

УТВЕРЖДАЮ



Проректор НГТУ по научной работе
д.т.н. профессор

Вострецов А.Г.

20 марта 2019 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации – ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет» на диссертационную работу 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)

Результаты диссертационной работы Михова Евгения Дмитриевича были обсуждены ведущими специалистами кафедры теоретической и прикладной информатики и Центра статистических технологий НГТУ. По результатам обсуждения диссертационной работы Михова Евгения Дмитриевича принято следующее заключение.

1. Актуальность темы исследований

Управление сложными многомерными системами и технологическими процессами в условиях неполной информации представляют собой сложнейшие и актуальные задачи, от решения которых в немалой степени зависит эффективность работы систем и сопровождение процессов. Немаловажной научно-технической задачей является создание систем идентификации и управления в условиях неполной информации.

Диссертационная работа посвящена исследованию и управлению многомерными безынерционными процессами с запаздыванием со стохастически зависимыми компонентами вектора входных переменных в условиях непараметрической неопределенности. Отличительной особенностью рассматриваемых процессов является наличие стохастической зависимости между входными переменными. Многие реальные процессы в различных отраслях промышленности (цветной и черной металлургии, процессов нефтепереработки и др.) укладываются в рамки процессов с «трубчатой» структурой (Н-процессы), понятие которых ранее было введено

А.В. Медведевым, и которые рассматривались его учениками и рассматриваются, в том числе, в данной диссертации. В силу некоторых особенностей «трубчатых» процессов использование стандартных методов параметрической идентификации не обеспечивает эффективности реализуемых систем моделирования и управления. В основе моделирования подобных процессов в данном случае лежит непараметрическое оценивание функции регрессии по наблюдениям.

Одной из актуальных задач в теории идентификации является задача выделения существенных входных переменных, влияющих на значения выходных переменных. В диссертации такая задача решается для управления многомерными безынерционными Н-процессами в условиях непараметрической неопределенности. В этом случае задающие воздействия, определяющие желаемые значения компонент вектора выхода, не могут быть выбраны произвольно из области определения выходных переменных. В диссертации рассматривается определение областей выбора задающих воздействий при управлении многомерным безынерционным процессом.

2. Научная новизна исследований и полученных результатов

Результаты, полученные в диссертационной работе, являются новыми, опубликованы в 24 работах автора, среди которых 8 статей в журналах из списка, рекомендованного ВАК, а 5 работ в изданиях, индексируемых в международных базах цитирования, 4 из которых входят в указанное выше число статей из списка ВАК.

Диссертация объемом 149 страниц включает введение, 4 главы основного содержания, заключение, список использованных источников из 105 наименований, приложение, включающее справку о применении результатов исследований.

В **первой главе** диссертации (25 стр.) приводятся общие сведения об идентификации и управлении процессами в условиях неполной информации. Дается общее описание процессам дискретно-непрерывного типа. Описываются различные уровни априорной информации, дается краткая характеристика каждому уровню, рассматриваются задачи идентификации, определяемые уровнем информации. Рассматривается идентификация в «узком» и «широком» смысле. Описываются процессы, обладающие различными особенностями: Н-процессы; процессы, протекающие в пространстве дробной размерности; протекающие в пространстве изменяющейся размерности.

Во **второй главе** диссертации (71 стр.) рассматриваются модели дискретно-непрерывных процессов. Рассматривается классическая схема идентификации. Рассматривается задача выделения существенных переменных, подходы к её решению и алгоритмы. Предлагается алгоритм выделения существенных переменных на основе настройки вектора параметров размытости непараметрической оценки функции регрессии по наблюдениям. Доказывается работоспособность метода, и приводятся результаты

численных экспериментов, подтверждающие его преимущество. Предлагается модификация предложенного метода, имеющая преимущество при большом количестве переменных, но малом объеме данных наблюдений. В п.2.3 рассматривается выбор структуры параметрической модели стохастического процесса методом перебора, в п.2.4 – при помощи генетического алгоритма. В п.2.5 рассматриваются модели, основанные на локальной аппроксимации, в связи с чем в п.2.5.1 рассматривается задача настройки вектора параметров размытости, для решения которой используется 3 различных метода оптимизации. В разделе 2.6 речь идет об Н-моделях. В п.2.6.1 автор демонстрирует особенности при работе с Н-процессами. Иллюстрирует построение параметрических моделей трубчатых процессов, построение прогноза для Н-процессов, вводит понятие индикаторной функции, её оценки, иллюстрирует различные модели. В п.2.6.2 рассматривается модель многомерного процесса с общей зоной определения входных переменных. Показываются примеры моделирования: Н-процесса с двумя входными и выходными переменными; с двумя выходными переменными, имеющими общую область определения; при помощи параметрических моделей, без использования индикаторных функций; при помощи параметрических моделей, с использованием индикаторных функций. В п.2.6.3 рассматривается модель многомерного процесса без общей зоны определения входных переменных. В п.2.7 рассматриваются модели, основанные на технологии нейросетей, и соответствующие вопросы. В п. 2.8 сравниваются рассмотренные методы моделирования.

В третьей главе диссертации (14 стр.) рассматривается управление безынерционными стохастическими процессами с запаздыванием в условиях непараметрической неопределенности (при неполной информации). Утверждается, что управление многомерными Н-процессами отличается от традиционной постановки тем, что задающие воздействия, определяющие желаемые значения компонент вектора выхода не могут быть выбраны произвольно, а должны выбираться из множества допустимых значений с учетом зависимости между компонентами. Рассматривается постановка задачи, стандартные алгоритмы управления, дуальное управление, предусматривающее необходимость совмещения изучения объекта с управлением им. Основное внимание уделено непараметрическому дуальному управлению. Рассматривается управление процессом, имеющим одну выходную переменную, управление многомерным Н-процессом, проводятся многочисленные вычислительные эксперименты.

