

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА
МГУ.012.1 по диссертации на соискание учёной степени
кандидата физико-математических наук

Решение диссертационного совета от 12 декабря 2024 г. № 27

О присуждении Трусову Николаю Всеволодовичу, гражданину Российской Федерации, учёной степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Математическое моделирование динамики поведения экономических агентов» по специальности 1.2.2 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» принята к защите диссертационным советом 15 октября 2024 г., протокол №22.

Соискатель Трусов Николай Всеволодович, 1996 года рождения, в 2018 году окончил бакалавриат факультета вычислительной математики и кибернетики Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова по направлению 01.03.02 «Прикладная математика и информатика» (кафедра системного анализа), в 2020 году окончил магистратуру факультета вычислительной математики и кибернетики Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова по направлению 01.04.02 «Прикладная математика и информатика» (кафедра системного анализа). С 2020 по 2024 год обучался в аспирантуре факультета вычислительной математики и кибернетики Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова на кафедре системного анализа. С 2021 года Трусов Николай Всеволодович работает в Федеральном исследовательском центре «Информатика и управление» Российской Академии Наук (ФИЦ ИУ РАН) в должности младшего научного сотрудника.

Диссертация выполнена на кафедре системного анализа факультета вычислительной математики и кибернетики Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Научный руководитель – академик РАН, доктор физико-математических наук, профессор, Шананин Александр Алексеевич, профессор кафедры системного анализа факультета вычислительной математики и кибернетики Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Официальные оппоненты:

Кабанихин Сергей Игоревич – член-корреспондент РАН, доктор физико-математических наук, профессор. Директор международного математического центра Института математики им. С.Л. Соболева сибирского отделения российской академии наук,

Розанова Ольга Сергеевна – доктор физико-математических наук, профессор. Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, кафедра дифференциальных уравнений механико-математического факультета,

Братусь Александр Сергеевич – доктор физико-математических наук, профессор. Российский университет транспорта (МИИТ), кафедра цифровых технологий управления транспортными процессами

Оппоненты дали положительные отзывы на диссертацию.

Выбор официальных оппонентов обосновывается тем, что оппоненты являются ведущими специалистами по теме диссертации, компетентны в области математического моделирования, численных методов и разработки комплексов программ, результаты их исследований, полученные за последние годы, опубликованы в ведущих зарубежных и отечественных журналах и близки по теме исследованиям соискателя, что позволяет оппонентам дать всестороннюю глубокую оценку результатам, представленным в диссертационной работе. Все три оппонента имеют учёную степень доктора физико-математических наук.

Соискатель имеет 21 опубликованную работу по теме диссертации, из них 13 статей в рецензируемых научных изданиях, из них 12 в изданиях, входящих в списки WoS, Scopus, 1 работа из списка ВАК и рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ по специальности 1.2.2 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» и 8 публикаций в сборниках материалов конференций. Также по результатам работы над диссертацией зарегистрировано 3 программы для ЭВМ, по решению диссертационного совета приравненные к публикациям:

1. Trusov N.V. Numerical solution of mean field games problems with turnpike effect // Lobachevskii Journal of Mathematics. 2020. Vol.41. No.4. P.559-573. (Входит в перечень ВАК РФ, RSCI, Web of Science, Scopus, Impact factor: 0.8, SJR: 0.45).
2. Shanenin A.A., Tarasenko M.V., Trusov N.V. Consumer loan demand modeling // Communications in Computer and Information Science. 2021. Vol.1476. P.417-428. (Входит в перечень ВАК РФ, RSCI, Scopus, SJR: 0.2).
3. Тарасенко М.В., Трусов Н.В., Шананин А.А. Математическое моделирование экономического положения домашних хозяйств в России // Журнал вычислительной математики и математической физики. 2021. Т.61. №6. С.1034-1056. (Входит в перечень ВАК РФ, RSCI, импакт-фактор РИНЦ: 1.115).

Перевод:

Shanenin A.A., Tarasenko M.V., Trusov N.V. Mathematical Modeling of Household Economy in Russia // Computational Mathematics and Mathematical Physics. 2021.

