

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ФОРМАЛИЗМА НЕЧЕТКИХ ПАТТЕРНОВ ДЛЯ КОЛЛЕКТИВА АВТОНОМНЫХ РОБОТОВ

А.В. Ермаков, Л.И. Сучкова

АлтГТУ, г. Барнаул

В статье описывается существующая классификация автономных систем, их иерархия и граница применимости модели принятия решений в коллективе роботов. Целью работы ставится рассмотреть применение нечетких лингвистических паттернов как основу базы знаний автономного робота. Результатом работы стала модель принятия решений на базе нечетких лингвистических паттернов поведения.

Ключевые слова: принятие решений, автономный робот, лингвистический паттерн, нечеткая логика.

ВВЕДЕНИЕ

Роботы все активнее входят в различные сферы жизни и деятельности человека. Применение роботов, в особенности интеллектуальных, позволяет решать задачи поиска и изъятия взрывчатых веществ, выполнять сложные сборочные и другие опасные для людей работы при минимальном участии оператора. Поэтому проблеме разработки принципов построения роботов и алгоритмов управления ими посвящено большое число исследований, проводимых как в России, так и за рубежом.

Одиночный робот может решать лишь несложные усложненные задачи или выполнять простые операции. Это связано, в частности, с ограниченным энергоресурсом, небольшим числом выполняемых операций, малым радиусом действия. При выходе из строя одиночного робота существует высокая вероятность невыполнения поставленной перед ним миссии [1]. Наиболее эффективным является решение сложных задач одновременно несколькими роботами, то есть коллективом роботов.

Интерес к мультиагентным робототехническим системам возник на рубеже XX-XXI веков и обусловлен в первую очередь чисто прагматическими соображениями о преимуществах их прикладного применения. В работе [2] рассматривается целый класс прикладных задач, для которых оптимальной или единственной альтернативой решения проблемы является организация взаимодействий нескольких исполнителей или распараллеливание процессов решения между несколькими исполнителями в целях сокращения затрат на достижение требуемого результата.

Любая задача управления коллективом роботов состоит из следующих подзадач: глобальное планирование и оптимальное распределение действий внутри группы, локальное планирование одного агента и выполнение поставленных заданий.

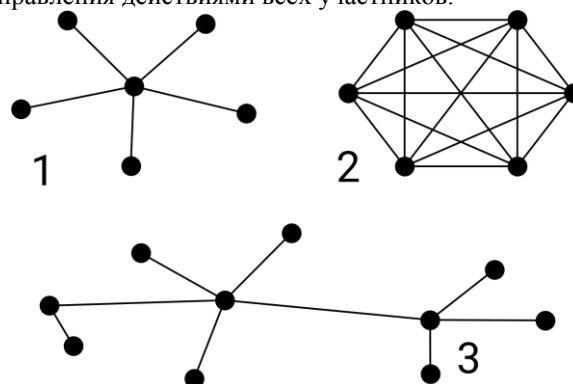
Задачей этого исследования является описание возможной реализации модели принятия решений на основе нечетких правил в коллективе автономных

роботов и расширение функционала лингвистических паттернов путём добавления в модель принятия решений нечетких переменных.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Рассмотрим возможные стратегии группового управления, основные принципы и способы организации систем автономных роботов (рис. 1).

Централизованные системы имеют в группе командира, при этом остальные участники полагаются на него в вопросах глобального планирования и управления действиями всех участников.



1 – централизованная система; 2 – децентрализованная система; 3 – иерархически-распределённая система

Рис. 1. Возможные варианты построения систем группового управления

Децентрализованные системы обладают большей живучестью, в них нет командира и все агенты в коллективе равны. Выход из строя любого из них не приведёт к выходу из строя всего коллектива в целом. В зависимости от полноты информации, получаемой каждым роботом, они могут объединяться в стаи – при минимальном количестве информации – или в коллектив, где накопленные знания обмениваются между агентами.

Будем рассматривать небольшой коллектив автономных роботов, состоящий не более чем из N агентов, в модели примем N равным десяти. Такое огра-

ничение количества участников упростит модель принятия решений при глобальном планировании. Коллектив роботов объединён в централизованную систему с одним лидером, все роботы обладают идентичными возможностями. При выходе из строя робота-лидера коллектив выбирает нового, тем самым увеличивается надёжность системы в целом. При необходимости количество агентов в коллективе может быть увеличено, тогда коллектив дробится на подгруппы с числом участников не превышающем N агентов в каждой и в каждой подгруппе выбирается свой лидер. Далее строится иерархическая система, которая легко масштабируется.

