

ЭКСПЕРТНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ РОБОТОМ

Н.В. Плотникова

EXPERT ROBOT CONTROL SYSTEM

N.V. Plotnikova

Рассмотрены общие вопросы разработки экспертных систем для приводного, тактического и стратегического уровней управления роботом. Описаны преимущества интеллектуального управления и перспективы работ по интеллектуальному управлению в робототехнике.

Ключевые слова: экспертная система, робот, интеллектуальное управление.

General issues of expert systems design for driven, tactical and strategic level of robot control are considered in the article. Advantages of intelligent control and perspectives of intelligent control in robotics are described.

Keywords: expert system, robot, intelligent control.

Направления исследований при построении систем управления интеллектуальных роботов по существу концентрируются вокруг различных аспектов разработки проблемно ориентированных экспертных систем (ЭС) для интеллектуализации отдельных уровней управления роботом (приводного, тактического и стратегического), а также подсистемы его очувствления.

Общая отличительная черта этих экспертных систем в конечном итоге заключается в необходимости инициации тех программно-реализованных алгоритмов управления или распознавания, выбор которых в той или иной ситуации представляется наиболее оправданным. В этой связи важнейшими моментами среди множества принципиальных вопросов построения таких проблемно ориентированных экспертных систем являются: определение объема выполняемых функций, синтез архитектуры построения, формирование базы алгоритмов и соответствующей базы знаний [1].

Влияние внешних условий и режимов эксплуатации робота приводит к изменению параметров системы и ее составных элементов, вследствие чего снижается качество, надежность и срок работы всего устройства. Компенсация этих изменений обычно достигается за счет использования в качестве контроллера адаптивных, самонастраивающихся и иных переменных структур.

Комбинацию столь различных концепций построения можно использовать для разработки регулятора, который состоит из множества различных алгоритмов и содержит интеллектуальный логический механизм выбора наиболее подходя-

щих в данный момент стратегий управления системой. Синтезированная таким образом система управления приводного уровня имеет более гибкий интерфейс с пользователем, позволяет дополнять базу знаний, получать объяснения на принятые решения экспертным регулятором.

Практическое воплощение проекта по созданию экспертного регулятора для системы управления электрическими приводами роботов требует, в частности, решения следующих задач: разработки алгоритмического и программного обеспечения; создание базы знаний системы управления электрическими приводами робота; разработки алгоритмического и программного обеспечения для моделирования процессов в системе управления электрическими приводами роботов.

Развиваемый подход имеет ряд явных достоинств: существенное снижение как временных, так и трудовых затрат на разработку и ввод в эксплуатацию систем управления электрическими приводами робота; значительное повышение качества, надежности и экономичности таких систем; сокращение времени настройки систем управления традиционных электроприводов, использующих цифровые ПИД-регуляторы для роботов и других мехатронных устройств и комплексов [1].

Несмотря на интенсивность и продолжительность исследований по вопросам автоматизации синтеза траекторий и планирования движений как для транспортных, так и для манипуляционных роботов, разработанные методы и алгоритмы имеют ограниченную эффективность и, как правило, предназначены для достаточно частных случа-

Плотникова Наталья Валерьевна – канд. техн. наук, доцент кафедры систем управления, Южно-Уральский государственный университет; nat_pl@mail.ru

Plotnikova Natalia Valerievna – Candidate of Science (Engineering), Associate Professor of Control Systems Department, South Ural State University; nat_pl@mail.ru

ев. Такое положение объективно обусловлено не только многообразием типа роботов и их конструктивной сложностью, но и противоречивостью большого числа требований, предъявляемых к характеру планируемого движения.

Один из наиболее перспективных подходов к решению задач этого класса основан на моделировании присущего живым организмам свойства «таксиса», раздражителей (стимулов). Применительно к планированию движения робототехнических систем понятие «таксиса» рассматривается как способность робота реагировать на наличие отрицательных стимулов-целей, которые соответствуют его заданным положениям и ограничениям, налагаемым конфигурацией рабочей зоны и расположением препятствий. В частности, интересные результаты могут быть получены при построении движений робота исходя из критерия оптимизации некоторой стоимостной функции, характеризующей его положение относительно размещенных в пространстве стимулов.

Преимущества такого подхода в полной мере иллюстрируются алгоритмом планирования целенаправленных перемещений роботов в среде с препятствиями, который основан на минимизации функционала рассогласования текущего и целевого состояния манипулятора с помощью метода покоординатного спуска в его геометрической интерпретации. Этот алгоритм является инвариантным к кинематической структуре манипулятора в отношении числа, типов и последовательности входящих в нее звеньев.

