
ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ — ПЕРСПЕКТИВНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЯ ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СОЗДАНИЯ СИСТЕМ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ*

К.А. Пупков

Кафедра кибернетики и мехатроники
Российский университет дружбы народов
ул. Миклухо-Маклая, 6, Москва, Россия, 117198

Рассматриваются и анализируются основные тенденции дальнейшего развития принципов построения и методологии проектирования автоматических систем высокой точности и надежности на основе использования и реализации интеллектуальных технологий обработки информации и управления.

Современный высокий уровень развития технологий производства микроэлектронных, прежде всего цифровых микропроцессорных средств цифровой обработки информации предопределил необходимость разработки и дальнейшего развития научно-теоретических, научно-технических и научно-методологических основ проектирования систем управления, обладающих принципиально новыми свойствами, характеристиками и возможностями по сравнению с традиционными, существующими.

Использование высокопроизводительных, с низким энергопотреблением, компактных цифровых микропроцессорных вычислительных средств позволяет осуществлять сложную высокоточную обработку информационных потоков от различных источников информационно-измерительных сигналов в реальном времени. Использование этих средств цифровой обработки информации позволяет реализовать на физическом, техническом уровне таких принципов организации, функционирования и обеспечить такие свойства технических управляющих систем, которые приближаются, а в ряде случаев и превосходят их аналоги в системах живой природы. Такой класс систем, основанных на реализации принципов организации и функционирования, присущих системам живой природы для получения, обработки информации и ее использования для решения задач управления относят к интеллектуальным системам.

Можно выделить, в частности, следующие основные свойства интеллектуальных систем:

- способность восприятия информации как о внутреннем состоянии системы и ее отдельных подсистем, так и о состоянии внешней среды;
- способность к адаптации и самоорганизации по отношению к изменяющимся внешним условиям;

* Данная статья написана в рамках реализации Инновационной образовательной программы РУДН «Создание комплекса инновационных образовательных программ и формирование инновационной образовательной среды, позволяющих эффективно реализовывать государственные интересы РФ через систему экспорта образовательных услуг».

- способность к накоплению информации и обучаемости;
- способность к накоплению знаний, их структурированию и обобщению;
- способность к принятию решений к действиям на основе накопленных знаний и располагаемой информации;
- способность использования накопленных знаний и накопленной информации для генерации новых знаний.

Все эти свойства интеллектуальных систем можно условно объединить в отдельные группы, а именно:

- свойства интеллектуальных систем, определяющие их способность функционировать и выполнять их целевое назначение в нормальных условиях или условиях ограниченного возмущающего влияния окружающей внешней среды;
- свойства интеллектуальных систем, определяющие их способность функционировать и выполнять их целевое назначение в условиях существенных изменений возмущающего влияния окружающей внешней среды;
- свойства интеллектуальных систем, определяющие их интеллектуальные возможности, основанные на накоплении, структурировании Знаний и их использовании для принятия решений о реализации тех или иных целенаправленных действий в их наиболее эффективной форме.

Все эти очень важные свойства интеллектуальных систем обеспечиваются соответствующей организацией самих систем, их подсистем, их архитектурой, топологией, информационными связями, алгоритмическим обеспечением и информационно-обрабатывающими средствами.

Системы управления как физические, материальные системы функционируют во взаимодействии с внешней средой, которое может проявляться в форме различных факторов, носящих случайный характер. К этим факторам можно отнести следующие:

- действующие в каналах измерений помехи;
- внешние действующие на объект управления возмущения;
- параметрические и структурные возмущения (неопределенности) моделей объектов управления, их отдельных функциональных элементов, а также внешних воздействий;
- возмущения, носящие ситуационный характер;
- другие факторы.

Таким образом, выделяются две основные группы проблем, связанных с организацией управления в интеллектуальных системах:

- проблемы управления динамическим состоянием объекта управления;
- проблемы управления ситуационным состоянием всей системы в целом и ее отдельных подсистем.

