИТЕКТУРА ГИБРИДНОЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

А.В. ГАВРИЛОВ*, Ю.В. НОВИЦКАЯ*

Интенсивное развитие гибридных интеллектуальных систем в последние годы обусловлено возможностью сочетать в одной системе преимущества традиционных средств и методов искусственного интеллекта, избежав при этом недостатков, присущих им по отдельности. Гибридные интеллектуальные системы позволяют более эффективно соединять формализуемые и неформализуемые знания за счет интеграции традиционных средств искусственного интеллекта. В предлагаемой статье рассматривается архитектура гибридной интеллектуальной системы.

1. ВВЕДЕНИЕ

За время, прошедшее с момента появления понятия “искусственный интеллект” (за точку отсчета, достаточно приблизительно, можно принять конец 60-х годов XX века, когда Л. Заде ввел понятие “нечеткие множества”), были созданы различные системы искусственного интеллекта, такие как экспертные системы, системы с нечеткой логикой, системы поддержки принятия решений, искусственные нейронные сети, системы планирования движения роботов и т.д.

Такое разнообразие систем искусственного интеллекта определяется различной степенью формализации исходных данных и знаний. Например, экспертные системы позволяют принять решение на основе правил и опыта экспертов, искусственные нейронные сети способны обучаться, системы с нечеткой логикой работают с такими понятиями, как неопределенность и частичная (приблизительная) истина.

Как следствие, одна из тенденций сегодняшнего дня – создание гибридных интеллектуальных систем, в которых сочетаются различные методы искусственного интеллекта (в частности, технологии нейронных сетей могут комбинироваться с другими методами искусственного интеллекта). Такое сочетание позволяет более эффективно соединять формализуемые и неформализуемые знания [1–3].

Гибридные интеллектуальные системы особенно эффективны в медицине, банковском деле, для управления роботами, при распознавании

§* Доцент кафедры вычислительной техники, канд. техн. наук

©* Ст. пр. кафедры вычислительной техники

образов, при обнаружении неисправностей в технических системах и т.д., то есть в тех отраслях, где приходится иметь дело как с четкими, так и нечеткими знаниями [4–6].

2. ГИБРИДНЫЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ РОБОТАМИ

Примером гибридной интеллектуальной системы для управления роботом может служить система для создания планов движения роботов [7].

Гибридная система состоит из четырех модулей: 1) планировщика, 2) помощников, 3) исполнителей движений и 4) управляющего центра.

Система включает в себя объектно-ориентированную базу знаний для моделирования окружающей среды и адаптивный алгоритм планирования движения. На основе полученных данных (предварительно сформированных карт окружающей обстановки и последующей динамической информации об окружении робота) адаптивный алгоритм планирования движения определяет путь и генерирует последовательность команд для навигации робота.

Для управления достаточно сложной концепцией совместно используемой информации в системе применена иерархическая база знаний, которая включает в себя три информационные области: 1) модель окружающей среды, 2) перцептрон и 3) супервизор, осуществляющий настройку управляющего режима.

В системе реализована архитектура с использованием управляющего центра, который связан с перечисленными модулями и координирует их функционирование.

Данную систему можно отнести к классу интегрированных гибридных интеллектуальных систем [8], в архитектуре которых главенствует основной модуль-интегратор, который, в зависимости от поставленной цели и текущих условий нахождения решения, выбирает для функционирования те или иные интеллектуальные модули, входящие в систему, и объединяет их реакцию.

Также в качестве примера можно привести системы для управления роботами (система для моделирования адаптивного поведения мобильного робота [9], система для планирования траектории движения манипуляционных роботов [10]), включающие в свой состав нейронные сети. Такие системы можно отнести к классу объединенных гибридных интеллектуальных систем, которые характеризуются соединением нейронных сетей с другими методами искусственного интеллекта, что позволяет увеличить

способности систем к обучению и адаптации посредством оптимизации.

3. ПРОГРАММНАЯ МОДЕЛЬ ГИБРИДНОЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Предлагаемая гибридная интеллектуальная система предназначена для управления мобильным роботом.

Архитектура системы основана на комбинации продукционно-фреймовой экспертной системы ESWin [11] и нейронной сети. Эта архитектура в свое время была предложена авторами для создания так называемых “двухполушарных” экспертных систем [12].

Для экспериментов с гибридной интеллектуальной системой применительно к управлению мобильным роботом предлагается программная модель системы (далее под системой будет подразумеваться программная модель системы).

Система состоит из трех модулей: модели мобильного робота, экспертной системы и нейронной сети. Система взаимодействует с внешней средой, также представленной программной моделью.

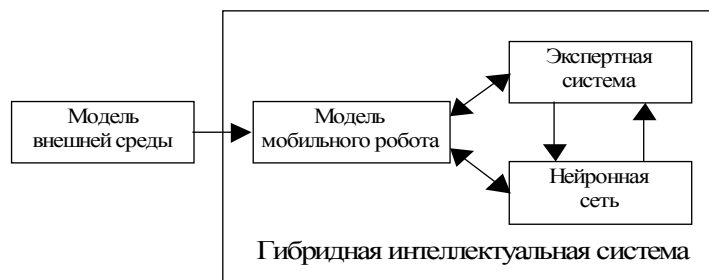


Рис. 1. Гибридная интеллектуальная система

Модель внешней среды предназначена для описания некоторого дискретного двумерного замкнутого пространства (условно называемого “комнатой”), с неподвижными препятствиями – “стенами”. Препятствия могут быть нескольких типов: стена, угол стены, тупик и т.д. Пример представления внешней среды приведен на рис. 2. Робот может перемещаться в двумерном пространстве в двух направлениях: влево/вправо, вперед/назад.

