

## СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ ДИССЕРТАЦИИ

Диссертационный совет Д 212.267.12, созданный на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», извещает о результатах состоявшейся 02 октября 2019 года публичной защиты диссертации Догадовой Татьяны Валерьевны на тему «Прогнозирование и идентификация динамических систем методами усеченного оценивания» по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (в отраслях информатики, вычислительной техники и автоматизации) на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук.

Присутствовали 16 из 21 члена диссертационного совета, из них 7 докторов наук по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (в отраслях информатики, вычислительной техники и автоматизации) (физико-математические науки) (*позже профессор А. Ю. Матророва по личным обстоятельствам ушла с заседания диссертационного совета и не принимала участие в голосовании*):

1. Горцев А. М., доктор технических наук, профессор,  
председатель диссертационного совета, 05.13.01 (техн. науки);
2. Назаров А. А., доктор технических наук, профессор,  
заместитель председателя диссертационного совета, 05.13.01 (техн. науки);
3. Тарасенко П. Ф., кандидат физико-математических наук, доцент,  
ученый секретарь диссертационного совета, 05.13.01 (физ.-мат. науки);
4. Васильев В. А., доктор физико-математических наук, профессор,  
05.13.01 (физ.-мат. науки);
5. Дмитренко А. Г., доктор физико-математических наук, профессор,  
05.13.01 (физ.-мат. науки);
6. Дмитриев Ю. Г., доктор физико-математических наук, доцент,  
05.13.01 (физ.-мат. науки);
7. Домбровский В. В., доктор технических наук, профессор,  
05.13.01 (техн. науки);

8. Китаева А. В., доктор физико-математических наук, 05.13.01 (физ.-мат. науки);
9. Кошкин Г. М., доктор физико-математических наук, профессор,  
05.13.01 (физ.-мат. науки);
10. Лившиц К. И., доктор технических наук, профессор, 05.13.01 (техн. науки);
11. Матросова А. Ю., доктор технических наук, профессор,  
05.13.01 (техн. науки);
12. Моисеева С. П., доктор физико-математических наук, профессор,  
05.13.01 (физ.-мат. науки);
13. Смагин В. И., доктор технических наук, профессор, 05.13.01 (техн. науки);
14. Спицын В. Г., доктор технических наук, профессор, 05.13.01 (техн. науки);
15. Удод В. А., доктор технических наук, профессор, 05.13.01 (техн. науки);
16. Шумилов Б. М., доктор физико-математических наук, профессор,  
05.13.01 (физ.-мат. науки).

**Заседание провел председатель диссертационного совета доктор технических наук, профессор Горцев Александр Михайлович.**

По результатам защиты диссертации тайным голосованием (результаты голосования: за присуждение ученой степени – 15, против – нет, недействительных бюллетеней – нет) диссертационный совет принял решение присудить Т. В. Догадовой ученую степень кандидата физико-математических наук.

**Заключение диссертационного совета Д 212.267.12,  
созданного на базе федерального государственного автономного  
образовательного учреждения высшего образования  
«Национальный исследовательский Томский государственный университет»  
Министерства науки и высшего образования Российской Федерации,  
по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук**

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 02.10.2019 № 216

О присуждении **Догадовой Татьяне Валерьевне**, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Прогнозирование и идентификация динамических систем методами усеченного оценивания» по специальности **05.13.01** – Системный анализ, управление и обработка информации (в отраслях информатики, вычислительной техники и автоматизации) принята к защите 24.06.2019 (протокол заседания № 215) диссертационным советом Д 212.267.12, созданным на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (634050, г. Томск, пр. Ленина, 36, приказ о создании диссертационного совета №105/нк от 11.04.2012).

Соискатель **Догадова Татьяна Валерьевна**, 1993 года рождения.

В 2015 году соискатель окончила федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет».

В 2019 году соискатель очно окончила аспирантуру федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет».

Работает в должности младшего научного сотрудника международной лаборатории статистики случайных процессов и количественного финансового анализа в федеральном государственном автономном образовательном учреждении

высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре системного анализа и математического моделирования Института прикладной математики и компьютерного наук и в международной лаборатории статистики случайных процессов и количественного финансового анализа научного управления.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, **Васильев Вячеслав Артурович**, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», кафедра системного анализа и математического моделирования, профессор; по совместительству – международная лаборатория статистики случайных процессов и количественного финансового анализа, ведущий научный сотрудник.

