

инновации к текущему моменту при заданной экзогенной функции. Параметры модели, подлежащие определению, отражают суммарное число потенциальных потребителей инновационного продукта на рынке, степень внешних (влияние СМИ, рекламы, публикаций) и внутренних воздействий (непосредственное общение людей) на скорость адаптации.

Другим примером является модель Самуэльсона, принимающая во внимание правительственные расходы, склонность к потреблению и коэффициент акселерации. Третьим примером является модель Пуу, использующая склонность к потреблению и аналог коэффициента акселерации, которая была изучена в работах Т. Пуу, Л. Гардини и И. Сушко, где вместо зависимости объема инвестиций от изменений дохода с «полом» и «потолком» применяется кубическая зависимость.

Наконец, исследуемые системы могут не иметь априори заданного уравнения. В работе рассмотрен пример такой задачи: проблема прогнозирования индекса фондового рынка по заданному временному ряду индекса фондового рынка. Индекс является мерой стоимости группы предприятий фондового рынка и рассчитывается по ценам выбранных акций (как правило, средневзвешенное значение). Это средство используется инвесторами и финансовыми менеджерами для описания рынка и для сравнения отдачи от конкретных инвестиций. Прогнозирование фондового индекса является важной задачей экономики и принятия инвестиционных решений. Многие исследователи для прогнозирования фондового индекса применяют различные статистические модели и методы анализа данных. Здесь уместно уточнить, что фондовый рынок представляет собой хаотическую систему, поскольку на цены влияют многие непредсказуемые факторы, и есть основания полагать, что модель фондовых рынков является нелинейной. Квазилинейные методы дают способы описания нелинейных систем для анализа временных рядов и являются хорошим способом увеличить горизонт прогнозирования по сравнению с используемыми линейными моделями.

В связи с изложенным считаем, что исследования, представленные в диссертации, являются актуальными.

Общая характеристика работы

В первой главе дан обзор состояния проблемы прогнозирования, состоящей в исследовании временных рядов. Отмечены достоинства, недостатки, границы применения известных подходов. В качестве направления исследования впервые выбран квазилинейный детерминированный анализ, заключающийся в идентификации разностных уравнений, которые построены на основании разностных схем по дифференциальным уравнениям, описывающим динамичный процесс. Идентификация подобных процессов

зачастую затруднена нахождением коэффициентов полинома по рассматриваемым значениям временного ряда. В качестве примеров рассмотрены следующие модели: логистическая модель, модель Пуу и модель анализа фондового рынка на примере иракской фондовой биржи. Это модели оценивания воздействия разнообразных факторов среды рынка на процессы перемещения (трансфера) и овладения инновационными (а также информационными) технологиями.

Во второй главе предложены численные методы решения проблемы идентификации квазилинейного уравнения авторегрессии. Отмечается, что неэффективность классических схем решения на основе метода наименьших квадратов и его вариаций обусловлена ошибками в измеренных значениях эндогенных переменных, перенесением этих ошибок в значения монов в уравнении авторегрессии, а также такими свойствами ошибок, как взаимная корреляция и распределение вероятностей, отличающиеся от нормального распределения. Поскольку поиск оценок коэффициентов уравнения авторегрессии серьезно затрудняет плохая обусловленность систем уравнений, представляющих требуемые параметры по минимуму суммы квадратов отклонений, причем оценки перестают быть состоятельными, то в работе предлагается использовать метод наименьших модулей (МНМ) и различные реализации данного метода: взвешенное МНМ (ВМНМ) и обобщенное МНМ (ОМНМ). 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. Предложен Алгоритм ОМНМ-оценивание, представляющий итерационную процедуру с ВМНМ-оценками, и доказана его корректность.

В третьей главе дано описание 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.

Библиографический список включает 80 наименований.

Научная новизна

В области системного анализа, управления и обработки информации разработан на основе идентификации разностного квазилинейного уравнения по наблюдаемым отсчетам (т.е. по временному ряду) метод квазилинейного детерминированного анализа моделей нелинейной динамики для решения проблем обработки информации,

идентификации и прогнозирования развивающихся процессов, представленных временными рядами.

В области математического моделирования

1) разработан метод математического моделирования временных рядов на основе общей разностной схемы для дифференциальных уравнений, описывающих динамику процесса,

2) разработанный метод квазилинейного детерминированного анализа применен для исследования моделей делового цикла, моделей процессов трансфера инноваций и результатов ретро-прогноза развития индекса фондового рынка Ирака,

3) исследованы отношения ОМНМ- и ВМНМ-моделей, выявлена связь, которая объясняет решение для задачи определения ОМНМ-оценок с помощью итеративной процедуры с ВМНМ-оценками.

В области численных методов

1) 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 (приведенная характеристика вычислительной сложности ВМНМ представляется самой объективной из тех, что уже существуют в науке),

2) разработан итеративный алгоритм нахождения ОМНМ-оценок.

В области комплексов программ

1) разработан комплекс компьютерных программ S4TSQA 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,

2) проведены вычислительные эксперименты.

Степень обоснованности научных результатов и корректность выводов

Достоверность научных результатов и выводов исследования определяется корректным использованием современных математических методов, подтверждена доказательствами в соответствии с современным уровнем математической строгости, согласованностью результатов вычислительных экспериментов с модельными примерами, а также тестированием разработанного программного комплекса на различных математических моделях. Результаты и выводы не противоречат ранее полученным результатам других авторов.

