

УТВЕРЖДАЮ

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

Вострецов А.Г.

10 октября 2018 г.



ОТЗЫВ

ведущей организации – ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет» на диссертационную работу Чжан Екатерины Анатольевны «Непараметрические алгоритмы анализа данных, моделирования и управления для многомерных безынерционных систем 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)

Результаты диссертационной работы Чжан Екатерины Анатольевны были обсуждены ведущими специалистами кафедры теоретической и прикладной информатики и Центра статистических технологий НГТУ. По результатам обсуждения диссертационной работы Чжан Екатерины Анатольевны 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 разработке непараметрических алгоритмов для моделирования и управления многомерными безынерционными процессами с запаздыванием. 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, 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 качестве альтернативы автор предлагает модифицированные ал-

горитмы, опирающиеся на использование как параметрических, так и непараметрических оценок. Решаемые задачи по моделированию и управлению процессами такого рода на практике, как правило, связано с наличием выбросов и с пропусками наблюдений, что в свою очередь осложняет решение.

2. Научная новизна исследований и полученных результатов

Результаты, полученные в диссертационной работе, являются новыми, опубликованы в 25 работах автора, среди которых 5 статей в журналах из списка, рекомендованного ВАК, 4 работы в изданиях, индексируемых в международной базе SCOPUS, остальные работы в трудах российских и международных конференций. Получено 4 свидетельства о регистрации программ для ЭВМ.

Диссертация объемом 146 страниц включает введение, 5 глав основного содержания, заключение, список использованных источников из 159 наименований, приложение, включающее справку о применении результатов исследований.

В **первой главе** диссертации (18 стр.) рассматривается задача идентификации многомерных безынерционных процессов с запаздыванием, состоящая в построении модели исследуемого процесса с учетом имеющейся априорной информации, содержащейся в обучающей выборке. Рассматриваются различные уровни априорной информации о процессе, в зависимости от которых могут выбираться соответствующие методы решения задачи идентификации. Подчеркивается, что в условиях неполной информации целесообразно использовать непараметрические методы идентификации и управления, однако в этом случае на качестве результатов может существенно сказываться наличие выбросов и пропусков в исходных данных.

Приводятся сведения о часто встречающихся на практике процессах со стохастической зависимостью между компонентами вектора входных переменных, для описания которых могут использоваться «трубчатые» процессы.

Во **второй главе** диссертации (27 стр.) предлагается решение проблемы недостаточности информации в исходных данных, связанной с наличием «пустот» и разреженностей в области значений входных переменных, что отражается на качестве получаемых непараметрических оценок функции регрессии Надарая-Ватсона. Предлагается непараметрический алгоритм генерации дополнительных наблюдений с оценкой отклика по непараметрической функции регрессии Надарая-Ватсона, которые вместе с исходными образуют, так называемую «рабочую» выборку. Эту «рабочую» выборку далее используют в качестве обучающей при уточнении непараметрической оценки функции регрессии Надарая-Ватсона. Успешность этого подхода демонстрируется на ряде различных линейных и нелинейных объектах управления.

В **третьей главе** диссертации (33 стр.) рассматривается моделирование процессов со стохастической зависимостью компонент вектора входных переменных, в частности Н-модели многомерных статистических систем с запаздыванием. Предлагается дополнить общепринятые параметрические модели индикаторной функцией. По оценке индикатора можно определить принадлежность точки не только к «трубчатой» области по входным, но и по выходным переменным, то есть проверить, не является ли точка «выбросом». Для трубчатых процессов, проходящих в некотором объеме, для оценки объема многомерной труб-

ки предлагается использовать метод Монте-Карло. Приводятся численные исследования некоторых Н-процессов, результаты которых показывают эффективность разработанных моделей.

В **четвёртой главе** диссертации (22 стр.) рассматриваются непараметрические алгоритмы управления Н-процессами. Основное внимание уделено непараметрическому алгоритму дуального управления многомерными безынерционными процессами и компьютерному исследованию его свойств.

В **пятой главе** диссертации (16 стр.) рассматривается моделирование процесса кислородно-конвертерной плавки стали, демонстрируется применение непараметрического подхода, качество прогнозирования.

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

В **приложении** приводятся справки о практическом применении результатов исследований.

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 других исследователей, полученными при моделировании и управлении процессами.

4. Научная и практическая ценность основных положений диссертации

Научная новизна диссертации заключается в следующем:

- предложен непараметрический алгоритм генерации «рабочей» выборки на основе исходных наблюдений, позволяющий повысить качество прогнозирования с использованием непараметрических оценок при моделировании многомерных безынерционных дискретно-непрерывных процессов с запаздыванием;
- разработана модификация непараметрического алгоритма для моделирования многомерных процессов со стохастической зависимостью между входными переменными, отличающаяся использованием «рабочих» выборок наблюдений, позволяющая повысить качество прогнозирования выходных характеристик процесса;
- разработана модификация непараметрического алгоритма дуального управления многомерными безынерционными дискретно-непрерывными процессами с запаздыванием, отличающаяся способом формирования управляющих воздействий и поискового шага, позволяющая повысить эффективность управления.

Практическая ценность результатов диссертационной работы заключается:

- в предложенных и реализованных алгоритмах, предназначенных для получения «рабочих» выборок наблюдений, формируемых в случае наличия разреженностей и пустот в пространстве входных и выходных наблюдений и используемых далее в качестве обучающих при построении непараметрических оценок процессов;
- в предложенной модификации непараметрического алгоритма для моделирования многомерных процессов со стохастической зависимостью между входными переменными,
- в предложенной модификации непараметрического алгоритма дуального управления многомерными безынерционными дискретно-непрерывными процессами с запаздыванием.

5. Рекомендации по возможности использования результатов и выводов диссертации

Результаты диссертационной работы Чжан Е.А. 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 Чжан Е.А. могут быть сделаны следующие замечания:

1. На наш взгляд, крайне неудачен выбор термина «рабочая выборка».
2. При пополнении исходных данных (исходной выборки) для ликвидации «пустот» и «разреженностей» дополнительные наблюдения генерируются в соответствии с непараметрической оценкой модели, построенной по исходным данным. Очевидно, что «пустоты» и «разреженности» в исходных данных приводят к тому, что эта непараметрическая оценка (скажем так) оказывается менее адекватной истинной (неизвестной) модели системы. Следовательно, сгенерированные данные будут в меньшей степени соответствовать этой истинной модели. Чтобы снизить такой эффект, при построении параметрических моделей используют робастные оценки. Что делается или предполагается делать в непараметрической ситуации?
3. Во введении сказано, что препятствиями эффективного использования, в том числе непараметрических методов, являются пропуски в выборке наблюдений, выбросы и наличие областей разреженностей. Но о возможности выделения выбросов лишь кратко говорится в главе 3.
4. В диссертации и автореферате присутствует незначительное число опечаток.

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 высоком 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 Чжан Екатерины Анатольевны соответствует требованиям п.9 «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 программных систем и баз данных НГТУ (протокол № 9 от 15 октября 2018 г.)

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

Лемешко Борис Юрьевич

Профессор кафедры теоретической
и прикладной информатики,
д.т.н., доцент

Чимитова Екатерина Владимировна

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 д.т.н., профессора Б.Ю. Лемешко и
д.т.н., доцента Е.В. Чимитовой заверяю

Начальник ОК НГТУ



Пустовалова Ольга Константиновна