Официальные оппоненты:

**Миллер Борис Михайлович**, доктор физико-математических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича Российской академии наук, лаборатория № 2 «Методов анализа и цифровой обработки изображений», главный научный сотрудник

**Ковалевский Артем Павлович**, кандидат физико-математических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», кафедра высшей математики, доцент

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «**Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники**», г. Томск, в своем положительном отзыве, подписанном **Боровским Игорем Георгиевичем** (доктор физико-математических наук, кафедра экономической математики, информатики и статистики, заведующий кафедрой) и **Шельминой Еленой Александровной**

(кандидат физико-математических наук, кафедра экономической математики, информатики и статистики, доцент) указала, что актуальность построения и исследования свойств адаптивных прогнозов динамических систем в реальном времени объясняется необходимостью развития теории адаптивного оптимального прогнозирования и применения ее при построении математических моделей стохастических динамических систем с дискретным и непрерывным временем, а также решения других статистических задач по неполной информации. В более ранних работах по проблеме адаптивного прогнозирования в основном изучались асимптотические свойства прогнозов, полученных с помощью классических асимптотических методов и метода последовательного анализа оценивания неизвестных параметров системы. В диссертации Т. В. Догадовой развивается метод усеченного оценивания параметров и функционалов типа отношений, позволяющий получить оценки с гарантированным качеством при фиксированном объеме наблюдений. Т. В. Догадовой развиты методы усеченного последовательного и усеченного оценивания параметров процессов с дискретным (линейных и нелинейных) и непрерывным временем; изучены неасимптотические свойства построенных оценок; впервые при решении задачи прогнозирования в моделях стохастических динамических систем с непрерывным временем использовались оценки матричных параметров моделей по методу усеченного оценивания, имеющие гарантированную точность на выборках фиксированного объема и обладающие свойством сильной состоятельности с оптимальной параметрической скоростью сходимости, что позволило построить и изучить свойства прогнозов для многомерных устойчивых диффузионных процессов, а также процессов с шумами типа Леви (предполагающими наличие скачков) и процессов, удовлетворяющих дифференциальным уравнениям с запаздыванием по времени. Результаты исследования имеют значение для развития таких отраслей знаний, как прикладная математика, экономика, физика, социология, биология, медицина. Построенные процедуры прогнозирования могут применяться в прикладных задачах, в которых в качестве математических моделей используются стохастические динамические системы в условиях, когда

увеличение числа наблюдений состояний системы невозможно или затратно, в том числе в таких отраслях, как экономика, генетика, биомедицина, финансовая математика, социология и другие. Теоретические результаты используются и могут использоваться в курсах лекций математических и экономических факультетов вузов. Результаты диссертации, а также применяемые новые методы к решению задач могут быть использованы в работах научных коллективов Национального исследовательского Томского государственного университета, Калифорнийского университета (Сан Диего, США), Берлинского университета имени А. Гумбольдта (Германия), Университета Руана (Франция) и других.

Соискатель имеет 17 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 17 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 3 работы (в том числе в российском научном журнале, входящем в Web of Science, опубликовано 2 работы), в прочих научных журналах (из них 2 зарубежных журнала) опубликовано 4 работы, в сборниках материалов международных и всероссийских (в том числе с международным участием) научных конференций (из них 3 электронных сборника) опубликовано 10 работ. Общий объем работ – 4,99 а.л., авторский вклад – 2,67 а.л.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

Наиболее значительные работы по теме диссертации, в том числе опубликованные в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук:

1. **Dogadova T. V.** Adaptive prediction of non-Gaussian Ornstein-Uhlenbeck process / T. V. Dogadova, V. A. Vasiliev // Вестник Томского государственного университета. Управление, вычислительная техника и информатика. – 2018. – № 43. – С. 26–32. – DOI: 10.17223/19988605/43/3. – 0,41 / 0,21 а.л.

*Web of Science:* **Dogadova T. V.** Adaptive prediction of non-Gaussian Ornstein-Uhlenbeck process / T. V. Dogadova, V. A. Vasiliev // Vestnik Tomskogo

Gosudarstvennogo Universiteta-Upravlenie, vychislitel'naja tehnika i informatika – Tomsk State University Journal of Control and Computer Science. – 2018. – № 43. – P. 26–32.

