

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу Лысяка Александра Сергеевича «Разработка и исследование теоретико-информационных методов прогнозирования», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

Актуальность темы исследований

Представленная работа посвящена исследованию теоретико-информационных методов прогнозирования временных рядов, описывающих прикладные процессы и реальные явления.

В настоящее время задача прогнозирования является актуальной при решении широкого спектра проблем в науке, экономике и технике. К их числу можно отнести проблемы в таких прикладных областях исследований, как, например, анализ социальных и геофизических событий, предсказание природных явлений, экономических событий. Кроме того, задача прогнозирования возникает при создании систем автоматического управления и систем поддержки принятия решений.

Методы прогнозирования служат для моделирования (исследования системных связей и закономерностей функционирования и развития) объектов и процессов с использованием современных методов обработки информации и являются важным средством в анализе сложных прикладных систем, моделировании их работы, работе с информацией, целенаправленном воздействии человека на объекты исследования с целью повышения эффективности их функционирования.

Особое внимание уделяется проблеме прогнозирования временных рядов, т. е. функции, определённой на оси времени, так как этот класс задач широко связан со многими проблемами экономики, геофизики и других практических областей. Эти методы играют ключевую роль в повышении эффективности, надежности и качества технических, экономических, биологических, медицинских и социальных систем.

Несмотря на разнообразие существующих методов прогнозирования, многие проблемы и задачи ещё далеки от своего разрешения. Количество публикаций, связанных с методами прогнозирования прикладных процессов, постоянно растёт, что подтверждает важность выбранной области исследований.

В данной диссертационной работе исследуются и развиваются методы прогнозирования, основанные на теоретико-информационном подходе, а также на методах интеллектуального анализа данных (data mining). Несомненно, данную задачу и предлагаемый подход следует считать актуальным.

Содержание и область исследований диссертации соответствует паспорту специальности 05.13.18.

Содержание работы и научная новизна исследований и полученных результатов

Диссертационная работа Лысяка А.С. изложена на 144 страницах текста и состоит из введения, 5 глав, заключения, списка литературы и одного приложения.

Во **введении** даётся справка об актуальности выбранной темы диссертационной работы, сформулирована цель исследования и поставлены решаемые в ходе исследования задачи. Приведены научные положения и выводы, выносимые на защиту. Обосновывается научная новизна, практическая значимость и достоверность результатов проведённых исследований.

В **главе 1** описываются теоретические основы прогнозирования. В частности, описана общая постановка задачи прогнозирования, а также существующие базовые подходы к решению проблемы прогнозирования. Кроме того, в данной главе приводится обзор существующих методов прогнозирования с указанием для каждого из них актуальных проблем, решение которых предлагается в данной диссертационной работе.

В **главе 2** подробно описан теоретико-информационный метод прогнозирования, базирующийся на универсальной мере и универсальном кодировании. Показано, что универсальная мера может быть использована для оценки вероятностей последовательностей, генерируемых любыми стационарными и эргодическими источниками. Также, в данной главе автором предложена схема прогнозирования с использованием универсальной меры, корректно применимая для прогнозирования источников, порождающих значения из непрерывного интервала, что представляет высокую практическую значимость и соответствует реальным временным рядам.

Далее, в главе 2 автором описывается подход на основе адаптивной универсальной меры, который повышает эффективность прогнозирования сложных нестационарных временных рядов.

В завершении данной главы автор описывает особенности оптимальной реализации предложенного алгоритма прогнозирования на суперкомпьютере, а также проводит оценки вычислительной сложности полученного подхода. Показано, что трудоёмкость рассматриваемого метода является квадратичной относительно длины прогнозируемого ряда, что является достаточно хорошим результатом и позволяет говорить о высокой вычислительной эффективности предложенного подхода.

В **главе 3** автором разработан и предложен ряд методов прогнозирования временных рядов, основанных на решающих деревьях, которые известны своей высокой эффективностью при решении задач интеллектуального анализа данных, таких как задачи кластеризации и таксономии. При этом автором выявлен и решён ряд проблем, присущих классическим алгоритмам анализа данных, а также показана высокая вычислительная эффективность предложенных методов.

В **главе 4** описан ряд универсальных модификаций методов прогнозирования, которые могут применяться к произвольным алгоритмам прогнозирования. Данные модификации позволяют улучшить используемые методы прогнозирования в части точности получаемых прогнозов, а также вычислительной сложности. В частности, автором были разработаны и

исследованы экспериментально следующие универсальные модификации: метод усреднения; метод группировки алфавита; склейка методов; моделирование поведения сложных систем; многомерное прогнозирование. Все предложенные модификации исследовались экспериментально и показали свою высокую эффективность. Особо стоит выделить предложенный автором метод многомерного прогнозирования, который позволяет при построении прогноза какого-либо процесса классическим алгоритмом прогнозирования учитывать не только информацию о предыстории одного рассматриваемого процесса, но и множество других временных рядов, коррелирующих с данным, что в большинстве случаев позволяет существенно улучшить качество получаемых прогнозов.

