

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Ярещенко Дарьи Игоревны «Непараметрические алгоритмы моделирования и управления многомерными безынерционными системами с запаздыванием» представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (космические и информационные технологии)

Актуальность работы

Диссертационная работа Ярещенко Д.И. посвящена моделированию и управлению многомерными системами с запаздыванием в условиях непараметрической неопределенности. В работе многомерные системы или объекты имеют стохастические зависимости выходных переменных. Подобные системы встречаются во многих технологических, производственных процессах дискретно-непрерывного характера. Поэтому для решения подобных задач целесообразным является применение непараметрических алгоритмов идентификации и управления.

Таким образом, тема диссертационной работы является актуальной и важной для развития теории и практики систем управления многомерными дискретно-непрерывными процессами в условиях неполной информации и неопределенности о модели объекта управления.

Содержание работы

В первой главе диссертационной работы рассмотрены параметрические и непараметрические методы идентификации многомерных систем, приведена общая постановка задачи идентификации. Изучались многомерные системы, имеющие стохастические зависимости выходных переменных. Стохастические зависимости носят случайный характер, важно, что в символьном выражении они могут изменяться от испытания к испытанию. При этом учитывалось, что по различным каналам многомерного объекта процессы могут быть динамическими, но контроль переменных осуществляется через дискретные интервалы времени. Такие системы представляют большой интерес, т.к. их свойства соответствуют реальным задачам. Также рассматривалась постановка задачи управления для таких систем. Задача управления дискретно-непрерывными процессами рассматривалась в условиях непараметрической неопределенности, т.е. в условиях, когда модель процесса не может быть описана с точностью до вектора параметров, особенно это относится к математической модели изучаемого процесса. В этом случае известные параметрические приемы не применимы и следует использовать непараметрические методы.

Вторая глава диссертационной работы посвящена непараметрическим алгоритмам идентификации многомерных безынерционных систем. В начале главы рассматриваются системы с частичной непараметрической неопределенностью, т.е. когда по некоторым каналам априорная информация соответ-

ствуется одновременно как параметрическому, так и непараметрическому типу исходных данных об исследуемом процессе.

Математическое описание подобных процессов приводит к системе нелинейных стохастических уравнений, вид части уравнений будет неизвестен, а часть этих уравнений известны с точностью до вектора параметров. Основное назначение модели объекта, имеющего стохастические зависимости выходных переменных, состоит в нахождении прогноза выходных переменных при известных входных. Далее уже рассматриваются системы со стохастическими зависимостями выходных переменных. В этом случае объект описывается системой стохастических нелинейных уравнений, задача идентификации сводится к поиску прогнозных значений выходных переменных по известным входным. При этом применяется непараметрический двухшаговый алгоритм идентификации, который позволяет найти эти прогнозные значения. Представлены проведенные эксперименты для многомерной системы.

Третья глава диссертационной работы посвящена задаче управления многомерными безынерционными объектами в условиях непараметрической неопределенности. Для управления многомерной системой со стохастическими зависимостями выходных переменных применяется многошаговый непараметрический алгоритм.

В четвертой главе диссертационной работы исследуется процесс каталитической гидродепарафинизации дизельного топлива. Приведенные численные исследования показали, что применение непараметрических алгоритмов идентификации и управления позволяют улучшить ведение технологического процесса.

Степень обоснованности научных положений

Автор корректно использует методы теории идентификации и управления для обоснования полученных результатов, выводов и рекомендаций. Эффективность предлагаемых автором моделей и алгоритмов идентификации и управления подтверждается результатами вычислительных экспериментов.

Результаты диссертационной работы доложены на нескольких всероссийских и международных конференциях, опубликованы в журналах из списка ВАК и в журналах, индексируемых в системе научной информации Scopus.

Полученные результаты диссертационной работы опробованы на ряде предприятий нефтегазовой отрасли и внедрены в учебный процесс кафедры «Топливообеспечение и горюче-смазочные материалы» Института нефти и газа Сибирского федерального университета.

Разработанные алгоритмы идентификации и управления могут найти широкой применение при автоматизации многомерных дискретно-непрерывных процессов в различных отраслях промышленности, в частности, металлургии, энергетике и др.

Оценка новизны и достоверности

Новыми научными результатами диссертационной работы являются следующие положения.