2. **Dogadova T. V.** Adaptive prediction of stochastic differential equations with unknown parameters / T. V. Dogadova, V. A. Vasiliev // Вестник Томского государственного университета. Управление, вычислительная техника и информатика. – 2017. – № 38. – С. 17–23. – DOI: 10.17223/19988605/38/3. – 0,3 / 0,15 а.л.

*Web of Science:* **Dogadova T. V.** Adaptive prediction of stochastic differential equations with unknown parameters / T. V. Dogadova, V. A. Vasiliev // Vestnik Tomskogo Gosudarstvennogo Universiteta-Upravlenie, vychislitel'naja tehnika i informatika – Tomsk State University Journal of Control and Computer Science. – 2017. – № 38. – P. 17–23.

3. **Dogadova T. V.** Guaranteed parameter estimation of stochastic linear regression by sample of fixed size / T. V. Dogadova, V. A. Vasiliev // Вестник Томского государственного университета. Управление, вычислительная техника и информатика. – 2014. – № 1 (26). – С. 39–52. – 0,72 / 0,36 а.л.

На автореферат поступило 3 положительных отзыва. Отзывы представили:

1. **О. М. Тихоненко**, д-р техн. наук, проф., профессор Факультета Математики и Естественных Наук (Школа Точных Наук) Университета Кардинала Стефана Вышинского в Варшаве, Польша, *с замечанием:* в автореферате имеются стилистические неточности, а также небольшое количество опечаток.
2. **Н. М. Маркович**, д-р физ.-мат. наук, главный научный сотрудник лаборатории № 38 «Управления по неполным данным» Института проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, г. Москва, *с замечаниями:* в автореферате уделяется мало внимания выбору нижнего порога; ввод дополнительных параметров на реальных данных вызывает большие сомнения; в автореферате отсутствуют результаты сравнения собственных результатов с уже имеющимися результатами (если они существуют), полученными вне томской школы, в частности с методом наименьших квадратов; изложение результатов в автореферате содержит многочисленные неточности, не все обозначения определяются; большой объем автореферата занимают технические детали, в то время как отсутствует качественная

мотивация предложения тех или иных методов, а также обсуждение того, чем они лучше уже имеющихся методов; не указан вклад диссертанта в статьи, выполненные в соавторстве; нет ни одной журнальной статьи, опубликованной диссертантом без соавторов. 3. **Б. Ю. Лемешко**, д-р техн. наук, проф., главный научный сотрудник, профессор кафедры теоретической и прикладной информатики Новосибирского государственного технического университета, и **Е. В. Чимитова**, д-р техн. наук, доц., профессор кафедры теоретической и прикладной информатики Новосибирского государственного технического университета, доцент, *с замечанием*: в автореферате практически не уделено внимания имитационному моделированию, играющему важную роль при исследовании свойств получаемых оценок.

В отзывах указывается, что диссертация посвящена важной и актуальной теме – идентификации и прогнозированию стохастических динамических систем с дискретным и непрерывным временем с гарантированным качеством. Построение оценок параметров процессов необходимо для прогнозирования поведения многих реальных систем, таких как многочисленные информационные системы (базы данных, экономические и социологические системы и т.д.), и широко применяется в математических моделях экономики, физики, финансовой математики, социологии, биологии, медицины. Т. В. Догадовой применен метод усеченного последовательного оценивания для процессов  $AR(1)$ ,  $ARARCH(1,1)$ ,  $ARARCH(2,2)$ ,  $ARARCH(2,q)$ ,  $ARARCH(1,1)$  с дрейфующим параметром, двумерного процесса  $AR(2)$  специального вида; изучены неасимптотические и асимптотические свойства построенных оценок; предложены процедуры адаптивного прогнозирования, оптимальные в смысле заданной функции потерь, для процессов Орнштейна-Уленбека, Орнштейна-Уленбека с негауссовским шумом, многомерного процесса диффузионного типа, а также процесса, удовлетворяющего стохастическому дифференциальному уравнению с запаздыванием по времени. Построенные процедуры прогнозирования могут применяться в прикладных задачах.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновываются тем, что **Б. М. Миллер** является известным специалистом в области теории идентификации и статистической обработки стохастических динамических систем;