Vol. 61. No.6. P.1030-1051. (RSCI, Web of Science, Scopus, Impact factor: 0.7, SJR: 0.43).

4. Trusov N.V. Numerical study of the stock market crises based on mean field games approach // *Journal of Inverse and Ill-Posed Problems*. 2021. Vol.29. No.6. P.849-865. (Входит в перечень ВАК РФ, RSCI, Web of Science, Scopus, Impact factor: 0.9, SJR: 0.55).
5. Shanenin A.A., Trusov N.V. The household behavior modeling based on mean field games approach // *Lobachevskii Journal of Mathematics*. 2021. Vol.42. No.7. P.1738-1752. (Входит в перечень ВАК РФ, RSCI, Web of Science, Scopus, Impact factor: 0.8, SJR: 0.45).
6. Трусов Н.В., Шананин А.А. Математическое моделирование рынка потребительского кредита в России в условиях санкций // *Доклады Российской академии наук. Математика, информатика, процессы управления*. 2022. Т.507, №6. С.71-80. (Входит в перечень ВАК РФ, RSCI, импакт-фактор РИНЦ: 0.863).
Перевод:
Shanenin A.A., Trusov N.V. Mathematical Modeling of the Consumer Loan Market in Russia under Sanctions // *Doklady Mathematics*. 2022. Vol.106. No.3. P.467-474. (RSCI, Web of Science, Scopus, Impact factor: 0.5, SJR: 0.46).
7. Shanenin A., Trusov N. The group behaviour modelling of workers in the labor market // *Russian Journal of Numerical Analysis and Mathematical Modelling*. 2023. Vol.38. No.4. P.219-229. (Входит в перечень ВАК РФ, RSCI, Web of Science, Scopus, Impact factor: 0.5, SJR: 0.24).
8. Трусов Н.В., Шананин А.А. Математическая модель динамики человеческого капитала // *Журнал вычислительной математики и математической физики*. 2023. Т.63. №10. С.1747-1760. (Входит в перечень ВАК РФ, RSCI, импакт-фактор РИНЦ: 1.115).
Перевод:
Shanenin A., Trusov N. Mathematical Model of Human Capital Dynamics // *Computational Mathematics and Mathematical Physics*. 2023. Vol.63. No.10. P.1942-1954. (RSCI, Web of Science, Scopus, Impact factor: 0.7, SJR: 0.43).
9. Trusov N.V. Identification of the household behavior modeling based on modified ramsey model // *Lobachevskii Journal of Mathematics*. 2023. Vol.44. No.1. P.455-469. (Входит в перечень ВАК РФ, RSCI, Web of Science, Scopus, Impact factor: 0.8, SJR: 0.45).

10. Shanenin A.A., Trusov N.V. Mathematical modeling of the household behavior in the labor market // *Lecture Notes in Computer Science*. 2023. Vol.13930. P.409-424. (Входит в перечень ВАК РФ, RSCI, Scopus, SJR: 0.61).
11. Трусов Н.В. Об одной обратной задаче для уравнения Колмогорова-Фоккера-Планка // *Журнал вычислительной математики и математической физики*. 2023. Т.63. №3. С.408-423. (Входит в перечень ВАК РФ, RSCI, импакт-фактор РИНЦ: 1.115).
Перевод:
Trusov N.V. On One Inverse Problem for the Kolmogorov--Fokker--Planck Equation // *Computational Mathematics and Mathematical Physics*. 2023. Vol.63. No.3. P.386-400. (RSCI, Web of Science, Scopus, Impact factor: 0.7, SJR: 0.43).
12. Kuts A.S., Trusov N.V. Analysis of the stock market crisis based on mean field games concept // *Lobachevskii Journal of Mathematics*. 2024. Vol.45. No.1. P.272-286. (Входит в перечень ВАК РФ, RSCI, Web of Science, Scopus, Impact factor: 0.8, SJR: 0.45).
13. Трусов Н.В. Применение аппроксимации <<среднего поля>> в моделировании экономических процессов // *Труды ИСА РАН*. 2018. Т.68. №2. С.88-91. (Входит в перечень ВАК РФ, импакт-фактор РИНЦ: 0.2).
14. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ No.2022619524 «Анализ спроса на потребительский кредит в РФ». Правообладатель: Трусов Николай Всеволодович. Заявка No. 2022618580. Дата государственной регистрации в Реестре программ для ЭВМ 23 мая 2022г.
15. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ No.2023685691. «Программный комплекс для анализа экономического поведения домашних хозяйств в РФ». Автор: Трусов Николай Всеволодович. Правообладатель: Федеральное государственное учреждение «Федеральный исследовательский центр "Информатика и управление" Российской академии наук» (ФИЦ ИУ РАН). Заявка No.2023685460. Дата государственной регистрации в Реестре программ для ЭВМ 29 ноября 2023г.
16. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ No.2023685827. «Моделирование экономического поведения домашних хозяйств в условиях несовершенного рынка кредитов». Автор: Трусов Николай Всеволодович. Правообладатель: Федеральное государственное учреждение «Федеральный исследовательский центр "Информатика и управление"»