Таким образом, итоговая система состоит из нескольких уровней иерархии, и в нижнем слое находится коллектив роботов с одним лидером, который безусловно подчиняется лидеру выше по рангу (рис. 2). Лидер в центре контактирует только с лидерами коллективов.

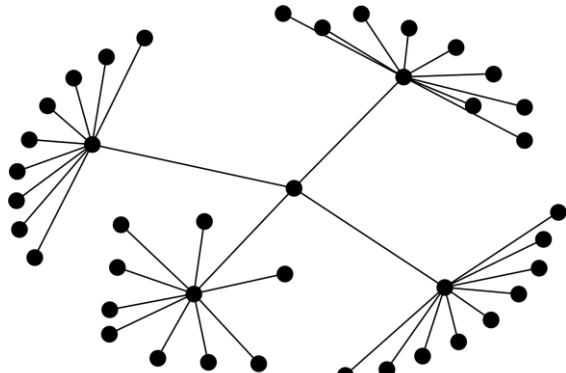


Рис. 2. Иерархическая система с тремя уровнями иерархии.

На каждом из уровней иерархии функционирует модель принятия решений. Эта модель основана на базе лингвистических паттернов, простейшее правило которых задаётся по схеме «условие-действие»:

IF условие THEN действие

Для описания процесса функционирования робота в коллективе нами разработан сценарный язык. Сценарный язык описания паттернов поведения поддерживает ветвление с несколькими условиями, циклы, операции сравнения, арифметические операции, логические операции и создание локальных переменных и функций [3].

Пример текста лингвистического паттерна, который считывает информацию с датчиков расстояния, оценивает расстояние до препятствия и выдаёт намерение запретить движение в сторону, которое приведёт к столкновению с препятствием:

```
min_distance = 5
if bot.sensors.wall_left <= min_distance {
  bot.act.go_left(-1)
}
if bot.sensors.wall_right <= min_distance {
  bot.act.go_right(-1)
}
```

```
if bot.sensors.wall_up <= min_distance {
  bot.act.go_up(-1)
}
if bot.sensors.wall_down <= min_distance {
  bot.act.go_down(-1)
}
```

Вышеприведенный пример оперирует чёткими величинами или их диапазонами, сравнивая полученную величину с порогом срабатывания.

В сценарном языке для оперирования с нечёткими значениями реализованы процедуры фаззификации и дефаззификации. Для каждой переменной экспертами-людьми задаётся несколько лингвистических термов, описывающих значение нечёткой переменной. Для дефаззификации используется метод центра масс.

В процессе принятия решений в зависимости от выполняемых роботом задач из базы знаний выбираются лингвистические паттерны и интерпретируются. Результатом обработки каждого нечёткого паттерна является «намерение» - предложение выполнить одно или несколько действий (рис. 3).

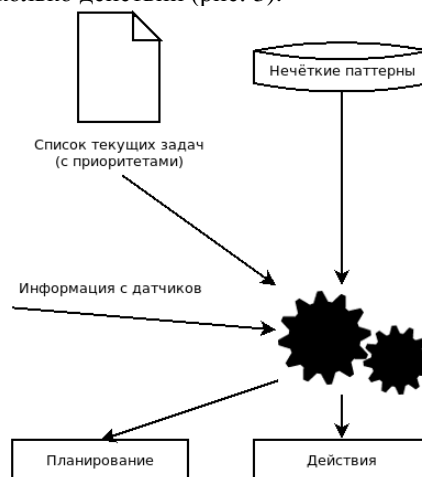


Рис. 3. Входы и выходы модели принятия решений

Язык описания паттернов был расширен для работы с нечёткими переменными. Ниже приведена часть такого паттерна в качестве примера:

```
limit = [bot.sensors.wall_left.VERY_CLOSE]
if bot.sensors.wall_left.get_value in limit {
  bot.act.go_left.do(bot.act.go_left.NEVER)
}
```

В примере описано одно условие и используется две нечётких переменных. Функция `get_value` получает данные с датчика, имеющего идентификатор «wall_left», который показывает расстояние до препятствия с левого бока робота. Далее полученное значение проверяется на принадлежность к терму «VERY_CLOSE», соответствующего опасно близкому сближению робота с препятствием. Если условие выполняется, то паттерн в качестве выходных значений заявляет о намерении выполнить действие «go_left» - двигаться влево, устанавливая в значение нечёткой переменной в «NEVER» - никогда не выполнять это

действие, чтобы не допустить столкновение с препятствием.