**А. П. Ковалевский** является высококвалифицированным специалистом в области разработки и применения статистических методов обработки случайных процессов, описываемых стохастическими дифференциальными и разностными уравнениями; в **Томском государственном университете систем управления и радиоэлектроники** работают ведущие специалисты в области исследований в области идентификации и прогнозирования стохастических динамических систем, успешно разрабатывающие направление по прогнозированию динамических систем, описывающих финансовые потоки.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований получены следующие новые научные результаты:**

– *впервые применен* метод усеченного последовательного оценивания параметров нелинейных и многомерных моделей авторегрессионного типа с дискретным временем:  $AR(1)$  с неизвестной дисперсией шума,  $ARARCH(1,1)$ ,  $ARARCH(2,2)$ ,  $ARARCH(1,q)$ ,  $ARARCH(1,1)$  с дрейфующим параметром, а также для двумерного процесса  $AR(2)$ ;

– *доказаны* асимптотические и неасимптотические свойства построенных оценок;

– *доказано*, что в задаче идентификации стохастических динамических систем с непрерывным временем оценки по методу усеченного оценивания имеют гарантированную точность на выборках фиксированного объема и обладают свойством сильной состоятельности;

– *предложены* процедуры адаптивного прогнозирования (с использованием усеченных оценок) для моделей стохастических динамических систем с непрерывным временем, оптимальные в смысле заданной функции потерь;

– *аналитически изучены* свойства предложенных прогнозов для процесса Орнштейна-Уленбека; процесса Орнштейна-Уленбека с негауссовским шумом типа Леви; многомерного процесса диффузионного типа; процесса, удовлетворяющего стохастическому дифференциальному уравнению с запаздыванием по времени.

**Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:**

– *получены* результаты, вносящие вклад в развитие методов усеченного и усеченного последовательного оценивания в задачах идентификации динамических

систем с дискретным и непрерывным временем по зависимым выборкам фиксированного объема;

– *аналитически исследованы* процедуры идентификации стохастических динамических систем с дискретным временем как линейных, так и нелинейных, при сохранении оптимальных асимптотических свойств оценок параметров процессов;

– *исследованы* асимптотические и неасимптотические свойства усеченных оценок параметров стохастических дифференциальных уравнений различного типа;

– *доказана* оптимальность адаптивных прогнозов, построенных на основе усеченных оценок неизвестных параметров, для процессов с непрерывным временем.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:**

*разработаны* алгоритмы идентификации и прогнозирования, которые могут применяться в прикладных задачах, где используются математические модели стохастических динамических систем в условиях, когда увеличение числа наблюдений состояний системы невозможно или затратно.

**Рекомендации об использовании результатов диссертационного исследования.** Предложенные процедуры идентификации и прогнозирования, основанные на усеченных оценках, могут применяться в отраслях науки и техники, для которых характерно использование моделей стохастических динамических систем в экономике, вычислительной генетике, биомедицине, финансовой математике, социологии и др. Материалы и выводы исследования могут использоваться в курсах лекций для студентов математических и экономических факультетов.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

– полученные теоретические результаты сформулированы в виде лемм и теорем, имеющих строгое математическое доказательство с использованием аппарата математического анализа, линейной алгебры, теории вероятностей и математической статистики;

– результаты имитационного моделирования подтверждают теоретические выводы, полученные в диссертационной работе.

**Личный вклад соискателя состоит в:** совместной с научным руководителем постановке цели и задач исследования; самостоятельном анализе отечественной и зарубежной научной литературы по теме работы, обработке и интерпретации полученных теоретических и экспериментальных результатов, получении результатов, выносимых на защиту, апробации результатов исследования, участии в подготовке публикаций по теме исследования.

Диссертация отвечает критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней для диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, и, в соответствии с пунктом 9 Положения, является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи идентификации и адаптивного оптимального прогнозирования, имеющих существенное значение для развития методов статистического анализа случайных процессов, удовлетворяющих стохастическим дифференциальным и разностным уравнениям.

На заседании 02.10.2019 диссертационный совет принял решение присудить **Догадовой Т. В.** ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 15 человек, из них 7 докторов наук по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (в отраслях информатики, вычислительной техники и автоматизации), физико-математические науки, из 21 человека, входящего в состав совета, проголосовал: за – 15, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель

диссертационного совета

Ученый секретарь

диссертационного совета



Горцев Александр Михайлович

Тарасенко Петр Феликсович

02.10.2019