Российской академии наук» (ФИЦ ИУ РАН). Заявка No.2023685469. Дата государственной регистрации в Реестре программ для ЭВМ 30 ноября 2023г.

Все основные результаты, приведенные в вышеуказанных статьях и использованные в диссертации, получены автором лично под научным руководством акад. РАН, д.ф.-м.н., профессора А.А. Шананина.

В работе [1] автором был реализован модифицированный численный метод решения краевой задачи для уравнений в частных производных, основанный на вариационном подходе. Численный метод решения экстремальной задачи основывается на использовании монотонных разностных схем. Корректность численного метода проверена в частном случае, когда задача сводится к системе обыкновенных дифференциальных уравнений типа Риккати.

В работе [2] автор предложил решение задачи идентификации экономического поведения репрезентативного рационального домашнего хозяйства для модифицированной модели рамсеевского типа.

В работе [3] автор исследовал математическое описание экономического поведения репрезентативного домашнего хозяйства, характерного для данного социального слоя, на основе модифицированной модели рамсеевского типа.

В работе [4] автор исследовал описание двух классов высокочастотных трейдеров на основе концепции игр среднего поля. С помощью описания поведения двух классов высокочастотных трейдеров, имеющих разные стратегии, а также подбора начальных распределений уравнений Колмогорова-Фоккера-Планка для двух классов высокочастотных трейдеров, на качественном уровне удалось воспроизвести среднесрочную динамику котировок репрезентативной акции CITIC Securities (тикер 600030) на Шанхайской фондовой бирже в период кризиса 2015г.

В работе [5] автор исследовал математическое описание группового экономического поведения домашних хозяйств, характерных для определённого социального слоя, на основе концепции игр среднего поля.

В работе [6] автор исследовал новую модель формирования процентных ставок по потребительскому кредиту на основе анализа интересов и логики поведения коммерческих банков, оценивающих риски дефолта заёмщиков.

В работе [7] автором исследовано моделирование группового поведения работников на рынке труда на основе концепции игр среднего поля. Получено уравнение Колмогорова-Фоккера-Планка с интегральным краевым условием, которое описывает динамику распределения работников по доходам и уровням компетенций. Для уравнения Колмогорова-Фоккера-Планка разработаны специальные разностные схемы, доказана их

монотонность, получены численные результаты моделирования работников на рынке труда.

В работе [8] автором получены качественные результаты об эффективности стимулирования увеличения человеческого капитала для различных социальных слоёв в России.

В работе [9] на основе статистических данных автор проводил идентификацию группового экономического поведения социальных слоёв из разных групп регионов России.

В работе [10] автором исследована модель рационального репрезентативного работника на рынке труда, который распределяет свои ресурсы между потреблением и повышением своих компетенций. Доходы работника описываются стохастическим дифференциальным уравнением с процессом Леви, зависящим от его компетенции. Модель формализована как задача оптимального управления с бесконечным горизонтом. Исследованы условия трансверсальности на бесконечности.

