

ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертацию **Михова Евгения Дмитриевича**

«Идентификация и управление процессами со стохастически-зависимыми переменными методами непараметрической статистики»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (космические и информационные технологии)

1. Актуальность темы исследования

В настоящее время в связи с необходимостью исследования сложных многомерных процессов в различных научно-технических областях актуальна разработка эффективных алгоритмов моделирования и управления этими процессами. Автором рассмотрен специальный класс объектов, которые характеризуются наличием зависимости между входными переменными процесса и отсутствием явной формализации этой зависимости. Данная особенность типична для сложных технологических процессов с множеством входных и выходных переменных, что приводит к соответствующим сложностям при моделировании и управлении такими процессами. Диссертационная работа Михова Евгения Дмитриевича посвящена актуальной проблеме исследования сложных многомерных процессов в условиях неполной информации, разработке методов и алгоритмов их численного исследования.

2. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

Миховым Е. Д. выполнен сравнительный анализ существующих и предложенных в работе методов, показавший особенности и преимущества разработанных алгоритмов. Диссертантом реализовано множество

вычислительных экспериментов, подтверждающих выводы, сформулированные в рамках проведенных исследований.

Результаты работы были представлены на всероссийских и международных конференциях; по теме исследования опубликовано 24 печатные работы, 9 из которых в научных изданиях, «рекомендованных ВАК».

3. Научная новизна

Полученные автором в рамках работы результаты приносят свой вклад в развитие данного научного направления и являются новыми, в том числе:

1) разработан алгоритм выделения существенных входных переменных, основанный на настройке «параметров размытости» в непараметрической оценке функции регрессии;

2) реализован алгоритм моделирования, опирающийся на использование методов локальной аппроксимации и позволяющий строить модели многомерных процессов с зависимыми входными переменными;

3) разработана адаптированная модификация алгоритма непараметрического дуального управления для случая управления процессом с зависимыми входными и выходными переменными.

4. Структура работы

В первой главе автором были рассмотрены общие особенности исследуемых процессов, характеризующихся зависимостью компонентов вектора входных переменных. В диссертации такие процессы называются «Н-процессами», либо «многомерными Н-процессами» – при наличии множества выходных переменных. Выводы, сделанные в главе, позволяют утверждать, что «Н-процессы» протекают в пространстве дробной размерности; предложена методика для оценивания размерности

соответствующего пространства. В работе приведены графики зависимости размерности пространства, в котором протекает процесс, от размера выборки наблюдений и помех, воздействующих на процесс. В конце главы рассмотрены многомерные «Н-процессы», характеризующиеся зависимостью между компонентами вектора входных переменных.

Вторая глава посвящена вопросам идентификации исследуемых процессов. Автором предложен и исследован алгоритм выделения существенных переменных, основанный на оптимизации среднеквадратичной ошибки непараметрической оценки функции регрессии. Проведен сравнительный анализ между реализованным подходом и алгоритмами из категории прямых способов оценки информативности (Ad, Del, AdDel); показано преимущество в скорости работы предложенного алгоритма перед существующими. В качестве самостоятельной задачи была рассмотрена проблема уменьшения размерности вектора параметров размытости в непараметрической оценке функции регрессии. Проведены вычислительные эксперименты, демонстрирующие возможность уменьшения размерности вектора параметров размытости путем назначения единого параметра для группы компонентов вектора входных переменных. Рассмотрена задача разработки модели многомерного «Н-процесса», предложен способ выделения области протекания процесса при помощи индикаторных функций, основанных на методах непараметрической статистики; проведены соответствующие вычислительные эксперименты.

В третьей главе рассмотрена задача управления многомерными безынерционными «Н-процессами». Предложен способ, определяющий достижимость задающего воздействия, основанный на методах непараметрической статистики. Алгоритм непараметрического дуального управления адаптирован для случая управления многомерным

безынерционным «Н-процессом». Учет области протекания процесса в предложенной адаптации осуществлялся путем выбора поискового шага, основанного на алгоритме с наказанием случайностью. Проведен сравнительный анализ между разработанным алгоритмом и ПИ-регулятором; продемонстрирована адаптивность предложенного алгоритма, позволяющая быстрее достигать требуемого результата. Проведенные вычислительные эксперименты подтверждают, что предложенная адаптация непараметрического дуального управления позволяет успешно реализовать управление многомерным «Н-процессом».

В четвертой главе рассмотрено применение методов непараметрического моделирования при рассмотрении прикладных задач. Исследуется задача восстановления полей распределения различных примесей в воздухе города Красноярска. Рассмотрены существующие модели экологической обстановки и обоснована необходимость разработки новых подходов для исследования рассматриваемых процессов. Предложена модель оценки экологического состояния атмосферного воздуха, основанная на методах непараметрической статистики, учитывающая скорость и направление ветра, плотность застройки, широту и долготу точки измерения и время. Проведены сценарные расчеты распространения различных примесей в воздухе города Красноярска: CO, NO₂, пыли и формальдегида. Разработанные методы использованы также при решении некоторых задач управления котлоагрегатами ТЭЦ.

5. Теоретическая и практическая значимость

Теоретическая значимость полученных результатов диссертационной работы заключается в разработке новых алгоритмов моделирования, выделения существенных переменных и управления многомерными «Н-процессами», встречающимися в различных

промышленных областях: стройиндустрии, нефтехимии, металлургии и других.

Практическая значимость результатов состоит в реализации параметрических методов моделирования, позволяющих исследовать многомерные процессы с зависимыми компонентами вектора входных переменных, и их эффективном использовании для исследования ряда прикладных задач технической экологии и теплоэнергетики.

6. Замечания по работе

1) Результаты, полученные при решении задачи анализа загрязнений воздуха города Красноярска, следовало бы представить в характерных вариантах, демонстрирующих возможность повышения точности восстановления полей распространения примесей с помощью предложенных алгоритмов.

2) Во второй главе не слишком четко описана применяемая процедура чистки данных и ее влияние на качество конечного результата, достигаемого алгоритмами.

3) В тексте диссертации имеются грамматические неточности и опечатки.

Заключение

Несмотря на указанные замечания, диссертация Михова Евгения Дмитриевича является законченным научным исследованием, выполненным автором на хорошем научном уровне. Полученные результаты вносят определенный вклад в непараметрическую теорию идентификации и управления. Диссертация полностью соответствует требованиям специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (космические и информационные технологии), а

автор работы Михов Евгений Дмитриевич, заслуживает присуждения ему степени кандидата технических наук.

Официальный оппонент

Доктор технических наук,
главный научный сотрудник
Института динамики систем и
теории управления
имени В.М. Матросова СО РАН

Горнов Александр Юрьевич

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт динамики систем и теории управления имени В.М. Матросова Сибирского отделения Российской академии наук (ФГБУН Институт динамики систем и теории управления имени В.М. Матросова СО РАН)

Адрес места работы:

664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 134, а/я 292

E-mail: gornov@icc.ru



Подпись заверяю
Нач. отдела делопроизводства
и организационного обеспечения
ИДСТУ СО РАН


Г.Б. Кононенко
15.04.2019