В главе 5 приведены экспериментальные результаты всех предложенных методов и их модификаций на примере прогнозирования реальных экономических и социальных процессов. Среди приведённых результатов имеются сравнения предложенных автором и существующих ранее методов прогнозирования. При этом авторские методы в большинстве случаев показывают более высокую точность прогнозов реальных прикладных процессов.

Далее в главе 5 описано приложение рассмотренных методов прогнозирования в задачах проверки надёжности блочных шифров и генераторов случайных и псевдослучайных чисел, для чего автором предложена и исследована экспериментально градиентная статистическая атака на блочные шифры, основанная на исследованных в работе методах прогнозирования.

В заключении формулируются основные выводы и результаты, полученные в диссертационной работе.

Результаты, полученные Лысяком А.С., являются научно-значимыми, новыми и достаточно полно отражены в 10 печатных работах автора, среди которых 4 статьи в журналах из списка, рекомендованного ВАК, и 1 монография. Результаты работы представлены также на международных и всероссийских конференциях.

Автореферат диссертации соответствует её содержанию.

Обоснованность и достоверность полученных результатов

Достоверность и обоснованность результатов диссертационного исследования Лысяка А.С. основывается на использовании при разработке алгоритмов строгих математических методов теории информации, а также интеллектуального анализа данных. Достоверность полученных результатов также подтверждается близостью получаемых прогнозов с временными рядами реальными значениями (высокой точностью), а также сравнением полученных численных результатов с результатами, полученными для одних и тех же задач с помощью других известных методов.

Научная и практическая значимость основных положений диссертации

Научная и практическая значимость диссертации заключается в следующем:

- Предложена и исследована экспериментально модификация, применимая к произвольным методам прогнозирования (метод группировки алфавита), позволяющая существенно сократить трудоёмкость работы произвольного метода прогнозирования и во многих случаях повысить его точность.
- Разработаны и развиты два новых метода прогнозирования, базирующиеся на решающих деревьях.
- Предложен и исследован экспериментально ряд универсальных модификаций методов прогнозирования, существенно повышающий точность произвольных математических методов прогнозирования. Среди предложенных модификаций особо стоит отметить метод многомерного прогнозирования, показавший свою уникальную эффективность.
- Предложено и исследовано экспериментально приложение методов прогнозирования временных рядов к задачам криптоанализа современных блочных шифров, показавшее большую по сравнению с ранее известными атаками эффективность.

Практическая значимость работы подтверждается успешным применением разработанных методов и алгоритмов для решения задачи прогнозирования реальных экономических и социальных временных рядов, более высокой в сравнении с существующими исследованиями точностью получаемых прогнозов, а также успешной реализацией атаки на современные блочные шифры.

Рекомендации по возможности использования результатов и выводов диссертации

Результаты диссертационной работы Лысяка А.С. могут быть использованы при прогнозировании реальных экономических, социальных, природных и технических процессов, при моделировании поведения сложных природных и технических систем, а также для проверки надёжности блочных шифров и генераторов псевдослучайных чисел.

Замечания по диссертационной работе

По представленной диссертации Лысяка А.С. могут быть сделаны следующие замечания:

1. В работе отсутствует описание того, каким образом следует подбирать коррелирующие процессы, и не может ли низкий коэффициент корреляции сделать точность, полученную с применением данного подхода, ниже, чем при классическом одномерном прогнозировании с использованием аналогичного алгоритма.
2. Напрашивается необходимость проведения экспериментальных исследований разработанных методов на примере прогнозирования природных процессов, которые зачастую обладают свойствами стационарности и эргодичности и теоретически наиболее пригодны для прогнозирования разработанными методами.
3. В тексте работы присутствуют некоторые стилистические недоработки.

Сделанные замечания не снижают научной и практической ценности диссертации, носят, в основном, характер пожеланий и не влияют на общую положительную оценку результатов диссертационной работы Лысяка А.С..

Заключение о работе

Представленная диссертация является завершённым научным исследованием, содержащим подходы к решению важной научно-практической задачи, и выполнено на высоком научном уровне. Представленные в работе результаты обладают научной новизной, достоверностью и достаточно полно отражены в печатных публикациях автора и автореферате. Учитывая данные моменты, а также актуальность тематики, научную новизну и практическое значение полученных результатов, считаю, что диссертация Лысяка А.С. «Разработка и исследование теоретико-информационных методов прогнозирования» удовлетворяет всем требованиям ВАК РФ, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата технических наук, а её автор Александр Сергеевич Лысяк заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

доктор физико-математических наук, профессор
кафедры теории вероятностей
ФГБОУ ВО «Московского государственного
университета им. М.В. Ломоносова»

А.Г. Дьячков

Подпись Дьячкова Аркадия Георгиевича заверяю:
и.о. декана Механико-математического факультета
Московского государственного университета
им. М.В.Ломоносова
доктор физико-математических наук, профессор

В.Н. Чубариков
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ М.В. ЛОМОНОСОВА

119991, г. Москва, ул. Ленинские горы, 1
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования «Московский государственный
университет им. М.В. Ломоносова»

Рабочий телефон – 8 (495) 939-10-00
Электронная почта – agd-msu@yandex.ru

10 октября 2015 года