В работе [11] автор исследовал математическое описание экономического поведения домашних хозяйств с помощью уравнения Колмогорова–Фоккера–Планка. Данное уравнение описывает динамику плотности распределения домашних хозяйств по двум характеристикам: финансовому состоянию и доходам. Основываясь на статистических данных Росстата об экономическом положении домашних хозяйств России, исследуется вопрос о согласованности статистических данных с решением уравнения Колмогорова–Фоккера–Планка. Задача формализована в виде минимизации отклонения решения уравнения Колмогорова–Фоккера–Планка от статистических данных за счет управления расходами домашних хозяйств. Представлено численное решение экстремальной задачи, приведены результаты расчётов.

В работе [12] автором произведена идентификация поведенческих характеристик высокочастотных трейдеров, на качественном уровне воспроизведена динамика агрегированного индекса цен основных инвестиционных банков Китая в кризисный период 2015 года.

В работе [13] автором исследована оптимальная стратегия профессионального высокочастотного трейдера на фоне непрофессиональных высокочастотных трейдеров.

На диссертацию и автореферат дополнительных отзывов не поступало.

Диссертационный совет отмечает, что представленная на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук диссертация является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны математические модели и реализованы численные методы для среднесрочного анализа

экономических проблем. Разработанные автором программные комплексы могут быть использованы для идентификации экономического поведения заёмщиков по потребительскому кредиту на региональном уровне по данным российской статистики.

Диссертация представляет собой самостоятельное законченное исследование, обладающее внутренним единством. Положения, выносимые на защиту, содержат новые научные результаты и свидетельствуют о личном вкладе автора в науку:

1. Предложена математическая модель описания репрезентативного рационального экономического поведения домашнего хозяйства на несовершенном рынке потребительского кредита. Данная модель является модификацией модели рамсеевского типа. Задача оптимального управления имеет ряд особенностей, таких как негладкость правой части дифференциального уравнения фазовой переменной и некомпактность управления. Доказана теорема о существовании решения. Получены необходимые условия оптимальности принципа максимума Понтрягина в форме Кларка. Построен синтез задачи оптимального управления на бесконечном временном горизонте, допускающий особые режимы.
2. Исследована новая модель формирования процентных ставок по потребительскому кредиту на основе анализа интересов и логики поведения коммерческих банков, оценивающих риски дефолта заёмщиков. По формуле Фейнмана-Каца учет рисков невозврата потребительского кредита сводится к решению краевой задачи для уравнения с частными производными. Установив связь с уравнением Абеля, решение краевой задачи сводится к задаче Коши для уравнения теплопроводности с внешним источником, получены оценки рисков в аналитической форме.
3. Разработаны специализированные программные комплексы для идентификации репрезентативных домашних хозяйств в различных социальных слоях России, основываясь на статистических данных. Программные комплексы применены для анализа состояния отечественного рынка потребительского кредита.
4. Исследована математическая модель поведения работника на рынке труда в виде задачи оптимального управления на бесконечном временном горизонте. Предложен алгоритм построения синтеза оптимального управления. Модель идентифицирована по данным российской статистики в различных социальных слоях населения.
5. Исследовано групповое поведение экономических агентов на основе концепции игр среднего поля. Проведена идентификация группового поведения различных

социальных слоев на отечественном рынке потребительского кредита на основе статистических данных.

6. Исследована математическая модель группового поведения населения на рынке труда, в которой заработная плата работника описывается стохастическим дифференциальным уравнением с процессом Леви. Выведено уравнение Колмогорова-Фоккера-Планка с интегральным краевым условием, которое описывает динамику распределения работников по доходам и уровням компетенций, построены разностные схемы для его численного решения.
7. Разработана модификация математической модели группового поведения агентов с подражательным эффектом на фондовом рынке. Идентификация модели позволила воспроизвести на качественном уровне среднесрочную динамику кризиса на Шанхайской фондовой бирже в 2015г.

На заседании 12 декабря 2024 года диссертационный совет принял решение присудить Трусову Н.В. учёную степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 19 человек, из них 13 докторов наук по специальности 1.2.2, участвовавших в заседании, из 27 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за - 19, против - 0, недействительных голосов - 0.

Председатель диссертационного совета,
академик РАН

Тыртышников Е.Е.

Учёный секретарь диссертационного совет
член-корреспондент РАН

Ильин А.В.

Декан факультета ВМК

Соколов И.А.

«12» декабря 2024 г.

