

## **МЕТОДОЛОГИЯ ПОСТРОЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ МНОГОМЕРНЫМИ ОБЪЕКТАМИ НА МНОЖЕСТВЕ СОСТОЯНИЙ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ**

Исследование вопросов построения информационно-управляющих систем (ИУС) является актуальным, поскольку внедрение и практическое применение таких систем позволяет снизить материальные и энергетические затраты на производство, повысить качество выпускаемой продукции, сократить уровень загрязнения окружающей среды и т.д. В настоящее время практически ни одна отрасль промышленности не обходится без ИУС, которые позволяют решать все более сложные задачи управления техническими объектами по мере совершенствования информационных технологий и средств вычислительной техники.

Наиболее изученными являются методы построения ИУС одномерными объектами (SISO – Single Input Single Output). Однако, почти все объекты, встречающиеся на практике, являются многомерными (MIMO – Multiple Input Multiple Output), поскольку включают многочисленные входные и выходные переменные, взаимно влияющие друг на друга. При практическом решении задач анализа и синтеза оптимального управления MIMO-объектами зачастую возникают трудности, связанные с необходимостью учета случайных возмущений и помех, а также возможных изменений состояния функционирования ИУС в процессе реальной эксплуатации, что в значительной мере усложняет разработку математического и алгоритмического обеспечения ИУС.

Поэтому в большинстве случаев разработка алгоритмического обеспечения для ИУС, обеспечивающих оптимальное управление многомерными объектами, представляет собой сложное научно-техническое исследование, поскольку в состав алгоритмического обеспечения информационно-управляющей системы могут включаться достаточно сложные методы и алгоритмы (идентификации моделей; анализа и синтеза оптимального управления; имитационного моделирования; принятия решений в условиях неопределенности и т.д.).

Следует также заметить, что в большинстве случаев ИУС проектируют в предположении, что система в дальнейшем будет работать в состоянии нормального функционирования. Однако в процессе реальной эксплуатации могут происходить изменения параметров объекта управления, окружающей среды, интенсивности возмущающих воздействий и т.д. Эти изменения могут оказывать значительное влияние

на работу ИУС, поэтому при проектировании ее алгоритмического обеспечения часто возникает необходимость решения задач оптимального управления (ЗОУ) на множестве состояний функционирования (МСФ) [1].

Для решения задач оптимального управления на МСФ разрабатываются алгоритмы анализа ЗОУ и оперативного синтеза управляющих воздействий для различных состояний функционирования.

Многие российские и зарубежные ученые работают над проблемой интеллектуализации ИУС. Это обусловлено множеством причин, важнейшими из которых являются: непрерывное усложнение объектов управления; появление высокопроизводительных средств вычислительной техники; значительное повышение требований к точности, надежности и эффективности алгоритмов управления в условиях неопределенности; необходимость синтеза оптимальных управляющих воздействий в реальном масштабе времени; сложность или невозможность построения точной математической модели объекта и т.д.

По результатам анализа современного состояния исследований, посвященных вопросам построения ИУС многомерными объектами, можно выделить следующие проблемные места:

1) в настоящее время процесс разработки ИУС многомерными объектами представляет собой сложную научно-техническую задачу;

2) несмотря на значительное число публикаций по методам и алгоритмам построения ИУС в разных отраслях промышленности, следует отметить, что в основном они посвящены вопросам разработки SISO-систем, а ММО-системы рассматриваются значительно реже;

3) в настоящее время практически отсутствует четко формализованная методология создания интеллектуальных ИУС, обеспечивающих оперативное решение задач анализа и синтеза оптимального управления многомерными объектами на множестве состояний функционирования.

Предлагаемая методология основывается на применении следующих методов и алгоритмов на этапах построения ИУС многомерными объектами:

1. На этапе постановки задач применяются методы представления ЗОУ на МСФ. При рассмотрении ЗОУ на МСФ используется переменная, обозначающая текущее состояние функционирования, а МСФ представляет собой множество возможных значений этой переменной. Во всем множестве состояний функционирования выделяют два подмножества: наиболее вероятных и критических состояний. Первое подмножество включает состояния с нормальной работоспособностью элементов ИУС, а второе – содержит все состояния с отказами технических средств ИУС. В дальнейшем, при разработке ИУС, обеспечи-

вающих решение ЗОУ на МСФ, создается алгоритмическое обеспечение, включающее модели и алгоритмы управления для наиболее вероятных состояний, а также возможные действия при критических состояниях функционирования.

