

Приоритет: Интеллектуальные технологии в робототехнических и мехатронных системах

Робототехника является одним из важнейших направлений научно-технических и прикладных исследований, в которых проблемы механики, новых инженерных и информационных технологий и аппаратных схем получения информации об окружающей среде (датчики, сенсоры и т.д.) соприкасаются с проблемами искусственного интеллекта и создания эффективных систем управления сложными динамическими объектами в условиях существенной неопределённости. Робототехника в последние годы переживает новый виток развития, а также охватывает всё больше направлений деятельности человека как в гражданской, так и в военной сферах, а также в особых условиях работы (радиация, работа в космосе, при аномально высоких или низких температурах, при высоких перегрузках и т.д.). В последнее время активно ведутся исследования по разработке мультиагентных робототехнических систем. Это требует решения новых фундаментальных научно-исследовательских задач, связанных с повышением интеллектуальности и надежности работы роботов. От успешности решения перечисленных ниже задач зависит как конкурентоспособность отечественных разработок на международном рынке, так и в целом перспективы России в контексте научно-технического прогресса.

В рамках этого приоритета представляется целесообразным выделить следующие задачи и проблемы:

1. Разработка адаптивных систем управления для работы в динамической среде

В отличие от жёстко структурированного рабочего пространства лаборатории, производственного помещения (участка, цеха) или испытательного полигона, реальная среда, в которой будут функционировать роботы характеризуется высоким уровнем динамической неопределенности. Во-первых, это может быть вызвано специфическими особенностями самой среды, которые можно интерпретировать как внешние возмущения (ветер, волны, подводные течения, неровности ландшафта и т.д.). С другой стороны, неопределенности могут быть связаны с активными объектами, представляющими для робота цели или, наоборот, подвижные препятствия. Отдельного внимания в этом контексте заслуживают приложения, в которых робот выступает ассистентом для человека при перемещении, сборке или обработке. Кроме того, необходимость адаптации алгоритмов управления может возникнуть при непредвиденном изменении состояния самого робота, например, при выходе из строя отдельных технологических узлов.

Проблемы, требующие решения:

- **Разработка методов адаптивного управления движением роботов и их коллективов (мультиагентные робототехнические системы) в условиях неопределенности и существенных внешних возмущений;**

- Разработка баз данных реального времени для представления знаний в робототехнических комплексах;
- **Разработка методов интеллектуального анализа, управления и прогнозирования функционирования робототехнических систем;**
- **Разработка методов, схем и процедур обнаружения неисправностей и отказов систем управления робототехническими системами, а также статистического анализа этих отказов;**
- **Удалённая робототехника.** Разработка концепции построения, состава, типов, организации связи, алгоритмов управления автономными РТК, расположенными на значительном удалении (тысячи километров на Земле и сотни тысяч километров в космосе).

2. Развитие интерфейса человек-робот

Роботы взаимодействуют с человеком, а в ряде приложений, таких как социальная и реабилитационная робототехника, это взаимодействие крайне важно. Цели использования интерфейса человек-робот могут быть различными: программирование желаемого поведения робота, коллаборация при совместном выполнении сложных задач и пр.

Проблемы, требующие решения:

- **Развитие новых неинвазивных сенсорных систем,** включая силомоментное очувствление, электромиографию и электроэнцефалографию;
- **Разработка алгоритмов распознавания и синтеза естественной речи;**
- **Синтез алгоритмов распознавания специфических сценариев поведения человека по визуальной информации с целью мониторинга состояния рабочих, хронических больных и престарелых людей, а также предотвращения агрессии в общественных местах;**
- **Развитие методов скоростного обучения роботов (тренажеров).**

3. Сенсорные системы и алгоритмы обработки информации

Для работы системы управления в динамической среде крайне важна надежная обратная связь, дающая полную значимую информацию о состоянии окружения и самой робототехнической системы. Очевидно, для этого необходимы как сами измерители физических величин, работающие на различных принципах, так и алгоритмы обработки сенсорной информации, которые могут быть применены на бортовых вычислительных системах с ограниченными вычислительными характеристиками.

Проблемы, требующие решения:

- **Разработка высокоэффективных, малогабаритных и дешевых систем технического зрения для робототехнических систем;**
- **Разработка малогабаритных высокоточных датчиков силомоментной информации для робототехнических систем;**

- **Развитие методов обработки сенсорной информации** для задач одновременной локализации и картирования;
- **Разработка интеллектуальных методов анализа сенсорной информации**, в том числе алгоритмов распознавания образов, в условиях неопределенности и существенной динамики окружающей среды;
- **Разработка методов комплексирования информации**, поступающей от разнородных сенсоров с учётом различия их динамических и информационных характеристик;
- **Развитие методов автоматической калибровки датчиков и оценивания кинематических, эластостатических и динамических параметров робототехнических систем** в условиях существенной динамики окружающей среды;
- **Разработка новых типов сенсоров** для робототехнических систем.

4. Элементная база робототехнических и мехатронных систем.

Множество задач, решаемые роботами и разнообразные условия, в которых могут работать робототехнические системы, требуют использования особых конструкционных материалов и элементной базы. Для автономных роботов критическим показателем является время работы без подзарядки бортового источника питания, причем зависит это не только от того, сколько энергии можно сохранить при заданных массогабаритных параметрах системы, но и от того, насколько эффективно эта энергия расходуется.

