

Интеллектуальное управление мобильными роботами в условиях неопределённости

А. Ю. Варик

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)*

varik.02@mail.ru

Аннотация. В данной работе рассматриваются вопросы интеллектуального управления мобильными роботами, функционирующими в условиях неопределённости. Анализируются методы ситуационной идентификации и адаптации к изменяющейся внешней среде, а также подходы к построению эффективных систем управления на основе искусственного интеллекта.

Ключевые слова: интеллектуальное управление; мобильный робот; условия неопределённости

I. ВВЕДЕНИЕ

В современном мире интеллектуальное управление становится все более распространенным и востребованным, особенно в областях, требующих высокой степени автоматизации и адаптивности. Суть интеллектуального управления заключается в использовании методов искусственного интеллекта (ИИ) для эффективного управления различными физическими объектами, начиная от сложных промышленных установок и заканчивая бытовыми приборами. Основная идея заключается в том, чтобы наделить систему управления способностью обучаться, адаптироваться к изменяющимся условиям и принимать решения, основываясь на неполной или нечеткой информации.

Одним из наиболее перспективных направлений применения интеллектуального управления является робототехника, в частности, разработка и эксплуатация мобильных роботов. Мобильные роботы – это автономные устройства, способные перемещаться в пространстве и выполнять различные задачи без непосредственного участия человека. В отличие от стационарных роботов, они обладают большей гибкостью и могут использоваться в широком спектре приложений, включая складскую логистику, инспекцию промышленных объектов, доставку грузов, и даже исследования в опасных или труднодоступных местах.

Однако, управление мобильными роботами – это сложная и многогранная задача, требующая учета множества факторов, таких как динамика движения, характеристики окружающей среды, наличие препятствий и неопределенность в сенсорных данных. Для эффективного решения этих задач необходимо использование продвинутых алгоритмов и методов ИИ, позволяющих роботам самостоятельно планировать маршруты, избегать столкновений, адаптироваться к изменяющимся условиям и принимать решения в условиях неполной информации. Это особенно важно, когда робот функционирует в динамичной и непредсказуемой среде, где заранее невозможно предусмотреть все возможные сценарии.

Долгое время сложные задачи, требующие принятия решений в условиях неопределенности, могли решаться только человеком. Но благодаря значительному

прогрессу в теории автоматического управления и, в особенности, разработке интеллектуальных методов, способных справляться со сложными и нечетко определенными задачами, стало возможным создание продвинутых робототехнических систем, в том числе и высокоэффективных мобильных роботов. Интеллектуальные методы управления, такие как нейронные сети, нечеткая логика, генетические алгоритмы и машинное обучение, позволяют роботам обучаться на основе опыта, адаптироваться к изменяющимся условиям и оптимизировать свои действия для достижения поставленных целей.

Одним из ключевых вызовов в управлении мобильными роботами является работа в условиях, когда часть информации о состоянии окружающей среды и самом роботе недоступна или имеет низкое качество. Во многих случаях невозможно напрямую измерить некоторые важные параметры, такие как положение робота, скорость движения, характеристики поверхности или расстояние до препятствий. Эта невозможность напрямую измерить некоторые параметры серьезно ограничивает возможности традиционных методов управления, основанных на точных моделях и обратной связи.

В этих условиях необходимо разрабатывать специализированные алгоритмы, которые позволяют оценивать недостающие параметры, используя косвенные признаки, доступные измерения и априорную информацию о системе. Например, положение робота можно оценить на основе данных с камер, лидаров, инерциальных датчиков и одометров, а также используя методы фильтрации и слияния сенсорных данных. Такие алгоритмы позволяют роботам эффективно функционировать в условиях неопределенности и неполной информации, что критически важно для их успешного применения в реальных условиях. Таким образом, разработка и совершенствование интеллектуальных методов оценки и управления является ключевым фактором для дальнейшего развития мобильной робототехники и расширения областей ее применения.

II. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Целью исследований было разработать подходы к созданию интеллектуальных систем управления мобильными роботами, способных работать в условиях неполной информации и различных видов неопределенности.

Для этого необходимо было решить задачи, включающие анализ существующих архитектур, разработку алгоритмов ситуационной идентификации и обобщенных схем управления.

III. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследовании использовались методы автоматического управления, теории нечетких множеств, нейронных сетей, системного анализа и экспертных оценок.

IV. МЕСТОПОЛОЖЕНИЕ МОБИЛЬНЫХ РОБОТОВ ВО ВНЕШНЕЙ СРЕДЕ

Для работы интеллектуальных алгоритмов управления важно точно определить текущую ситуацию, в которой находится робот. Для этого была разработана специальная схема системы ситуационной идентификации (рис. 1).

Блок технического зрения и сенсоров определяет изменения в окружающей среде и создает сенсорную карту – представление текущей обстановки для дальнейшей обработки. Сенсорная карта – это, по сути, текущее "видение" роботом ситуации. Время, необходимое для создания этой карты, зависит от конкретной задачи.

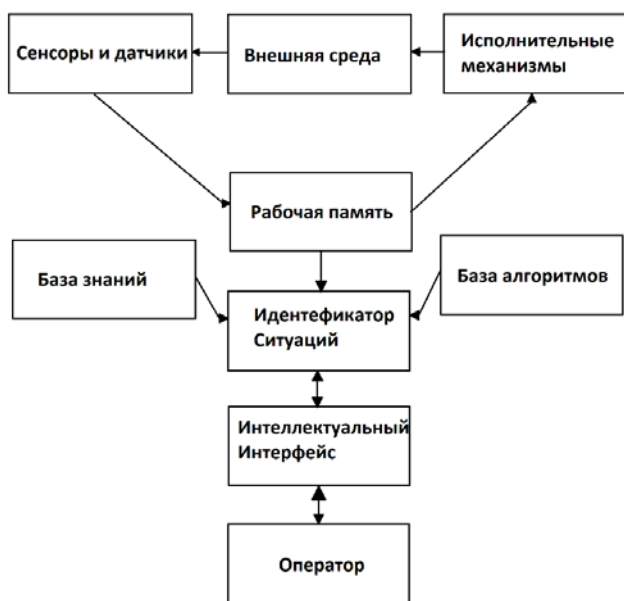


Рис. 1. Структурная схема системы ситуационной идентификации

Рабочая память, по аналогии с экспертными системами, предназначена для обработки информации, поступающей от сенсоров и обрабатываемой с помощью имеющейся базы алгоритмов и базы знаний (БЗ) робота.

База алгоритмов содержит различные методы обработки информации: от предварительной обработки сенсорных данных (например, распознавания изображений и звуков) до вычисления параметров, которые нельзя измерить напрямую, и восстановления недостающей информации. Сюда также входят математические операции и другие алгоритмы, необходимые для работы робота.

База знаний – это сложная система, содержащая информацию об окружающей среде. Она включает в себя знания, заложенные при обучении робота, а также те, которые он получает, работая в реальном мире. Знания в базе ранжируются по важности и обновляются, чтобы соответствовать изменяющимся условиям работы робота.

Самый важный элемент системы – это идентификатор ситуации. Он отвечает за точное

определение текущей обстановки на основе сенсорной карты. Информация, которую он выдает, определяет выбор программы управления роботом.

Наконец, для связи с человеком необходим интеллектуальный интерфейс. Оператор контролирует работу робота и следит за выполнением задач. Обычно общение между роботом и оператором происходит на упрощенном, "естественном" языке.

V. СТРУКТУРА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МОБИЛЬНЫМ РОБОТОМ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Создание интеллектуальных алгоритмов управления мобильными роботами в условиях неопределенности – сложная задача. Из-за сложности алгоритмов обработки данных и непредсказуемости поведения роботов, система управления становится слишком сложной и избыточной.

