

**Отзыв официального оппонента на диссертацию Мезала Ясира Али Мезала
«Квазилинейный анализ дискретных моделей нелинейной динамики
(временных рядов)», представленной на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук**

Диссертационная работа М. Я. Али Мезала посвящена методам идентификации моделей и прогнозирования процессов и явлений, представленных в виде временных рядов. Для прогнозирования развития экономических процессов требуется преобладание детерминизма над стохастичностью. В основу детерминированного анализа временных рядов положена идентификация разностных уравнений, описывающих динамику процесса. Проблема идентификации таких процессов сведена к нахождению псевдорешения переопределенной системы линейных алгебраических уравнений. Классические схемы решения подобных задач на основе метода наименьших квадратов и его вариаций оказываются неэффективными. Предложенные в диссертационной работе численные методы и разработанный комплекс программ могут оказаться эффективным инструментом решения рассматриваемых задач.

Представленные разработки были апробированы в процессе расчета параметров моделей. Отдельные положения диссертации опубликованы в журналах, рекомендуемых ВАК для защиты докторских и кандидатских диссертаций, а также были представлены на всероссийских и международных конференциях.

Научная новизна исследований и основных результатов

К новым научным результатам, являющимся заслугой автора диссертации, можно отнести:

- 1) в области системного анализа, управления и обработки информации:
 - а) разработан на основе идентификации разностного квазилинейного уравнения по наблюдаемым отсчетам (т.е. по временному ряду) метод детерминированного квазилинейного анализа моделей нелинейной динамики для решения проблем обработки информации, идентификации и прогнозирования развивающихся процессов, представленных временными рядами;
- 2) в области математического моделирования:
 - б) разработанный метод квазилинейного детерминированного анализа применен для исследования моделей делового цикла, моделей процессов трансфера инноваций и результатов ретро-прогноза развития индекса фондового рынка Ирака,
 - с) исследованы отношения обобщенного метода наименьших модулей (ОМНМ) и взвешенного метода наименьших модулей (ВМНМ), выявлена связь, которая объясняет решение задачи определения ОМНМ-оценок с помощью итеративной процедуры с ВМНМ-оценками;

- 3) в области численных методов:
- d) разработан алгоритм численного метода квазилинейного анализа и нахождения ВМНМ-оценок с вычислительной сложностью не превосходящей $O(m^2n^2)$, в котором n – количество коэффициентов в исследуемом уравнении, m – количество наблюдаемых значений;
 - e) разработан итеративный алгоритм нахождения ОМНМ-оценок.
- 4) в области комплексов программ:
- f) разработан комплекс компьютерных программ для имитационного моделирования и квазилинейного анализа временных рядов. Комплекс апробирован на модели трансфера инноваций, моделях делового цикла и ретро-прогнозе развития индекса фондового рынка Ирака, проведены вычислительные эксперименты.

Степень обоснованности и достоверности основных положений и выводов

Степень обоснованности изложенных в диссертационной работе результатов обеспечивается строгими математическими обоснованиями утверждений, приведенных в диссертации.

Достоверность научных положений подтверждается строгой постановкой задач, корректными математическими обоснованиями формулируемых утверждений, а также результатами проведенных вычислительных экспериментов. Методы исследования основаны на современных методах математического моделирования, методах оптимизации и исследования операций, а численные алгоритмы решения задач являются конечными и реализуются с помощью вычислений с гарантированной точностью.

Значимость для науки и практики выводов и рекомендаций диссертанта

Теоретическая значимость результатов обусловлена решением актуальных задач прогнозирования развивающихся процессов и идентификации систем с применением современного математического аппарата.

Практическая значимость заключается в том, что разработанные алгоритмы численных методов реализованы в виде комплекса программ для имитационного моделирования и квазилинейного анализа временных рядов. Описанные в диссертационном исследовании результаты могут применяться для расчета перспектив явлений из разных сфер жизни человека: в социальной сфере, экономической и природной.

Результаты работы могут найти применение в теоретических и практических изысканиях университетов и научно-исследовательских организаций, таких как: Челябинский ГУ, Южно-Уральский ГУ, Омский ГУ, Томский ГУ, Новосибирский ГУ, Башкирский ГУ, Институт математики им. С.Л. Соболева СО РАН, Институт

вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, Институт математики и механики УРО РАН и других учреждениях.

Содержание диссертации

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и библиографии. Общий объем диссертации составляет 134 страницы, из них 114 страниц основного текста, 11 страниц библиографии, включающей 80 наименований, и 9 страниц приложений, включающие свидетельство о регистрации программы и листинги с текстом программ.

В **первой главе** дан обзор состояния проблемы прогнозирования, состоящей в исследовании временных рядов. Обзор основан на работах российских и зарубежных авторов. Отмечены достоинства, недостатки, границы применения известных подходов. В качестве направления исследования выбран квазилинейный детерминированный анализ, заключающийся в идентификации разностных уравнений, описывающих динамический процесс. Рассмотрены логистическая модель оценивания воздействия разнообразных факторов рыночной среды на процессы перемещения (трансфера) и овладения инновационными (а также информационными) технологиями, модели делового цикла (линейная модель Самуэльсона и модель Пуу с кубической нелинейностью), модели анализа фондового рынка на примере иракской фондовой биржи. Идентификация подобных процессов требует нахождения коэффициентов разностного уравнения по отсчетам временного ряда, что представляет сложную вычислительную задачу.