Проблема управления динамическим состоянием объектов управления является основной проблемой, решаемой на этапе динамического проектирования системы управления. Основной целью этого этапа является синтез алгоритмов обработки информации и управления, обеспечивающих целенаправленное, оптимальное, наиболее эффективное изменение контролируемых переменных, характеризующих внутреннее динамическое состояние объекта управления с уче-

том заданных показателей качества управления, а также с учетом действующих на объект управления возмущающих факторов.

Поскольку действия возмущающих факторов на объект управления и на систему управления носят случайный характер, то эффективность реализации цели управления будет также иметь случайный характер. В этом случае эффективность реализации цели управления может оцениваться системой показателей, носящих статистический характер и, следовательно, можно говорить о показателях «динамической» надежности систем управления, как об оценке выполнения целевой функции управления.

Свойство систем управления устойчиво функционировать и сохранять значения показателей их динамического качества постоянными в условиях действия на них внешних, случайных возмущающих воздействий, а также структурно-параметрических возмущений их динамических моделей получило название робастности, или робастности. Достижение этих свойств систем управления обеспечивается использованием и реализацией различных методов синтеза робастных регуляторов, динамической коррекции, организации робастно-адаптивного и адаптивного управления. Проблемы проектирования робастных автоматических систем управления являются одними из наиболее актуальных и сложных проблем современной теории управления.

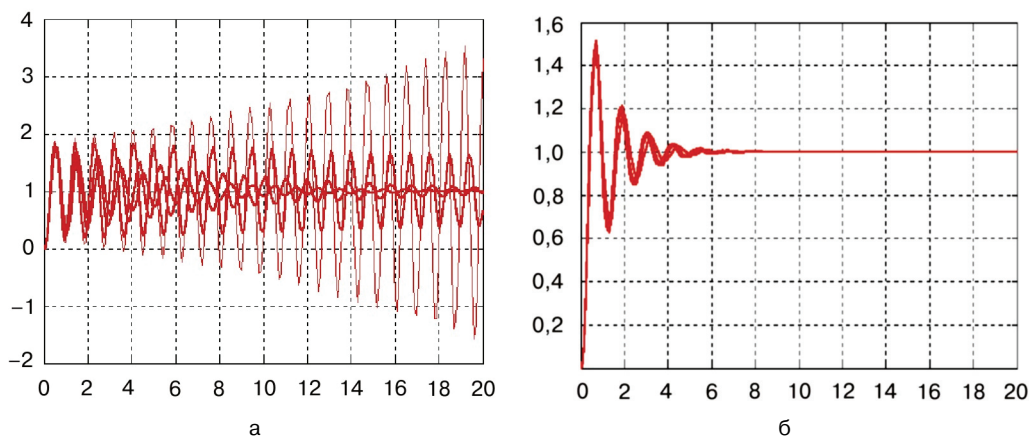


Рис. 1. Результаты статистического моделирования:
а — в системе со статичным регулятором традиционного типа;
б — в системе с робастно-адаптивным регулятором

На рис. 1 представлены результаты моделирования системы с объектом, значения параметров которого носят неопределенный, случайный характер. На рис. 1а показано семейство переходных процессов в системе управления с традиционным статичным регулятором для различных, случайных значений параметров объекта управления. Результаты моделирования показывают, что при некоторых возможных значениях параметров модели объекта управления система оказывается неустойчивой.

На рис. 16 показаны переходные процессы в системе управления с тем же объектом управления для тех же случайных значений параметров, что и для первого случая, однако основу этой системы составляет робастно-адаптивный регулятор. Результаты моделирования показывают, что для возможных изменений параметров объекта управления — система остается устойчивой.

Таким образом, одним из важнейших перспективных направлений дальнейшего развития теории автоматического управления и теории интеллектуальных систем с целью повышения динамического качества систем управления, характеристик точности управления, а также обеспечения их «динамической» надежности является разработка новых методологий динамического проектирования систем управления и нового алгоритмического обеспечения, составляющего основу этих методологий, ориентированных на использование и реализацию интеллектуальных технологий робастного, робастно-адаптивного и адаптивного управления.