Четвёртая глава диссертации (16 стр.) посвящена применению методов непараметрического моделирования для решения ряда прикладных задач, в частности задачи экологического мониторинга обстановки в г. Красноярске, связанной с пространственным распределением в атмосфере некоторых вредных веществ (СО, оксида азота, формальдегида, пыли). Рассматриваются результаты применения разработанных методов для управления котлоагрегатами ТЭЦ.

В **заключении** формулируются основные результаты, полученные в работе.

В **приложении** приводится акт о практическом применении на производстве результатов диссертационной работы.

Все основные результаты диссертации опубликованы, апробированы на ряде научных конференций и семинаров, в том числе международных.

Диссертация написана в хорошем стиле, изложение достаточно четкое и грамотное.

Автореферат отражает основное содержание диссертации.

3. Обоснованность и достоверность полученных результатов

Достоверность полученных соискателем результатов подтверждается строгостью применения математического аппарата, эффективность предложенных алгоритмов и обоснованность выводов – результатами численного (статистического) моделирования.

Результаты автора не противоречат и согласуются с результатами предшественников, полученными при моделировании и управлении процессами.

4. Научная и практическая ценность основных положений диссертации

Научная новизна диссертации заключается в следующем:

- предложен новый алгоритм, позволяющий на основании подбора параметров размытости в непараметрической оценке функции регрессии выделять входные переменные, существенно влияющие на выходные переменные процесса;
- разработана модификация алгоритма, включающая в себя параметрическую модель и индикаторную функцию (основанную на методах локальной аппроксимации), позволяющая строить модели многомерных Н-процессов;
- алгоритм непараметрического дуального управления с новым видом поискового шага адаптирован для случая управления Н-процессом с несколькими выходными переменными;

Практическая ценность результатов диссертационной работы заключается в следующем:

- разработанные модификации алгоритмов, включающие элементы параметрических и непараметрических методов, позволяют моделировать многомерные процессы с зависимыми компонентами вектора входных переменных.
- результаты диссертационной работы предполагается использовать при разработке дополнений к технологическим инструкциям по эксплуатации котла БКЗ-320 в организации ОАО "Красноярская ТЭЦ-1".

5. Рекомендации по возможности использования результатов и выводов диссертации

Результаты диссертационной работы Михова Е.Д. могут быть использованы в системах технической диагностики, идентификации и моделирования в условиях неполной информации, в которых целесообразно применение непараметрических моделей для прогнозирования и управления процессами.

6. Замечания по диссертационной работе

По представленной диссертации Михова Е.Д. могут быть сделаны следующие замечания:

1. По структуре диссертации следует отметить существенную «неравноценность» глав. 2-я глава составляет более 50% от всего объема диссертации. Целесообразно было бы разбить её на 2 части, слегка подробнее для лучшего понимания результатов изложив вторую часть.

2. Не все обозначения, используемые в соотношении (2.2.2), расшифрованы в тексте. Аналогичное замечание касается соотношения (2.5.1).

3. Из текста не ясно, как при моделировании, например, для модели (2.5.1) задаётся шум $\xi = 5\%$ и как выдерживается 5% выбросов?

4. Здесь же. На рис.2.15 и 2.16 различный масштаб по оси ординат. Поэтому не понятно, «Как видно, что на рис. 2.16 модель исследуемого процесса получилась более точной...»

5. Было бы желательным более подробное описание проведенных вычислительных экспериментов с указанием особенностей, выделением проблем моделирования и их решением.

6. Все вычислительные эксперименты, связанные с моделированием процессов и управлением ими, опираются на разработанное автором программное обеспечение. В диссертации ничего не говорится ни о характеристиках программного обеспечения, ни о государственной регистрации его.

7. В диссертации и автореферате присутствует незначительное число опечаток, чаще всего, пропущенные или лишние запятые.

Сделанные замечания не снижают научной и практической ценности диссертации, носят в основном характер пожеланий и не влияют на общую положительную оценку результатов исследований.

7. Заключение о работе

Представленная диссертация является завершенной научно-квалификационной работой, содержит подходы к решению важной научной задачи, имеющей большую практическую значимость, и выполнена на высо-

ком научном уровне. Представленные в работе исследования обладают научной новизной и достоверностью, все полученные выводы научно обоснованы. Основные положения диссертационной работы достаточно полно освещены в научных публикациях автора. Автореферат соответствует содержанию диссертации.

Вышесказанное позволяет утверждать, что диссертационная работа Михова Евгения Дмитриевича соответствует требованиям п.7 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (космические и информационные технологии).

Отзыв заслушан, обсужден и одобрен на заседании кафедры теоретической и прикладной информатики НГТУ (протокол № 2 от 28 марта 2019 г.)

Г.н.с., профессор кафедры теоретической
и прикладной информатики,
научный руководитель
Центра статистических технологий,
д.т.н., профессор

Лемешко Борис Юрьевич

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», 630073, Новосибирск, пр-т К. Маркса, 20, тел. (383) 346–50–01, rector@nstu.ru, www.nstu.ru

Подпись профессора Б.Ю. Лемешко заверяю.

Начальник ОК НГТУ

Пустовалова Ольга Константиновна