Во **второй главе** изложены предложенные численные методы решения проблемы идентификации квазилинейного уравнения авторегрессии.

Наличие ошибок в измеренных значениях эндогенных переменных ведет к их присутствию в значениях мононов в уравнении авторегрессии. При этом данные ошибки будут взаимно коррелированы, и иметь распределения вероятностей, отличающиеся от нормального распределения. Это делает неэффективными классические схемы решения на основе метода наименьших квадратов (МНК) и его вариаций. Поиск оценок коэффициентов уравнения авторегрессии серьезно затрудняет плохая обусловленность систем уравнений, представляющих требуемые параметры по минимуму суммы квадратов отклонений, причем оценки перестают быть состоятельными.

В диссертации развивается техника применения метода наименьших модулей (МНМ) и его вариаций: VMНМ и OMНМ. Данные методы являются робастными к наличию корреляции в коэффициентах системы уравнений, и (при подходящей настройке) наилучшими для распределений вероятностей ошибок с более тяжёлыми (чем нормальное распределение) хвостами.

Наиболее значимым математическим результатом работы является предложенный соискателем Алгоритм OMНМ-оценивание, представляющий

итерационную процедуру с ВМНМ-оценками. Приведено доказательство результативности этого алгоритма.

В **третьей главе** дано описание зарегистрированного комплекса компьютерных программ для моделирования и квазилинейного анализа временных рядов.

В **четвертой главе** дано описание проведённых вычислительных экспериментов с моделью процессов трансфера инноваций, моделями делового цикла и с результатами ретро-прогноза развития индекса фондового рынка Ирака.

В **заключении** приведены результаты исследования, даны рекомендации по их применению, намечены перспективы дальнейших исследований.

Материалы диссертации опубликованы в 11 печатных работах, из них три статьи – в журналах из перечня ВАК по группе специальностей 05.13.18 и 05.13.01, одна статья – в журнале из перечня ВАК по специальности 08.00.13, одна статья – в рецензируемых изданиях из наукометрических баз Scopus и Web of Science, одна зарегистрированная компьютерная программа, пять статей – в сборниках трудов конференций.

Замечания

1. В работе имеются стилистические и орфографические погрешности.
2. В разделе «1.2. Логистическая модель» изложено описание линейной модели Самуэльсона (1.3)-(1.6), которую принято относить к моделям делового цикла. К логистическим моделям относятся лишь нелинейное дифференциальное уравнение (1.7) и разностное уравнение (1.10).
3. В разработанном комплексе программ S4TSQA используется свободно распространяемый пакет GLPK, хотя эффективность можно повысить за счет разработки собственного алгоритма, учитывающего специфику полученной задачи линейного программирования.

Заключение


Указанные выше замечания в основном являются редакционными и рекомендательными, поэтому не снижают научной и практической ценности исследования. Диссертация Мезала Ясира Али Мезала является законченной научно-квалификационной работой, соответствует следующим пунктам: (п. 1) разработка новых математических методов моделирования объектов и явлений; (п. 3) разработка, обоснование и тестирование эффективных вычислительных методов с применением современных компьютерных технологий; (п. 4) реализация эффективных численных методов и алгоритмов в виде комплексов проблемно-ориентированных программ для проведения вычислительных экспериментов, — паспорта специальности 05.13.18 — Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ; а также (п. 4) разработка методов и алгоритмов решения задач системного анализа,

оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации, — паспорта специальности 05.13.01 — Системный анализ, управление и обработка информации (информатика, информационно-вычислительное обеспечение).

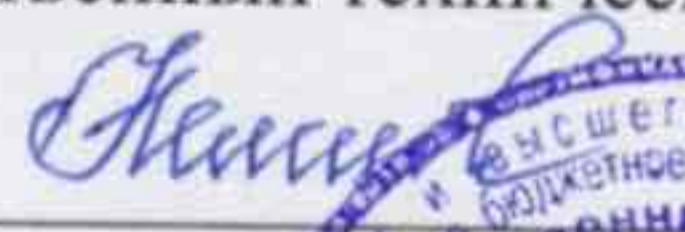
Автореферат полностью отражает содержание работы, оформление которой соответствует требованиям ВАК России, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Учитывая вышеизложенное, считаю, что диссертационная работа «Квазилинейный анализ дискретных моделей нелинейной динамики (временных рядов)» удовлетворяет всем требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, а ее автор — Мезал Ясир Али Мезал заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук.

Доктор физико-математических наук,
профессор Зыкина Анна Владимировна,
заведующий кафедрой «Прикладная математика и фундаментальная информатика», ФГБОУ ВО «Омский государственный технический университет»

Адрес места работы: 644050,
Российская Федерация, г. Омск, пр-т Мира, д. 11
тел.: (3812) 65-34-07; факс.: (3812) 65-26-98
Адрес эл. почты: avzykina@mail.ru


01.06.2021

Подпись Зыкиной А.В. заверяю:
Ученый секретарь ученого совета
ФГБОУ ВО «Омский государственный технический университет»

 Ф. Немцова