Полученные результаты своевременно опубликованы, апробированы на всероссийских и международных конференциях.

Диссертация Мезала Ясира Али Мезала имеет стройную, логически законченную структуру, автореферат соответствует содержанию диссертации. По теме диссертации соискателем опубликовано 15 научных работ, среди них 3 статьи опубликованы в рецензируемых журналах из Перечня ведущих российских рецензируемых научных журналов и изданий, рекомендованных ВАК Минобрнауки России, в том числе, 2 статьи – в рецензируемых изданиях, индексируемом наукометрическими базами Scopus и/или Web of Science; получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ; 11 статей – в других изданиях РИНЦ, в том числе, 2 статьи – в трудах конференций Scopus.

Значимость для науки и практики выводов и рекомендаций диссертации

Теоретическая значимость результатов обусловлена решением актуальных задач прогнозирования развивающихся процессов и идентификации систем с применением современного математического аппарата. Приобретение уточнённых данных в характеристике анализируемых процессов обусловлено учетом нелинейности в рассматриваемых дискретных моделях, что может помочь создать общую картину без очевидных расхождений с действительной ситуацией или жёстких ограничений по области использования, как это обычно свойственно линейным моделям.

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

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Результаты работы могут использовать в теоретических и практических изысканиях: ФГБОУ ВО «Башкирский государственный университет», ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет», ФГБОУ ВО «Челябинский государственный университет», ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)», ФГБОУ ВО «Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского», ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский государственный университет», ФГАОУ ВО «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет», ФГБОУ науки Институт математики им. С. Л. Соболева СО РАН, ФГБОУ науки Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, ФГБОУ науки Институт математики и механики им. Н. Н. Красовского УрО РАН и другие учреждения.

Характеристика языка и стиля диссертации

Диссертация написана на профессиональном языке, принимаемые допущения в достаточной мере обоснованы, а логические рассуждения не противоречат правилам формальной логики.

Замечания по диссертации

Положительно характеризуя диссертацию Мезала Ясира Али Мезала, можно сделать ряд замечаний.

1. В формулировке теоремы 4 на с.71 на функцию ρ накладывается условие $\rho(0) = M < \infty$, и утверждается, что в этом случае последовательность сходится к глобальному экстремуму задачи (2.29) на с. 66. Но в задаче (2.29) на функцию ρ накладывается условие $\rho(0) = 0$. Какое все-таки условие следует накладывать на значение $\rho(0)$?

2. Следовало бы более подробно описать специфику и возможные преимущества дискретных моделей.

3. Отсутствует сравнение алгоритма нахождения ОМНМ-оценок с другими методами решения рассматриваемых автором задач.

4. В изложении принципа акселератора (1.11) есть недоговоренности: не описана величина β .

5. В тексте работы встречаются стилистические погрешности и орфографические ошибки.

5.1. Имеет место путаница в названии модели. Например, на с.92, в названии раздела 4.3 читаем: «моделью Пуу», а в следующей строчке — «модели Т. Пу».

5.2. На с. 61 несколько раз повторяется запись вида « $i = i = 1, 2, \dots, m$ ». Имеет ли фрагмент « $i = i =$ » содержательный смысл или является опечаткой?

5.3. На с.90 в первой строчке после двух таблиц читаем: «таблицах 4.1 и (4.6)». Речь о таблицах 4.1 и 4.6 или о таблице 4.1 и формуле (4.6)?

Однако приведенные замечания не уменьшают значимости представленных научных результатов и не влияют на общую положительную оценку диссертации.

Заключение

Диссертационная работа Мезала Ясира Али Мезала «Квазилинейный анализ дискретных моделей нелинейной динамики (временных рядов)» представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой содержится решение научной задачи, имеющей значение в области математического моделирования, численных методов и комплексов программ, системного анализа, управления и обработки информации. Полученные результаты соответствуют научным специальностям 05.13.18 —

Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (информатика, информационно-вычислительное обеспечение). Результаты диссертации являются новыми, строго обоснованными и получены автором самостоятельно. Автореферат и публикации достаточно полно отражают содержание диссертации.

Диссертационная работа соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, в соответствии с пп. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утверждённого Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. №842, поскольку является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи анализа дискретных моделей нелинейной динамики, а ее автор, **Мезал Ясир Али Мезал**, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальностям 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (информатика, информационно-вычислительное обеспечение).

Диссертация и отзыв обсуждены и одобрены на заседании кафедры теории управления и оптимизации ФГБОУ ВО «Челябинский государственный университет» (протокол № 15 от 13 мая 2021 г.). Отзыв составлен доктором физико-математических наук, профессором Ухоботовым Виктором Ивановичем и кандидатом физико-математических наук, доцентом Никитиной Светланой Анатольевной.

Заведующий кафедрой теории
управления и оптимизации, доктор
физико-математических наук, профессор



Ухоботов В.И.

Ученый секретарь, кандидат
физико-математических наук, доцент

Никитина С.А.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет»
Адрес 454011, Челябинск, ул. Братьев Кашириных, 129
Телефон, факс (351) 799-71-01
e-mail odou@csu.ru
Сайт www.csu.ru
Кафедра теории управления и оптимизации
Тел. (351) 799-72-28
e-mail ukh@csu.ru



Подпись *Ухоботов В.И.*
удостоверяю *С.А. Никитина*
специалист по наукам