Проблемы, требующие решения:

- **Совершенствование элементной базы робототехнических систем** (увеличение быстродействия, мощности вычислений, надёжности, энергоэффективности, устойчивости к различным воздействиям и т.п.);
- **Совершенствование и разработка новых конструкционных материалов** (уменьшение стоимости, быстроты изготовления, улучшения характеристик и т.п.);
- **Использование элементов питания** высокой энергетической плотности;
- **Развитие технологий рекуперации** и использования возобновляемых источников энергии в робототехнике;
- **Планирование оптимальных по расходу энергии траекторий движения** с учетом свойств рабочей среды;
- **Разработка энергетически эффективных кинематических схем** для шагающих, манипуляционных, летающих, надводных и подводных роботов;
- **Повышение коэффициента полезного действия локомоционных систем**, включая использование пассивных актюаторов.

5. Разработка эффективных способов передвижения робототехнических систем и способов воздействия их на внешние объекты.

Робототехнические комплексы должны иметь возможность передвигаться в пространстве и осуществлять манипуляции и эффективно воздействовать на внешние объекты.

Проблемы, требующие решения:

- **Совершенствование и разработка новых типов двигателей и манипуляторов** для робототехнических систем;
- **Разработка новых принципов перемещения в пространстве** (использование ветра, волн, течений, планирование в воде или восходящих потоках воздуха и т.п.);
- **Разработка новых принципов воздействия на объекты** (использование для манипуляций и воздействий электромагнитного поля, потоков газа или жидкости, электрических разрядов и т.п.).

6. Бионические технологии в робототехнических системах.

В последнее время широко используются принципы работы биологических систем для технических устройств широкого профиля (бионика). К сожалению, бионические принципы в робототехнике используются крайне редко.

Проблемы, требующие решения:

- **Создание и развитие новых типов движителей и систем анализа данных**, основанных на бионических принципах (рыбьи плавники, глаза стрекозы, крылья бабочки и т.п.);
- **Подражание принципам движения живых организмов** (шагающие автоматы, БПЛА с машущими крыльями и т.п.);
- **Использование принципов эхолокации** летучих мышей, дельфинов и других биологических особей;
- **Изучение взаимодействия групп дельфинов, косяков рыб и других стайных животных.**

7. Координированное управление коллективами роботов (мультиагентные робототехнические системы), обеспечение надежной и бесперебойной связи в робототехнических системах, самообучение и самопрограммирование.

Для ряда задач, таких как картирование, разведка и мониторинг, а также логистические приложения, использование группы роботов оказывается более эффективным по экономическим и техническим показателям. В связи с этим широкое распространение получила тематика мультиагентных систем. При этом коллективы роботов могут быть как однородными (роботы идентичны), так и гетерогенными (роботы специализируются по оснащению и выполняемым функциям). Современные роботизированные комплексы зачастую представляют из себя распределённые децентрализованные

системы. Для обеспечения их работоспособности необходимо обеспечивать связь между элементами системы (включая беспроводную).

Проблемы, требующие решения:

- **Разработка методов управления группами роботов**, включая сетевые системы переменной топологии;
- **Прецизионное манипулирование** крупногабаритными и массивными объектами;
- **Развитие алгоритмов и протоколов обмена информацией** между агентами в коллективе роботов с учетом ограничений на пропускную способность каналов связи, активность приемо-передатчиков и затраты энергии;
- **Разработка алгоритмов распределения задач** между агентами системы с учетом их текущего состояния.
- **Разработка систем надежной и бесперебойной связи** робот-оператор и робот-робот (для мультиагентных систем) в условиях неопределенности и наличия непрогнозируемых помех;
- **Фундаментальные проблемы связи при когерентной работе группы роботов**, в том числе с децентрализованным управлением;
- **Самообучающиеся и самопрограммирующиеся системы.**

8. Биомедицинские приложения робототехнических систем.

В последнее время резко возросло число исследований, связанных с использованием достижений современных технологий в биомедицинских приложениях (например, искусственные органы, управление которыми осуществляется с помощью нервной системы человека). Использование для решения таких задач робототехнических систем позволит значительно повысить эффективность функционирования и качество жизни человека с ограниченными возможностями.

В настоящее время широкое распространение получили методы минимально-инвазивной роботизированной хирургии. Операции с использованием роботов проводятся практически во всех областях: онкологии, нейрохирургии, кардиохирургии и т.д. Технология роботизированной хирургии является многообещающим направлением, позволяющим решать наиболее сложные медицинские задачи, в том числе находящиеся на данный момент за пределами человеческих возможностей, с помощью передовых достижений робототехники.

Проблемы, требующие решения:

- **Создание и развитие интерфейсов между робототехническим устройством и живым организмом** (блок управления роботизированной искусственной рукой с помощью нервных импульсов, искусственный глаз, передающий информацию непосредственно в мозг и т.п.);
- **Создание молекулярных биороботов**, предназначенных для целевой доставки лекарственных препаратов в заданные области организма;
- **Создание тактильной обратной связи** между манипуляторами роботами и оператором-хирургом во время операции;

- **Разработка хирургических систем**, совмещённых с методами визуализации (КТ, МРТ, УЗИ) с целью улучшения диагностики и позиционирования;
- **Совершенствование телемедицинских технологий**, дающих возможность оказывать робототехническую медицинскую помощь пациентам, находящимся в труднодоступных областях, а также проводить обучение медперсонала работы с такими системами;
- **Разработка интеллектуальной адаптивной системы обучения роботов** типичным хирургическим манипуляциям в различных областях хирургии;
- **Совершенствование технических характеристик роботизированных систем**, направленное на уменьшение размеров/увеличение мобильности устройств и дальнейшее снижение степени инвазивности;
- **Синтез алгоритмов распознавания специфических сценариев поведения человека** по визуальной информации с целью мониторинга состояния рабочих, хронических больных и престарелых людей, а также предотвращения агрессии в общественных местах.