

К проблеме взаимодействия человека и интеллектуальной робототехнической системы

А.С. ЮЩЕНКО

(Московский государственный технический университет им. Н.Э.Баумана,
robot@bmstu.ru)

Дистанционно управляемые мобильные роботы сегодня широко применяются при выполнении операций, опасных для человека. Однако большая часть таких систем предполагает непосредственное управление движениями робота с помощью джойстиков, тумблеров и т.п. Такое управление неэффективно, а в ряде случаев и невозможно как в виду сложности решаемых задач, так и с учетом сложности самого объекта управления. На первое место в круге проблем управления роботами выходят задачи управления робототехническими системами, оснащенными сенсорными устройствами, обладающими элементами искусственного интеллекта и способными работать самостоятельно в заранее непредсказуемых условиях. При этом основным способом управления становится задание оператором целей действий робота с использованием проблемно-ориентированного языка, близкого к естественному языку. Такая постановка задачи управления приводит к решению ряда задач, относящихся к области искусственного интеллекта и к необходимости организации диалога между оператором и роботом. При этом система «человек-робот» должна рассматриваться и проектироваться с учетом обеих взаимосвязанных компонент, рассматриваемых как целостный организм, который для краткости назовем эргаматом [1], .

Основной проблемой, возникающей при создании эргаматов, является организация такой системы знаний робота, которая была бы согласована со знаниями оператора и обеспечивала возможность речевого взаимодействия человека с роботом с использованием ЕЯ - высказываний. Обобщая введенные Д.А.Поспеловым и его соавторами термин «естественные пространственно-временные отношения» [2], можно говорить о естественных правилах принятия решений, о естественных действиях и естественных сценариях (планах) действий. В основу подобной организации знаний эргамата можно положить использование нечетких пространственно-временных отношений, позволяющих решить следующие задачи:

- построение модели внешнего мира с использованием естественных пространственно-временных отношений;
- описание действий робота в этом мире и разработка проблемно-ориентированного языка оператора, использующего ЕЯ-высказывания
- развитие методов интеллектуального планирования действий, приводящих к решению поставленной оператором задачи;
- разработка принципов обучения и самообучения робота.

Описание внешнего мира ЭМС на базе нечетких представлений включает в себя описание объектов рабочей сцены и пространственно-временных отношений между ними [2]. Объекты внешнего мира могут быть идентифицированы с помощью характерных признаков, установленных человеком априори. Описание пространственных отношений между объектами включает отношения двух видов – экстенциональные, задаваемые значениями соответствующих функций принадлежности (быть *впереди*, *справа* и *близко*), и интенциональные, задаваемые именем отношения (быть *на*, *в*, *под*).

Совокупность объектов (их описаний, содержащихся в базе данных) и нечетких отношений между ними создает нечеткую модель мира, которая может быть описана с помощью лингвистических переменных. Согласование модели с восприятием оператора обеспечивается путем согласования функций принадлежности лингвистических переменных с психологическими шкалами восприятия внешнего мира оператором. Например, для построения лингвистической переменной, характеризующей расстояние между объектами (*близко*, *не очень близко*, *далеко*, *очень далеко*, *впереди*, *справа*, *сзади* и т.п.) применяются гистограммы оценки соответствующего значения группой операторов-экспертов.

Описание внешнего мира позволяет перейти и к описанию рабочих операций в нем. Мы предполагаем, что сложные операции, выполняемые роботом, представляются в виде последовательности относительно небольшого числа типовых (элементарных) операций. Элементарная операция задается фреймом, который содержит описание с помощью лингвистических переменных целей операции, начальной ситуации и предусловий, при которых операция может быть выполнена. Последовательности элементарных операций образуют сложные операции, направленные на достижение поставленной цели. Оператор может управлять робототехнической системой, непосредственно задавая на проблемно-

ориентированном языке цели элементарных операций. Разработанные системы управления включают несколько десятков подобных простых команд. Предусловия выполнения соответствующих операций при этом могут быть проверены информационно-сенсорной системой робота и в том случае, если эти условия не выполняются, формируется соответствующее сообщение оператору.

Экспериментальным путем можно определить и систему нечетких продукционных правил, которыми пользуется оператор в своей работе. Эти правила связывают ситуацию, определяемую с помощью сенсорной системы робота, и соответствующее ситуации управление. Они обычно довольно просты и очевидны. Например, *(а) если цель далеко, то двигаться быстро, (б) если цель близко, то двигаться медленно, (в) если цель немного справа, то немного правее (г) если цель справа, то резко направо и т.д.* Эти правила позволяют автоматизировать работу оператора при управлении мобильным роботом. Используя хорошо известные алгоритмы принятия решений методами нечеткой логики (Мамдани, Сугено, Ларсена и т.д.) нетрудно получить решение в форме конкретных значений управляющих сигналов, которые обрабатываются исполнительной системой робота.