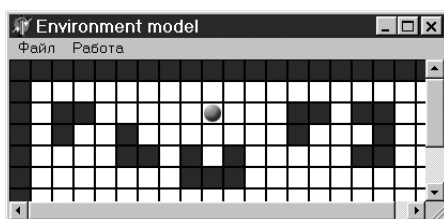


Рис. 2. Модель внешней среды

Нейронная сеть служит для распознавания класса препятствия. Поскольку препятствия могут несколько различаться в пределах одного класса, а также могут появляться препятствия, принадлежащие новым классам (например, движущиеся препятствия), необходимо, чтобы нейронная сеть не забывала результаты предыдущих обучений, относя к одному и тому же классу схожие препятствия (возможно, с корректировкой результатов обучения) и формировала новый класс препятствий в случае наличия существенных отличий во вновь появляющихся препятствиях (по сравнению с уже имеющимися).

Таким требованиям отвечает классификатор Гроссберга/Карпенетера (нейронная сеть адаптивной резонансной теории АРТ) [13], которая сохраняет пластичность, необходимую для изучения новых образов (препятствий), и в то же время предотвращает изменение ранее запомненных образов (препятствий).

Нейронной сети предъявляются для распознавания и классификации фрагменты внешней среды, окружающей робота. Фрагмент содержит ближайшие элементы внешней среды, окружающие робота. Нейронная сеть или распознает уже известный класс препятствия, или формирует новый класс.

Экспертная система, основываясь на данных, полученных от нейронной сети (выходные данные, полученные от нейронной сети, подаются на вход экспертной системы), позволяет роботу правильно реагировать на препятствия. Фреймы базы знаний экспертной системы могут содержать описания типов препятствий и описания вариантов поведения робота. Правила-продукции, в зависимости от цели движения робота, описывают его поведение в той или иной ситуации, например:

...

Frame = Препятствие

Класс препятствия: (Стена; Угол стены; Тупик)

Тип препятствия: (Неподвижное; Подвижное)

EndF
Frame = Действие
Тип действия: (Вернуться в предыдущую точку и проверить другие возможные пути; Продолжить движение в прежнем направлении)
EndF
...
Rule N
Eq (Препятствие.Класс препятствия; Тупик)
Eq (Препятствие.Тип препятствия; Неподвижное)
Do
Eq (Действие.Тип действия; Вернуться в предыдущую точку и проверить другие возможные пути) 95
EndR

...
Выходные данные, получаемые экспертной системой, могут быть использованы в качестве входных данных для нейронной сети, наряду с той информацией, которую сеть получает от модели мобильного робота.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Тенденция последних лет – объединение в гибридные интеллектуальные системы традиционных методов искусственного интеллекта, таких как экспертные системы, нечеткие системы, искусственные нейронные сети, генетические алгоритмы и т.п..

Гибридные интеллектуальные системы позволяют использовать преимущества традиционных средств искусственного интеллекта, то есть особенно полезны в тех отраслях, где приходится иметь дело как с четкими, так и нечеткими знаниями.

[1] **Kandel A.** *Fuzzy intelligent hybrid expert system and their application* // IEEE. 1995. P. 2275-2280.

[2] **Гаврилов А.В.** *Гибридные интеллектуальные системы* // Новосибирск. Изд-во НГТУ. 2003. С. 162.

[3] **Колесников А.В.** *Гибридные интеллектуальные системы. Теория и технология разработки* // Под ред. А.М. Яшина. СПб.: Изд-во СПбГТУ. 2001. 711 С.

[4] **Pacheco R. et al.** *A hybrid intelligent system applied to financial statement analysis* // Proc. of 5th FUZZ IEEE. 1996. P. 1007-1012.

- [5] **Yan H.H. et al.** *Power system security assessment using a hybrid expert system/neural network architecture* // Proc. of IEEE. ISCS. New York. 1992. P. 1713-1716.
- [6] **Froning J.N., Olson M.D., Froelicher V.F.** *Exercise ECG analysis and measurement using an expert system approach* // Proc. of 10th IC. IEEE Engineering in medicine & biology society. 1988. P. 1-2.
- [7] **Luo R.C., Lin M.H., Shen Sh.H.** *The development of object-oriented knowledge base and adaptive motion planning for autonomous mobile robots* // Proc. of the 2001 IEEE/ RRSJ ICIRS. Maui. 2001. P. 108-113.
- [8] **Новицкая Ю.В.** *Гибридные интеллектуальные системы (краткий обзор)* // Сб. науч. трудов НГТУ. Новосибирск. Изд-во НГТУ. 2002. №4(30). С. 41-46.
- [9] **Самарин А.И.** *Модель адаптивного поведения мобильного робота, реализованная с использованием идей самоорганизации нейронных структур* // <http://wsni2003.narod.ru/Papers/Samarin.htm>.
- [10] **Гарцев И.Б.** *Планирование траектории движения манипуляционных роботов на базе МНСП* // <http://nit.itsoft.ru/2003/tezisy/articles/91.htm>.
- [11] **Gavrilov A., Novitskaya J.** *The Toolkit for Development of Hybrid Expert systems* // Proc. of KORUS'2001. TPU. Tomsk. 2001. V. 1. P. 73-75.
- [12] **Гаврилов А.В., Новицкая Ю.В.** *Архитектура "двухполушарной" экспертной системы* // Межвуз. сб. "Кибернетика и ВУЗ. Интеллектуальные информационные технологии." Вып. 28. Томск. 1994. С. 10-14.
- [13] **Гроссберг С.** *Внимательный мозг* // Открытые системы. 1997. №4.