Дальнейшее развитие этого направления предполагает применение методов искусственного интеллекта для глобальной оценки взаимного расположения робота и элементов окружающей среды при выборе некоторой обоснованной тактики синтезируемого перемещения путем формирования вспомогательных целей движения, препятствующих возникновению тупиковых ситуаций, возможных при использовании локально-градиентных оптимизационных методов.

Автоматизация решения данной задачи может быть основана на использовании процедур, реализующих методы классификации и распознавания обобщенных ситуаций, отражающих характер относительного расположения робота с точки зрения достижимости его целевого состояния с помощью планирующего алгоритма. Каждому классу таких ситуаций соответствует своя тактика размещения вспомогательных стимулов, обуславливающих определенный образ пространственного движения манипулятора.

Построение множества классов ситуаций и выбор оптимальной тактики для каждого класса осуществляются либо на основе эвристических методов, либо путем обучения.

Использование технологии ЭС для решения задач управления роботами позволит обеспечить выполнение широкого спектра интеллектуальных

функций без использования средств внешнего оцувствления. При этом практическая эффективность роботов будет определяться исключительно программно-алгоритмическим обеспечением соответствующих подсистем управления, что является весьма актуальным для большинства реальных применений.

Кроме того, подобные экспертные системы могут с равным успехом включаться в состав интегрированных инструментальных комплексов, предназначенных для автоматизации программирования промышленных роботов на этапе технологической подготовки гибких производств.

Построение интеллектуального блока стратегического уровня управления роботом на основе технологии экспертных систем обуславливает необходимость проработки следующего ряда основных вопросов: анализа существующих алгоритмов планирования целесообразных действий и поведения робота с целью формирования соответствующей базы знаний; разработки механизмов самообучения; разработки принципов качественного анализа интерпретации текущей ситуации; разработки комплекса алгоритмического и программного обеспечения проблемно ориентированной ЭС стратегического уровня управления роботом; проведения экспериментальных исследований по планированию целесообразных действий и поведения интеллектуальных роботов с использованием технологии ЭС.

Другое направление работ по интеллектуальному управлению в робототехнике связано с применением технологии ЭС в такой области, как координация групповых взаимодействий отдельных роботов при их совместном функционировании. При этом тесная корреляция вопросов взаимной координации роботов и планирования их движений будет предъявлять повышенные требования к ЭС тактического уровня управления в связи с необходимостью планирования перемещений в условиях не только статических, но и динамических сцен, где положение объектов, рассматриваемых в качестве препятствий, может изменяться с течением времени.

Организация интеллектуального управления роботами по технологии ЭС в первую очередь обуславливает необходимость подробной проработки двух ключевых моментов: обоснованного выбора оптимального состава соответствующей базы алгоритмов управления роботом и формализации и представления экспертных знаний, определяющих логику управления роботом в тех или иных ситуациях.

В ближайшем будущем интеллектуализация промышленных роботов будет осуществляться в основном за счет дальнейшего развития систем автоматизации их программирования. Использование мощных инструментальных средств, позволяющих автоматизировать процесс синтеза и верификации прикладных исполнительных про-

грамм управления робототехническими комплексами на этапе технологической подготовки производства, предоставляет существенные экономические выгоды по сравнению с установкой промышленных роботов, обладающих элементами искусственного интеллекта и имеющих высокую стоимость.

Этот подход является тем более оправданным, что эксплуатация промышленных роботов протекает, как правило, в условиях достаточно детерминированных, но сложно организованных сцен, образуемых обслуживаемым и комплектующим технологическим оборудованием. Наличие препятствий в рабочей зоне существенно затрудняет задачу планирования его действий, автоматизация решения которой обуславливает целесообразность применения методов искусственного интеллекта.

Функциональный состав базового программного обеспечения, необходимого для формирования последовательности действий робота в среде с препятствиями остается неизменным вне зависимости от его использования в целях управления или моделирования. В то же время к управляющим

и моделирующим программным средствам предъявляется ряд различных специфических требований. В частности, системы автономного программирования роботов должны обладать определенной инвариантностью к кинематической структуре моделируемых манипуляторов при относительно невысокой скорости вычислительных расчетов, в отличие от программно-алгоритмических управляющих средств, которые обычно являются роботоориентированными, но имеют высокое быстродействие.

То есть создание универсального программно-алгоритмического обеспечения, предназначенного для решения интеллектуальных задач планирования действий широкой гаммы роботов в реальном или квазиреальном масштабе времени, представляется весьма актуальным.

Литература

1. *Интеллектуальные роботы: учеб. пособие для вузов / И.А. Каляев, В.М. Лохин, И.М. Макаров и др.; под общ. ред. Е.И. Юревича. – М.: Машиностроение, 2007. – 360 с.*

Поступила в редакцию 4 июня 2012 г.