1. Предложенная постановка задачи идентификации многомерных объектов с неизвестными зависимостями между компонентами вектора выходных переменных, отличается от известных ранее типичных постановок наличием информации о структуре покомпонентного влияния входных переменных на выходные и позволяет конкретизировать требования для разработки новых методов и алгоритмов идентификации и управления в указанных условиях.
2. Разработанный двухшаговый алгоритм идентификации многомерных безынерционных систем с запаздыванием отличается от известных тем, что учитывает стохастические связи между выходными переменными процесса и позволяет строить прогнозную модель многомерного процесса в условиях непараметрической неопределенности.
3. Многошаговый непараметрический алгоритм управления многомерными безынерционными дискретно-непрерывными системами с неизвестными зависимостями выходных переменных позволяет найти статистическую оценку управляющего воздействия в условиях недостатка априорной информации.

Теоретическая и практическая значимость работы. Теоретическая значимость результатов диссертационной работы состоит в том, что были разработаны, исследованы и апробированы непараметрические алгоритмы идентификации и управления, которые позволяют улучшить точность прогноза непараметрических моделей, а также повысить эффективность применения непараметрических алгоритмов дуального управления.

Практическая значимость результатов работы состоит в разработанных программных модулях, в основе которых лежат предложенные автором алгоритмы. Такие программные системы могут быть использованы в различных системах управления, диагностики, прогнозирования и т.д.

Замечания по работе

1. На странице 35 и в дальнейшем используются неявные стохастические уравнения. Предложенное понятие неявных стохастических уравнений является новым, введенным научным руководителем и автором диссертации в своих работах. К сожалению, определение этого понятия в данной работе отсутствует. Можно лишь предположить возможное сходство с понятием неявной функции (отображения), действующей в топологических пространствах, либо с системой стохастических нелинейных уравнений, либо с операторным стохастическим уравнением. Разумно уточнить в диссертационной работе смысл нового типа уравнений и сформулировать определение неявных стохастических уравнений.

2. В работе используется новое понятие Т-процесса, предложенное научным руководителем и автором диссертации в своих работах. На странице 35 диссертационной работы дается описание Т-процессов, основной характеристикой описания является условие, что «выходные переменные каким-то образом стохастически зависимы, зависимость эта неизвестна». Далее похожее описание повторяется в нескольких страницах текста работы. Данная характеристика допускает многие толкования. В итоге, реализация Т-процесса лучше всего для понимания представлена автором диссертации на рисунке 1.6 на странице 36. Чтобы улучшить понимание работы, желательно переписать содержание рисунка 1.6. в форму более строго определения.
3. Есть неточности (опечатки) в формулировках. Например, на странице 65 утверждается, что система уравнений (2.4.1) является нелинейной, относительно вектора $\bar{x} = (x_1, x_2, x_3)$. Хотя на самом деле система (2.4.1) является системой линейных алгебраических уравнений относительно вектора x .
4. На странице 83 работы записано, что управление рассматривается в условиях, когда «модель процесса с точностью до вектора параметров отсутствует полностью». Эта фраза не понятна, т.к. в работе нет разъяснения слов «с точностью до вектора параметров отсутствует полностью», и ранее исследуемый процесс описывался системой «неявных» стохастических уравнений, то есть некая модель использовалась. Понимание высказывания стало бы более четким, если бы автор напомнил, что исследуется процесс непараметрической неопределенности, при котором связи между элементами носят случайный характер, изменяясь от испытания к испытанию.
5. В диссертационной работе указано, что в работе используется разработанное программное обеспечение. На страницах 94, 97, 98 для реализации алгоритма управления вычисляются выражения в виде дробей, в числителе и знаменателе которых записано произведение многих «колокообразных» функций. При вычислении таких выражений в компьютере возможно появление большой вычислительной погрешности, вносящей ошибку в результат, большую, чем вклад непараметрической неопределенности. Чтобы исключить такую возможность, необходим анализ автором работы этого вопроса.

Отмеченные недостатки не снижают качество работы, а также не влияют на результаты диссертационной работы.

Общее заключение

Диссертация Ярещенко Дарьи Игоревны является законченным научным исследованием, выполненным автором на высоком уровне. Работа имеет научное и практическое значение для системного анализа, а полученные результаты вносят существенный вклад в непараметрическую теорию идентификации и управления. Диссертация полностью соответствует требованиям,

предъявляемым к кандидатским диссертациям по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (космические и информационные технологии), а ее автор Ярещенко Дарья Игоревна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

Официальный оппонент, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник Института вычислительного моделирования СО РАН (г. Красноярск, ул. Академгородок 50/44).

Алексей Николаевич Рогалев

Подпись канд. физ.-мат. наук А.Н. Рогалева заверяю:

Ученый секретарь ИВМ СО РАН

А.В. Вяткин

Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук» (ФИЦ КНЦ СО РАН) Институт вычислительного моделирования Сибирского отделения Российской академии наук (ИВМ СО РАН)

660036, г. Красноярск, ул. Академгородок 50/44, ИВМ СО РАН
Тел. (391) 243-27-56

15 октября 2020 г.