

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СТРАТЕГИИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ И РИСКА В РОБОТОТЕХНИКЕ

Гульширин Тойчиевна Амангельдыева, ст. преподаватель

Институт телекоммуникаций и информатики Туркменистана, Ашхабад, Туркменистан

Аннотация. В статье рассматриваются современные интеллектуальные методы принятия решений в робототехнике, работающие в условиях неопределенности и риска. Особое внимание уделено вероятностным моделям, обучению с подкреплением и теориям игр как эффективным инструментам для повышения автономности и надежности роботов. Обсуждаются основные проблемы и перспективы дальнейшего развития в данной области.

Ключевые слова: робототехника, принятие решений, неопределенность, риск, искусственный интеллект, машинное обучение, вероятностное моделирование.

Intelligent decision-making strategies under uncertainty and risk in robotics

Institute of Telecommunications and Informatics of Turkmenistan, Ashgabat, Turkmenistan

Abstract: The article considers modern intelligent methods of decision-making in robotics, working under conditions of uncertainty and risk. Particular attention is paid to probabilistic models, reinforcement learning and game theory as effective tools for increasing the autonomy and reliability of robots. The main problems and prospects for further development in this area are discussed.

Keywords: robotics, decision making, uncertainty, risk, artificial intelligence, machine learning, probabilistic modeling.

Современные роботы работают в сложных и изменяющихся средах, где информация часто бывает неполной или шумной. Это создает необходимость разработки интеллектуальных стратегий, способных учитывать неопределенность и минимизировать риски, обеспечивая безопасное и эффективное выполнение задач [1].

Неопределенность в робототехнике связана с ограничениями сенсорных данных, стохастичностью окружающей среды и ошибками моделей. Риск проявляется в возможных сбоях, ошибках управления и потенциальном вреде для людей [2, 3].

Основные интеллектуальные стратегии:

- Байесовские методы. Позволяют оценивать вероятностное распределение состояний и принимать решения с учетом неполной информации [4].
- Модели принятия решений. POMDP-модели позволяют формализовать задачи выбора действий при частичной наблюдаемости, учитывая вероятности переходов между состояниями [5].
- Обучение с подкреплением. Методы, позволяющие роботам самостоятельно улучшать стратегии через опыт взаимодействия с окружающей средой, в том числе с использованием глубоких нейронных сетей [6].
- Теория игр. Используется при взаимодействии роботов с другими агентами и людьми для выбора оптимальных стратегий в конфликтных и кооперативных ситуациях [7].

Интеллектуальные стратегии успешно применяются в автономной навигации, промышленных роботах и сервисных системах. Основные вызовы — высокая вычислительная сложность, недостаток данных и вопросы безопасности решений [1, 3, 6].

Разработка гибридных моделей, повышение интерпретируемости и устойчивости решений, а также интеграция многомодальных данных являются ключевыми направлениями будущих исследований [5, 6].

Интеллектуальные методы принятия решений в условиях неопределенности и риска являются основой для создания надежных и автономных роботов. Их дальнейшее совершенствование позволит расширить области применения и повысить качество робототехнических систем.

Автономные роботы часто работают в сложных и динамичных средах, где данные с датчиков могут быть неполными или шумными. Использование байесовских фильтров и POMDP-моделей позволяет роботу создавать и обновлять карту окружающей среды, а также выбирать безопасные маршруты с минимальным риском столкновений [1, 2].

Обучение с подкреплением дает возможность роботам самостоятельно улучшать свои стратегии на основе накопленного опыта, что особенно полезно при изменении условий работы и появлении новых задач [5, 6].

В социальных и сервисных роботах применение теории игр помогает моделировать взаимодействие с людьми и другими роботами, что способствует более эффективному и безопасному совместному выполнению задач [7].

Вычислительная эффективность: Сложные вероятностные модели и глубокие нейронные сети требуют значительных вычислительных ресурсов, что ограничивает их применение на маломощных роботах [3, 6].

Надежность и безопасность: Обеспечение безопасного поведения в критически важных ситуациях — одна из главных задач при разработке интеллектуальных систем [1].

Интерпретируемость решений: Для доверия пользователей необходимо делать процессы принятия решений прозрачными и объяснимыми [5].

Многомодальные данные: Интеграция информации с различных сенсоров (видео, звук, тактильные датчики) требует разработки эффективных алгоритмов для комплексного анализа и принятия решений [2].

В будущем ожидается активное развитие гибридных подходов, которые объединят преимущества классических вероятностных методов и современных моделей глубокого обучения. Также значительный потенциал имеют методы коллективного интеллекта для координации групп роботов и квантовые вычисления для ускорения процессов принятия решений [5, 6].