Кроме того, современные интеллектуальные технологии обработки информации и управления позволяют решать новый класс проблем, связанных с организацией и реализацией ситуационного управления в интеллектуальных системах.

Необходимость ситуационного управления может возникнуть в результате существенных изменений ситуационного состояния, свойств или характеристик внешней среды, во взаимодействии с которой функционирует система, например, при скачкообразных изменениях ситуационного состояния, свойств или характеристик отдельных подсистем объекта управления.

Действительно, реализация функций управления на техническом, физическом уровне обеспечивается многими функциональными подсистемами. Рассматривая общие принципы функциональной организации систем управления, можно выделить в их структуре следующие основные функциональные компоненты:

- информационно измерительную подсистему;
- информационно-обрабатывающую подсистему;
- каналы передачи информации;
- исполнительную подсистему;
- другие подсистемы.

Очевидно, что от работоспособности всех функциональных компонент системы управления зависит техническая, «функциональная» надежность выполнения целевых функций управления. В частности, информационной основой любой системы управления является ее информационно-обрабатывающая подсистема.

Информационно-обрабатывающая подсистема включает различного рода информационно-измерительные средства, например, аналоговые и цифровые измерители и датчики; информационно-преобразующие элементы, например, усилители-преобразователи, аналого-цифровые и цифро-аналоговые преобразователи, устройства первичной и вторичной обработки информационных сигналов, вычислительные устройства и т.д.

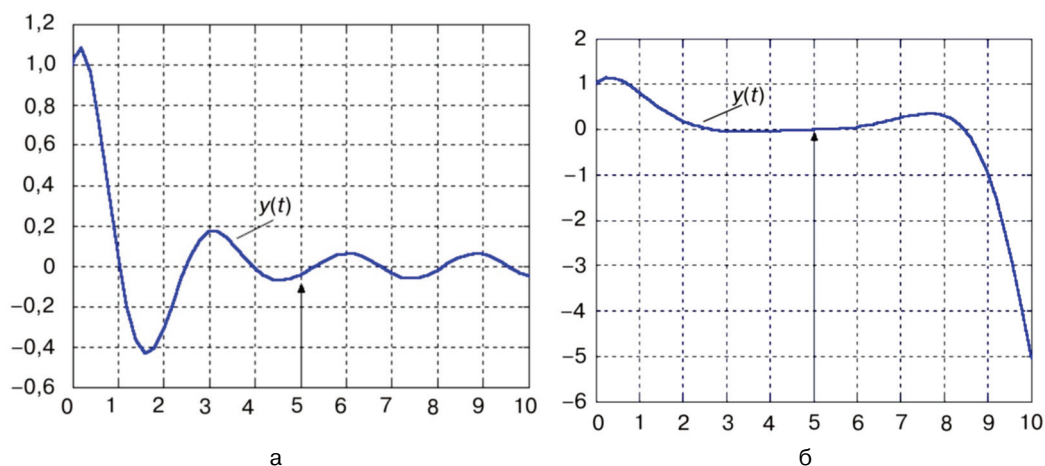


Рис. 2. Результаты моделирования в систем с функциональными нарушениями в измерительной подсистеме:

а — потеря динамического качества системы;
б — потеря устойчивости системы

Для обеспечения высокой точности, динамической и «функциональной» надежности систем управления информационно-измерительные подсистемы интеллектуальных систем должны быть информационно избыточными, что позволяет придать этим системам принципиально новые свойства, которые состоят в возможности обеспечения высокой точности и надежности как на динамическом, так и на ситуационном, техническом уровнях.