2. На этапе идентификации математических моделей объектов управления применяются методы структурной и параметрической идентификации математических моделей многомерных объектов на МСФ. На данном этапе также оценивается адекватность полученных моделей.

3. На этапе анализа задач оптимального управления применяются: аналитико-графический метод исследования области существования решения задачи оптимального управления многомерным объектом; методы и алгоритмы получения видов функций оптимального программного и позиционного управления на основе метода синтезирующих переменных и принципа максимума Понтрягина.

4. На этапе разработки алгоритмов синтеза оптимальных управляющих воздействий могут применяться следующие алгоритмы: 1) помехоустойчивого управления с оптимальной фильтрацией; 2) помехоустойчивого управления с прогнозирующей моделью; 3) аналитического конструирования оптимальной программы управления; 4) интеллектуального управления на основе нечеткой логики; 5) робастного управления; 6) адаптивного управления и др.

5. На этапе разработки информационного и программного обеспечения проводится функциональное и информационное моделирование ИУС, после чего определяются и создаются базовые компоненты ИУС, такие как:

- интеллектуальная база знаний, в которой хранятся процедурные знания в виде фреймов, реализующих алгоритмическое обеспечение ИУС;

- реляционная база данных, предназначенная для хранения исходных данных и результатов работы системы;

- модуль имитационного моделирования, предназначенный для имитирования влияния шумов и смены состояния функционирования объекта, что необходимо для сравнения эффективности различных алгоритмов управления;

- модуль планирования эксперимента, который обеспечивает составление плана эксперимента и получение статистических данных по заданному количеству опытов;

- модуль полного анализа задач оптимального управления на множестве состояний функционирования;

- модуль идентификации состояния функционирования позволяет идентифицировать текущее состояние функционирования объекта управления;

- модуль синтеза оптимального управления, который обеспечивает выбор оптимального алгоритма управления в зависимости от текущего состояния функционирования объекта управления;
- интегрированная среда разработки, позволяющая инженерам и экспертам вносить изменения в базу знаний (необходимость внесения изменений возникает при замене технологического оборудования или режимов его работы, смене номенклатуры выпускаемой продукции и т.д.);
- подсистема пользовательского интерфейса, обеспечивающая наглядный и доступный графический интерфейс для ввода исходных данных и вывода результатов работы ИУС.

При разработке программных модулей ИУС возможно использование как готовых инструментальных средств, предназначенных для создания систем автоматизации и управления, например, SCADA-систем, так и применение инструментальных средств на основе CASE-и RAD-технологий.

Предлагаемая методология предназначена для создания ИУС, позволяющих оперативно решать задачи оптимального управления с учетом возможных изменений состояния функционирования объекта управления в процессе реальной эксплуатации.

Рассмотренная методология построения ИУС многомерными объектами применялась при разработке информационно-управляющей системы динамическими режимами в многосекционных сушильных установках и мультиагентной информационной системы интеллектуального управления процессом сушки пастообразных материалов [2].

### Список литературы

1. *Муромцев, Д. Ю.* Методы и алгоритмы синтеза энергосберегающего управления технологическими объектами : монография / Д. Ю. Муромцев. – Тамбов–Москва–Санкт-Петербург–Баку–Вена : Изд-во «Нобелистика», 2005. – 202 с.
2. *Грибков, А. Н.* Мультиагентная информационная система интеллектуального управления процессом сушки пастообразных материалов / А. Н. Грибков, И. А. Куркин // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2012. – № 8. – С. 42 – 45.

*Работа выполнена при поддержке грантов Российского фонда фундаментальных исследований, проекты № 14-08-00489-а, 14-08-00198-а, 12-08-00352-а.*

*Кафедра «Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем» ФГБОУ ВПО «ТГТУ»*