Для управления роботом в условиях неопределенности была разработана следующая архитектура интеллектуальной системы управления (рис. 2).

Система ситуационной идентификации (ССИ) необходима в любой интеллектуальной системе управления мобильным роботом. Интеллектуальное устройство управления (ИУУ) включает базу знаний (БЗ) и блок выбора программы управления (БВПУ), который выбирает управляющие сигналы для электроприводов (ЭП), воздействующих на механическую систему (МС) робота.

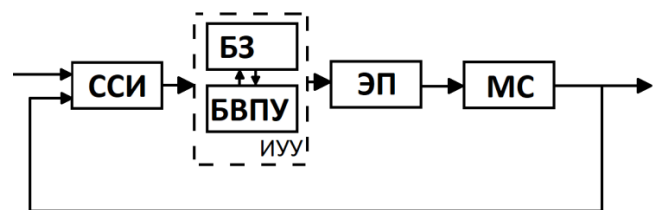


Рис. 2. Структурная схема системы интеллектуального управления мобильным роботом

Традиционные методы управления промышленными манипуляторами охватывают несколько основных классов систем, каждая из которых имеет свои особенности и область применения.

Прежде всего, следует упомянуть системы непрерывного управления положением. Эти системы фокусируются на поддержании соответствия между фактическим положением манипулятора и заданной траекторией. Механизм управления непрерывно вносит коррективы в положение манипулятора, стремясь свести к минимуму любые отклонения от желаемого пути. Важно понимать, что эти системы часто полагаются на упрощенные модели механической части манипулятора, не всегда учитывая такие факторы, как потери из-за трения или люфты в соединениях. Также, как правило, делается допущение, что вся мощность, генерируемая приводами, эффективно передается на рабочий орган, что не всегда соответствует реальным условиям.

Еще один класс систем – это системы управления силой рабочего органа. Они обеспечивают контроль не только за положением, но и за силой, с которой рабочий орган взаимодействует с окружающей средой. Это особенно важно при выполнении задач, требующих приложения определенного усилия, например, шлифовки

или полировки. Более сложные системы управления силой позволяют независимо контролировать перемещение и усилие по различным направлениям, используя для этого два отдельных контура управления с обратной связью: один для управления положением и другой для управления силой.

Существует также связанное управление силой и положением, при котором положение рабочего органа корректируется в зависимости от силы его взаимодействия с окружающей средой. Иными словами, величина перемещения рабочего органа определяется не только заданной траекторией, но и величиной приложенной силы. Это позволяет манипулятору адаптироваться к изменяющимся условиям и выполнять задачи, требующие тактильной чувствительности и контроля взаимодействия с объектами.

В дополнение к этим традиционным подходам, в современных системах управления все большее распространение получают адаптивные системы управления. Они применяются в задачах, где требуется гибкость и способность к адаптации, например, при захвате объектов, расположенных в разных местах, сварке швов при изменяющемся положении детали или обходе движущихся препятствий. В этих случаях часто используются адаптивные системы с ассоциативной памятью, позволяющие манипулятору "запоминать" и повторять успешные действия в различных ситуациях.

Наконец, стоит отметить робастные системы управления, которые в настоящее время пользуются большой популярностью. Они предназначены для обеспечения устойчивой и надежной работы манипулятора в условиях неопределенности и возмущений, что особенно важно в реальных промышленных условиях.

VI. РЕАЛИЗАЦИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ

Работа мобильного робота в условиях неопределенности — сложная и многогранная задача.

В контексте планирования поведения мобильных роботов, функционирующих в условиях, характеризующихся высокой степенью неопределенности, особое внимание уделяется применению динамических экспертных систем. Преимущество такого подхода заключается в способности системы адаптироваться к изменяющейся обстановке и принимать решения, основываясь на актуальных данных и опыте. Ключевым элементом динамической экспертной системы является база знаний, которая не является статичной, а постоянно обновляется, пополняясь новой информацией и уточняя существующие знания. При этом, для обеспечения надежности и достоверности принимаемых решений, правила, содержащиеся в базе знаний, подвергаются регулярной проверке на предмет полноты и отсутствия внутренних противоречий. Устаревшие или неактуальные правила, которые больше не соответствуют текущим условиям, исключаются из базы знаний, тем самым поддерживая ее релевантность.