Рассматривая возможные функциональные нарушения в системе управления как результат взаимодействия системы управления с внешней средой, можно говорить об изменении ситуационного состояния системы управления в результате носящих случайный характер воздействий внешней среды. В связи с этим, возникает целый комплекс проблем, связанных с необходимостью оценивания текущего ситуационного состояния систем управления и на основе этого принятия решения о целесообразности изменения функциональной, физической, информационной или алгоритмической структуры системы с целью обеспечения «функциональной» надежности и живучести всей системы управления в целом.

Процесс реализации ситуационного управления можно представить в виде последовательности этапов:

- оценивание ситуационного состояния внешней среды, объекта управления и системы управления;
- анализ информации и принятие решения о необходимости изменений режимов работы системы, о ее физической, информационной и алгоритмической реконфигурации;
- синтез оптимальной стратегии, связанной с изменением режима функционирования системы, с изменением ее физической, информационной или алгоритмической структуры;
- реализация управляющих действий на основе результатов принятия решения.

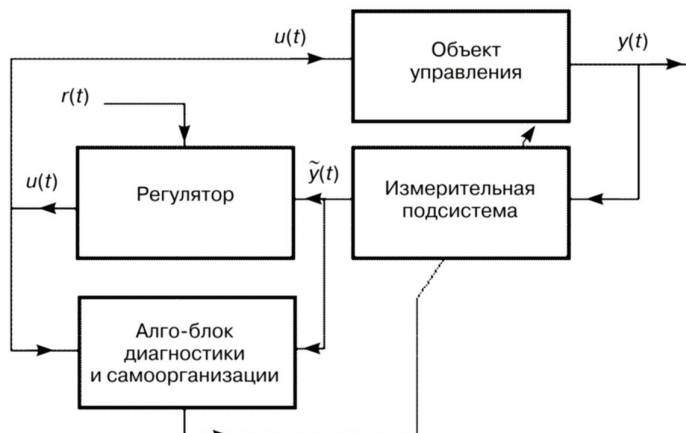


Рис. 3. Блок-схема адаптивной системы ситуационного управления с самоорганизующейся измерительной подсистемой

На рис. 3 представлена блок-схема адаптивной системы ситуационного управления с самоорганизующейся измерительной подсистемой. В состав блок-схемы входит алго-блок диагностики и самоорганизации, в задачу которого входит идентификация изменения ситуационного состояния системы управления в связи с функциональными нарушениями в измерительной подсистеме системы управления и так реконфигурировать ее, чтобы система могла продолжать нормально функционировать и выполнять свое функциональное назначение.

Таким образом, другим важным перспективным направлением исследований, направленных на дальнейшее развитие теории управления и теории интеллектуальных систем, является разработка методологического и алгоритмического обеспечения для решения задач ситуационного управления в интеллектуальных системах управления на основе использования и реализации новых интеллектуальных технологий.

Как на этапе динамического проектирования автоматических систем управления, так и на этапе их нормального функционирования может использоваться» априорная информация о динамических моделях, динамических характеристиках объектов управления, элементов системы и внешних, действующих на систему воздействий. Эта априорная информация, как правило, имеет существенную степень неопределенности вследствие неточного знания структуры и параметров динамических моделей, а также сложности или невозможности получения адекватных моделей объектов управления или отдельных функциональных элементов системы аналитическими методами, основываясь на физических законах, лежащих в основе принципов их функционирования. Кроме того, неопределенности динамических моделей объектов управления, внешней среды и внешних воздействий может быть обусловлены их стохастическим, нестационарным характером, вследствие чего в процессе нормального функционирования системы структура и параметры моделей могут изменяться.

В связи с этим возникает необходимость решения задач структурно-параметрического оценивания неопределенных моделей динамических систем и процессов как для решения задач робастно-адаптивного и адаптивного управления

динамическим состоянием объектов управления, так и для решения задач управления ситуационным состоянием систем управления.