При выполнении сложных операций необходимо учитывать как реальную обстановку, так и объективные возможности системы. Для того чтобы оказать поддержку оператору в принятии решений в таких ситуациях, эргамат должен содержать уровень интеллектуального планирования.

Предложенные в [3] алгоритмы интеллектуального планирования ориентированы на участие оператора в процедуре формализации правил поведения системы и в разрешении альтернатив. Они предусматривают анализ условий выполнимости каждой элементарной операции и использует метод обратного вывода для принятия решений. При этом предусловия выполнения элементарных операций формулируются с использованием лингвистических переменных.

В основу алгоритма построения плана положен метод разрешения противоречий. Целевая ситуация соотносится с текущей ситуацией и при возникновении противоречий формируется новая операция с целью устранения противоречий. Эта процедура продолжается вплоть до полного разрешения противоречий, т.е. до того момента, когда фактическая ситуация совпадет с целевой ситуацией. В результате планирования получается направленный граф, который и определяет нужный план действий. В известной мере такая процедура близка к методу планирования, применяемому человеком в сложной ситуации, что позволяет ему легко

ориентироваться в описании процедуры выполненного системой вывода решений. При возникновении альтернатив, или неразрешимых противоречий, к процедуре принятия решений подключается оператор.

Примером автоматического планирования операций являются задачи сборки узла с помощью робота из произвольно расположенных на рабочем столе деталей, или задача разборки «завала». Особенностью задачи планирования поведения роботов в неопределенных условиях является необходимость выполнения не только рабочих операций, направленных собственно на решение задачи, но и гностических операций, направленных на получение дополнительной информации о внешнем мире. Например, в задаче сборки это может быть осмотр выбранной детали с использованием системы технического зрения робота с целью ее идентификации.

При реализации сложных видов деятельности, в которых используются сенсомоторные навыки, оператор часто не может сформулировать правила, которыми он пользуется. В этом случае нужно прибегать к методам обучения робота. В тех случаях, когда опытный оператор может успешно управлять роботом, можно применять методы обучения «с учителем». С помощью телеметрии записываются данные с датчиков системы, характеризующие текущую ситуацию и соответствующие управляющие сигналы, вырабатываемые оператором. Для выработки нечетких правил поведения оператора используется обучаемая искусственная нейронная сеть гибридного типа - *адаптивная система нечеткого вывода (АСНВ)* [4]. В процессе обучения оператор, используя средства ручного управления, проводит робот, или его компьютерную модель, через типовые препятствия. Анализируя текущие ситуации и сопоставляя их с действиями оператора, система вырабатывает соответствующие правила поведения. При этом моделью деятельности человека-оператора служит обучаемая гибридная (нечеткая) нейронная сеть. После завершения обучения система вырабатывает управление роботом, весьма близкое к управлению со стороны оператора. Такая система после обучения способна заменить человека-оператора при управлении роботом в типовых ситуациях.

Использование нечеткого описания ситуаций и действий придает системе управления высокую «робастность», т.е. она надежно работает при достаточно существенных отклонениях параметров ситуаций от эталонных параметров, при которых проводилось обучение. Тем не менее, для каждой принципиально новой ситуации и задачи систему надо заново обучать. В связи с этим представляет значительный интерес проблема самообучения робототехнической системы. Здесь

недавно получены новые интересные теоретические результаты [5], которые позволяют надеяться на определенный прогресс и в практических приложениях.

В заключение обратим внимание на тот факт, что автоматизация функций оператора в робототехнических системах вовсе не исключает человека из системы. Более того, его функции усложняются, становятся более ответственными, поскольку рутинные функции передаются технической части системы. В связи с этим возникает задача эргономически обоснованного разделения функций оператора и «интеллектуального» работа, использования не только естественных пространственно-временных отношений, но и естественной организации системы знаний эргамата, позволяющей вести диалог человека и работа в процессе функционирования эргамата с использованием проблемно-ориентированного языка, близкого к естественному. Методы нечетких множеств и нечеткой логики оказываются весьма эффективным инструментом в решении подобных задач, позволяя существенно облегчить работу оператора, не предъявляя повышенных требований к его квалификации.

1. Ющенко А.С. Эргатические мехатронные системы.- Мехатроника, Автоматизация, Управление, 2006, № 3, с.12-25
2. Кандрашина Е.Ю., Литвинцева Л.В., Поспелов Д.А. Представление знаний о времени и пространстве в интеллектуальных системах. – М., Наука, ФМ,1989.
3. Ющенко А.С. Интеллектуальное планирование в деятельности роботов. – Мехатроника, 2005, №3, с. 5-17.
4. Вечканов В.В., Киселев Д.В., Ющенко А.С. Адаптивная система нечеткого управления мобильным роботом. – Мехатроника, 2002, № 1, с. 20-26
5. Жданов А.А., Караваев М.В. Применение нечеткой логики в имитационной системе автономного адаптивного управления. Труды Института системного программирования РАН: т.3.- М.: ИСП РАН, 2002, с 119-135.