После выполнения всех паттернов их намерения выполнить действия агрегируются (рис. 4).

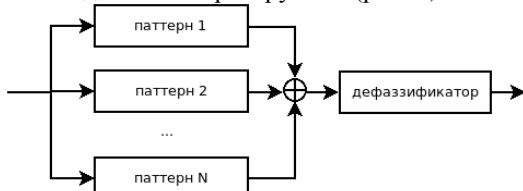


Рис. 4. Агрегация решений нечётких паттернов

Для взаимодействия автономного робота не только с окружающей средой, но и с другими членами коллектива роботов в сценарный язык лингвистического паттерна были добавлены правила, описывающие внешние коммуникации. Описание коммуникаций предполагает использование различных способов передачи визуальной и цифровой информации.

В паттернах, описывающих взаимодействия между роботами, предусмотрены реализация проверки условий, выполнение вычислений с применением циклических конструкций, что позволяет описывать произвольные алгоритмы процесса коммуникаций.

Для описания взаимодействия робота-лидера с другими членами коллектива в паттерны лидера введён дополнительный шаблон «bot.team.send_to», позволяющий передавать подчинённым роботам информацию о делегируемых действиях. В паттерны роботов-исполнителей введён соответственно шаблон «bot.team.answer_to».

Для проверки работы нечётких паттернов в коллективе автономных роботов был разработан набор паттернов поведения и произведено моделирование общения роботов по каналам связи. Для тестирования модели принятия решения был рассмотрен коллектив автономных роботов, управляемый лидером. Поведение лидера задаётся набором паттернов, и на основе входных данных, внутреннего состояния робототехнической системы принимаются решения на выполнение последовательности действий. Нечёткие паттерны задавались на разработанном языке описания.

Моделирование производилось с применением разработанного программного обеспечения [3], в котором реализованы интерпретация и запуск паттернов, эмуляция внешних датчиков и управляющих устройств, а также коммуникация по каналу связи типа «общая шина».

Использовалось десять экземпляров роботов, общение шло через общую область памяти, организованной в виде очереди, в которую помещались информационные сообщения. В каждом сообщении содержится заголовок, включающий: идентификатор отправителя, идентификатор получателя, тип сообщения и уникальный номер. Предусмотрена отправка широкоэвентуальных сообщений. Идентификаторы отправителя и получателя являются уникальными в

пределах одного коллектива. Уникальный номер в заголовке служит для организации гарантированной доставки сообщения, робот-получатель после прочтения сообщения должен отправить подтверждение получения с этим же идентификатором.

В результате экспериментов с моделью установлено, что при отсутствии потери сообщений коллектив робота функционировал в нормальном режиме, при задании искусственной потери сообщений более 15 % стало наблюдаться замедление рассылки действий из-за повторной пересылки. При потерях в канале связи 80 % и более успешная передача сообщений практически прекратилась, коллектив роботов распался, но отдельные роботы продолжили выполнять задачи автономно.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование нечётких переменных позволяет учесть неопределённость и неточность в обрабатываемых данных. Достоинствами оперирования нечёткими переменными являются простота задания паттернов поведения и ускорение цикла разработки робототехнических систем.

В ходе выполнения работы в сценарный язык описания лингвистических паттернов поведения добавлена поддержка нечётких переменных и описана реализация модели принятия решений в коллективе автономных роботов. Проведена проверка работоспособности модели.