Решение проблем оценивания моделей динамических систем и процессов в интеллектуальных системах может осуществляться как с использованием традиционных, классических методов, алгоритмов и технологий, так и с использованием новых современных методов, алгоритмов и технологий, к которым относятся, в частности следующие:

— нейросетевые технологии оценивания динамических моделей объектов и процессов;

— нечеткие технологии оценивания динамических моделей объектов и процессов;

— нейро-нечеткие и другие интегрированные, комплексные технологии.

Наряду с традиционными, классическими технологиями эти технологии могут использоваться не только для решения задач оценивания моделей объектов и процессов, но и для решения задач организации робастного, робастно-адаптивного и адаптивного управления, для организации управления как динамическим состоянием объектов управления, так и для организации ситуационного управления. К перспективным интеллектуальным технологиям управления можно отнести:

— технологии экспертного управления (Data Based Control);

— технологии управления с прогнозом состояния (Predictive Control);

— технологии нейросетевого управления (Neural Networks Control);

— технологии нечеткого логического управления (Fuzzy Logic Control)

— интегрированные, комбинированные и другие технологии.

Для реализации интеллектуальных технологий были разработаны и созданы специализированные цифровые микроэлектронные схмотехнические элементы, такие как сигнальные процессоры, нечеткие контроллеры, нейро-процессоры и т.д.

Очевидно, что вычислительные системы цифровой обработки информации, ориентированные на реализацию интеллектуальных технологий обработки информации и управления, должны обладать определенными, специфическими свойствами, достижение которых обеспечивается особой структурной организацией информационно-обрабатывающих вычислительных подсистем, к основным принципам построения которых можно отнести:

— геометрический, пространственный, распределенный, иерархический характер вычислительной среды;

— реализация временного, алгоритмического параллелизма для реализации алгоритмов обработки информационных сигналов с целью сокращения времени реакции системы на поступающую по информационным каналам новую информацию;

— адекватность архитектуры и топологии информационно-обрабатывающей среды алгоритмической структуре и характеру обрабатываемой информации;

— компактность информационно-обрабатывающих сред.

В этой связи возникает необходимость разработки научно-теоретического, алгоритмического, методологического и программного обеспечения, ориентированного на решение широкого спектра прикладных задач проектирования систем управления с учетом возможности их эффективной реализации с использованием новых интеллектуальных технологий и новой схмотехнической элементной базы.

Интеллектуальные и комбинированные технологии обработки информации и управления могут использоваться для решения широкого спектра решения практических задач управления. Особенно эффективно их применение для решения задач, связанных с организацией робастно-адаптивного управления объектами со сложными нелинейными неопределенными динамическими моделями.

На рис. 4 представлена блок-схема системы управления робастно-адаптивной системой управления многоканальным манипуляционным роботом. Нелинейный характер динамической модели робота определяется как нелинейностью динамических уравнений движения элементов робота, так и нелинейным характером кинематических уравнений, связывающих его обобщенные переменные состояния.

Одним из основных источников неопределенностей динамической модели робота как объекта управления является приведенная масса механической нагрузки, перемещаемой манипулятором в процессе его работы, величина которой может изменяться в достаточно широких пределах.

Для обеспечения высокой стабильности динамических характеристик системы управления позиционированием элементов робота с учетом непрогнозируемого изменения параметров динамической модели робота предлагается следующая ее организация, представленная в виде изображенной на рис. 4.