Одним из критически важных аспектов является обеспечение возможности самообучения системы, то есть ее способности приобретать новые знания и навыки без непосредственного участия человека. Это обусловлено, в первую очередь, экономической целесообразностью, поскольку привлечение экспертов

для постоянного обновления и настройки системы может быть сопряжено со значительными финансовыми затратами.

Проектирование блока самообучения экспертной системы представляет собой сложную и ответственную задачу, от успешного решения которой напрямую зависит эффективность и надежность системы управления мобильным роботом. Этот блок должен выполнять ряд ключевых функций. Во-первых, он должен оценивать достаточность знаний, которыми располагает система, для решения поставленных задач. Во-вторых, он должен выявлять и устранять противоречия в базе знаний, чтобы избежать принятия ошибочных решений. В-третьих, он должен оценивать качество управления роботом, то есть насколько успешно робот выполняет свои задачи. И, наконец, он должен обладать способностью корректировать свои знания на основе полученной информации и опыта, чтобы постоянно улучшать свои навыки и адаптироваться к изменяющимся условиям.

После того, как задача планирования поведения робота успешно решена и сформирована стратегия его действий, возникает другая, не менее важная задача — необходимость транслировать эту стратегию в конкретные команды, понятные для исполнительных механизмов робота. Иными словами, необходимо создать интерфейс, позволяющий эффективно передавать команды роботу на языке, который он способен интерпретировать и выполнять. С нашей точки зрения, одним из наиболее перспективных и гибких подходов к решению этой задачи является использование теории нечетких множеств.

Мы описываем мир робота с помощью лингвистических переменных, которые содержат заранее определенные термины. Это позволяет описать команды, объекты и их изменения под воздействием робота. Точность и скорость работы робота зависят от методов преобразования в нечеткие значения и обратно, а также от алгоритмов нечеткой логики.

Наконец, можно использовать нейросети для управления роботами. Главное преимущество нейросети в том, что не нужно знать или создавать математическую модель робота, потому что нейросеть умеет приближенно решать задачи любой сложности.

Робот в этом случае — это как "черный ящик", мы не знаем, что у него внутри. Нейросеть используется как образец для управления этим роботом. Важно, чтобы нейросеть умела обучаться и была многослойной (чтобы лучше понимать робота). Нейросеть подстраивается под робота, сравнивая свои действия с действиями робота. Она же учит систему управления, чтобы она лучше управляла роботом.

VII. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований и тщательного анализа была разработана универсальная архитектура, предназначенная для интеллектуальных систем управления мобильными роботами. Эта архитектура представляет собой комплексное решение, позволяющее эффективно управлять роботом в различных условиях и задачах. В рамках данной разработки был создан специальный алгоритм, который позволяет создавать информативные и точные карты окружающей среды. Эти карты служат основой для

принятия решений роботом и планирования его дальнейших действий. В работе также подробно описаны основные подходы к созданию подобных систем управления, что позволяет получить полное представление о принципах их функционирования. Кроме того, были выделены и проанализированы перспективные направления развития наиболее эффективных методов искусственного интеллекта, которые могут быть использованы для

совершенствования управления роботами и повышения их автономности и эффективности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Бурдаков С.Ф. Синтез робастных регуляторов с упругими элементами: сб. науч. тр. № 443. Механика и процессы управления. СПб.: СПбГТУ, 1992.
- [2] Манипуляционные системы роботов / под ред. А.И. Корендясева. М.: Машиностроение, 1989. 72 с.
- [3] Юревич Е.И. Основы робототехники. СПб.: БХВ-Петербург, 2007. 416 с.