Одним из наиболее распространённых методов обработки неопределенности в робототехнике являются байесовские фильтры, включая фильтр Калмана и его расширения. Они позволяют роботу оценивать состояние окружающей среды и собственного положения на основе шумных данных датчиков, корректируя прогнозы по мере поступления новой информации [1, 4].

Современные методы глубокого обучения, в частности глубокое обучение с подкреплением (Deep Reinforcement Learning, DRL), предоставляют роботу возможность самостоятельно обучаться сложным стратегиям поведения, включая навигацию, манипуляции и взаимодействие с человеком. Например, DRL успешно применяется в управлении манипуляторами и автономных транспортных средствах [5, 6].

POMDP моделируют ситуации, когда робот не имеет полной информации о состоянии среды. Они позволяют формализовать и решать задачи планирования и принятия решений, учитывая вероятности и последствия неопределенных событий. На практике такие модели применяются для задач автономной навигации и робототехнических систем, работающих в динамических и непредсказуемых условиях [2, 5].

Автономные автомобили — используют сенсорные данные для оценки дорожной ситуации, прогнозирования поведения других участников движения и принятия безопасных решений в реальном времени [1, 5].

Промышленные роботы — применяют интеллектуальные стратегии для адаптации к вариациям производства и предотвращения аварий [3, 6].

Сервисные роботы — используют модели теории игр для взаимодействия с людьми, обеспечивая комфортное и безопасное обслуживание [7].

Интеллектуальные стратегии принятия решений в условиях неопределенности и риска являются ключевыми для успешного развития робототехники. Совмещение вероятностных моделей, методов обучения и теории игр позволяет создавать роботов, способных эффективно адаптироваться к сложным и изменяющимся условиям окружающей среды. Будущее робототехники связано с дальнейшим развитием гибридных интеллектуальных систем.

Современные исследования направлены на интеграцию классических вероятностных методов с нейросетевыми моделями и алгоритмами обучения с подкреплением. Такие гибридные системы позволяют сочетать надежность и интерпретируемость традиционных моделей с высокой адаптивностью и способностью к обобщению, присущими глубокому обучению [5, 6].

Для повышения точности восприятия и оценки окружающей среды роботы все чаще используют данные с различных типов сенсоров — камеры, лидары, микрофоны, тактильные датчики. Обработка и интеграция таких данных требует разработки новых алгоритмов, способных работать с разнородной информацией и минимизировать влияние шумов и помех [2].

Группа роботов, действующая координированно, способна решать задачи, недоступные одному роботу. Использование распределённых алгоритмов принятия решений с учётом неопределённости и риска позволяет повысить эффективность и устойчивость робототехнических систем в сложных условиях [7].

Перспективным направлением является применение квантовых алгоритмов для ускорения решения сложных задач планирования и оптимизации в условиях неопределённости. Несмотря на то, что квантовые технологии находятся в зачаточном состоянии, они обещают значительный прорыв в робототехнике будущего [1].

Разработка интеллектуальных стратегий принятия решений в робототехнике требует комплексного подхода, объединяющего теоретические методы и практические решения. Необходимо уделять внимание не только алгоритмической эффективности, но и вопросам интерпретируемости, безопасности и этичности использования роботов в обществе.

Для успешной реализации рекомендуется:

- Использовать гибридные модели, адаптированные под конкретные задачи и аппаратные возможности.
- Активно интегрировать многомодальные сенсорные данные для повышения надежности восприятия.
- Развивать коллективные стратегии для распределённых робототехнических систем.

- Следить за развитием новых вычислительных технологий и применять их по мере возможности.

Литература

1. Thrun S., Burgard W., Fox D. Probabilistic Robotics. MIT Press, 2005.
2. Kaelbling L. P., Littman M. L., Cassandra A. R. Planning and Acting in Partially Observable Stochastic Domains. Artificial Intelligence, 1998.
3. Murphy K. Machine Learning: A Probabilistic Perspective. MIT Press, 2012.
4. Pearl J. Probabilistic Reasoning in Intelligent Systems. Morgan Kaufmann, 1988.
5. Sutton R. S., Barto A. G. Reinforcement Learning: An Introduction. MIT Press, 2018.
6. Mnih V. et al. Human-level Control Through Deep Reinforcement Learning. Nature, 2015.
7. Osborne M., Rubinstein A. A Course in Game Theory. MIT Press, 1994.

Автор: Амангельдыева Г.Т.

12.06.2025 11:08 - Обновлено 12.06.2025 11:11