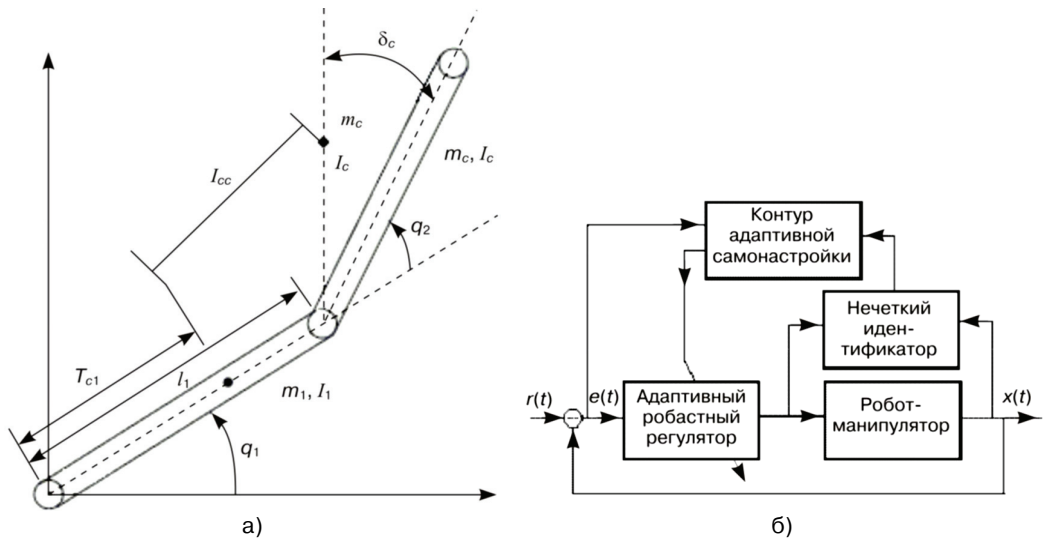


Рис. 4. Блок-схема системы управления робастно-адаптивной системы управления многоканальным манипуляционным роботом:

а) кинематическая блок-схема робота-манипулятора; б) блок-схема робастно-адаптивной системы управления с нечетким идентификатором и блоком самонастройки робастно-адаптивного регулятора

Как видно из рисунка, система управления манипуляционного робота представляет собой систему управления с иерархической архитектурой.

Основные функции управления позиционированием элементов робота осуществляются основным контуром управления нижнего иерархического уровня, включающего адаптивный робастный регулятор с параметрической самонастройкой.

Дополнительный контур управления — представляет собой контур адаптации и предназначен для формирования сигналов параметрической самонастройки робастного регулятора основного контура управления с использованием результатов динамической идентификации нелинейной модели объекта управления в классе нечетких систем.

Таким образом, система управления состоит из следующих контуров и алгоритмических блоков:

— основной контур управления, включающий робастно-адаптивный самонастраивающийся регулятор;

— контур адаптивной настройки параметров регулятора с использованием нечеткого идентификатора;

— блок нечеткого идентификатора, реализующий процесс оценивания нелинейной модели объекта управления в классе нечетких Такаги-Сугено моделей.

Результаты исследований робастно-адаптивной системы управления роботом-манипулятором, выполненных методом цифрового моделирования показали, что алгоритмы робастно-адаптивного управления, основанные на комплексировании классических и интеллектуальных нечетких технологий обработки информации и управления, обеспечивают устойчивую работу системы управления, а также высокую точность позиционирования элементов манипулятора как в статическом, так и в динамическом режимах с учетом существенных параметрических возмущений нелинейной модели объекта управления.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Комплексирование робастного, нейро-нечеткого и адаптивного управления в интеллектуальных системах высокой точности и надежности / Пупков К.А. и др. Отчет по НИР. Проект РНП.2.1.2.7740. — М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006.
- [2] Методы робастного, нейро-нечеткого и адаптивного управления / К.А. Пупков и др. — М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002.

APPLYING THE INTELLIGENT TECHNOLOGIES — THE PERSPECTIVE DIRECTION IN THE DEVELOPMENT OF THE THEORY AND PRACTICE FOR DESIGNING AND IMPLEMENTATION THE CONTROL AND INFORMATION PROCESSING SYSTEMS

К.А. Pupkov

Cybernetics and Mechatronics Department
Peoples' Friendship University of Russia
Miklukho-Maklaya str., 6, Moscow, Russia, 117198

Some main tendencies in the development of principals and methodology for designing the high performance and reliability control systems, based on using and implementing intelligent technologies for information processing and control are considered and analyzed.