Новизна работы состоит в использовании нечётких лингвистических паттернов в качестве основы базы знаний мультиагентной системы автономных роботов. Область применения модели принятия решения на базе нечётких паттернов включает алгоритмическое и программное обеспечение автономных роботов произвольного назначения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Каляев И.А., Гайдук А.Р., Капустян С.Г. Модели и алгоритмы коллективного управления в группах роботов. М.: Физматлит, 2009.
2. Перспективы применения, принципы построения и проблемы разработки мультиагентных робототехнических систем [Текст] / В.М. Лохин [и др.] // XII ВСЕРОССИЙСКОЕ СОВЕЩАНИЕ ПО ПРОБЛЕМАМ УПРАВЛЕНИЯ ВСПУ-2014. МОСКВА, 16-19 ИЮНЯ 2014 Г.: ТРУДЫ. [Электронный ресурс] - М.: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2014. 9616 с. – С. 3810-3821.
3. Ермаков А.В. Разработка сценарного лингвистического паттерна принятия решений автономными роботами [Текст] / Ермаков А.В., Сучкова Л.И. // Международная научно-техническая конференция "Измерение, контроль, информатизация" ИКИ-2018. - Барнаул. – 2018. – С. 134-139.
4. Saffiotti A. The uses of fuzzy logic in autonomous robot navigation // Springer-Verlag 1997. – P. 180-197.
5. Cordon O., Herrera F. A General study on genetic fuzzy systems // Genetic Algorithms in engineering and computer science, 1995. – P. 33-57.
6. Herrera F., Lozano M. Fuzzy Evolutionary Algorithms and Genetic Fuzzy Systems: A Positive Collaboration between Evolutionary Algorithms and Fuzzy Systems // Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2009. - Computational Intelligence, ISRL 1, P. 83-130.

*Ермаков Александр Васильевич — аспирант кафедры ИВТиИБ,
АлтГТУ, тел. 8 923 728 53 32, e-mail: tour0@ya.ru.*

*Сучкова Лариса Иннокентьевна — доктор технических наук,
профессор кафедры ИВТиИБ, АлтГТУ, тел. 8 (3852) 29-07-86, e-
mail: lara8370@yandex.ru*

DEVELOPING A MODEL OF DECISION-MAKING WITH THE APPLICATION OF FORMALISM OF FUZZY PATTERNS FOR THE TEAM OF AUTONOMOUS ROBOTS

A.V. Ermakov, L.I. Suchkova

AltSTU, Barnaul

Abstract – The article describes the current classification of autonomous systems, its hierarchy and limit of applicability of the model decision-making in a team of robots. The aim is to consider the application of fuzzy linguistic patterns as the basis of the knowledge-base autonomous robot. The result of the work was the decision-making model based on fuzzy linguistic patterns of behavior.

Index terms: decision making, autonomous robot, linguistic pattern, fuzzy logic.

REFERENCES

1. Kalyayev I.A., Gayduk A.R., Kapustyan S.G. Models and algorithms of collective management in groups of robots. - Moscow: Fizmatlit. - 2009.
2. Perspectives of application, principles of construction and problems of development of multiagent robototech systems [Text] / V.M. Lokhin [and others] // XII ALL-RUSSIA MEETING ON THE PROBLEMS OF GOVERNANCE OF VSPU-2014. MOSCOW, 16-19 JUNE 2014: WORKS. [Electronic Resource] M.: Institute for Control Sciences. V.A. Trapeznikova, RAS, 2014. 9616 p. - P. 3810-3821.
3. Ermakov A.V., Suchkova L.I. Development of a scripting language pattern of decision-making by autonomous robots // International scientific and technical conference "Measurement, control, informatization" MCI-2018. - Barnaul. – 2018. – P. 134-139.
4. Saffiotti A. The uses of fuzzy logic in autonomous robot navigation // Springer-Verlag 1997. – P. 180-197.
5. Cordon O., Herrera F. A General study on genetic fuzzy systems // Genetic Algorithms in engineering and computer science, 1995. – P. 33-57.
6. Herrera F., Lozano M. Fuzzy Evolutionary Algorithms and Genetic Fuzzy Systems: A Positive Collaboration between Evolutionary Algorithms and Fuzzy Systems // Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2009. Computational Intelligence, ISRL 1, P. 83-130.

Ermakov Alexander Vasilevich - postgraduate student at the chair of Computer Science and Engineering and Information Security, AltSTU, 8 923 728 53 32, e-mail: tour0@ya.ru.

Suchkova Larisa Innocentevna - doctor of technical sciences, professor, AltSTU, 8 (3852) 29-07-86, lara8370@yandex.ru