

**Заключение диссертационного совета МГУ.011.3  
по диссертации на соискание ученой степени доктора наук  
Решение диссертационного совета от «21» июня 2024 г. № 10  
о присуждении Линке Юлиане Юрьевне, гражданке РФ,  
ученой степени доктора физико-математических наук.**

Диссертация «Универсальные ядерные оценки в непараметрической регрессии с приложениями к нелинейным регрессионным моделям» по специальности 1.1.4 Теория вероятностей и математическая статистика принята к защите диссертационным советом 29.03.2024, протокол № 2.

Соискатель **Линке Юлиана Юрьевна**, 1975 года рождения, в 1998 году окончила с отличием магистратуру механико-математического факультета Новосибирского государственного университета по направлению «математика» и поступила в аспирантуру Новосибирского государственного университета. В 2000 году защитила диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук на тему «Асимптотически нормальное оценивание параметров для класса задач дробно—линейной регрессии» в диссертационном совете Д 003.015.01, созданном на базе Института математики им. С.Л. Соболева СО РАН (диплом кандидата наук КГ № 043773, выдан 13 апреля 2001 г.). С 2001 года по настоящее время работает в Институте математики им. С.Л. Соболева СО РАН в должности старшего научного сотрудника.

С 2022 года по настоящее время соискатель является докторантом кафедры теории вероятностей механико-математического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

**Диссертация выполнена** на кафедре теории вероятностей механико-математического факультета ФГБОУ ВО «МГУ имени М.В. Ломоносова».

**Научный консультант** — **Яровая Елена Борисовна**, доктор физико-математических наук, доцент, профессор кафедры теории вероятностей механико-математического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова.

**Официальные оппоненты:**

- **Мелас Вячеслав Борисович** – доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры статистического моделирования механико-математического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет».
- **Хохлов Юрий Степанович** – доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры математической статистики факультета вычислительной математики и кибернетики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова».
- **Наумов Алексей Александрович** – доктор компьютерных наук, директор по фундаментальным исследованиям и заведующий международной лабораторией стохастических алгоритмов и анализа многомерных данных Института искусственного интеллекта и цифровых наук факультета компьютерных наук Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики».

дали положительные отзывы на диссертацию.

Соискатель имеет 19 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 19 работ, из них 19 статей, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ по специальности 1.1.4 Теория вероятностей и математическая статистика.

**Основные публикации по теме диссертации:**

1. *Линке Ю.Ю., Борисов И.С.* Универсальные непараметрические ядерные оценки для функций среднего и ковариации случайного процесса // Теория вероятностей и ее применения. — 2024. — Т. 69, № 1. — С. 46-75.

*ИФ РИНЦ - 0.272 / 1.88 п.л. / вклад соискателя 1.79 п.л.*

*Постановки задач и общие подходы к их решению принадлежат Ю.Ю. Линке, И.С. Борисовым предложена идея оценивания функции ковариации в случае разреженных данных. Доказательства выполнила Ю.Ю. Линке.*



2. *Linke Yu.Yu.* К вопросу о нечувствительности оценок Надарая-Ватсона относительно корреляции элементов дизайна // Теория вероятностей и ее применения. — 2023. — Т.68, № 2. — С. 236-252.

*ИФ РИНЦ - 0.272 / 1.06 п.л. / вклад соискателя 1.06 п.л.*

*Linke Yu. Yu.* Towards insensitivity of Nadaraya--Watson estimators to design correlation // Theory of Probability and its Applications. — 2023. — V. 68, no.2. — P. 198-210.

*ИФ SJR - 0.373*

3. *Linke Yu.Yu.* О достаточных условиях состоятельности локально-линейных ядерных оценок // Математические заметки. — 2023. — Т. 114, № 3. — С. 353-369.

*ИФ РИНЦ - 0.478 / 1.06 п.л. / вклад соискателя 1.06 п.л.*

*Linke Yu. Yu.* On sufficient conditions for the consistency of local linear kernel estimators // Mathematical Notes. — 2023. — V. 114, no. 3. — P.283-296.

*ИФ SJR - 0.493*

4. *Linke Yu.Yu., Borisov I.S., Ruzankin P.S.* Universal kernel-type estimation of random fields. // Statistics. — 2023. — V. 57, no.4. — P. 785-810.

*ИФ SJR - 0.379 / 1.63 п.л. / вклад соискателя 1.47 п.л.*

*И.С. Борисовым предложена постановка задачи. Доказательства всех результатов выполнила Ю.Ю. Линке. П.С. Рузанкиным получены результаты численного анализа.*

5. *Linke Yu.Yu.* Оценивание функции среднего для зашумленного случайного процесса при наличии разреженных данных // Чебышевский сборник. — 2023. — Т. 24, № 5. — С. 112-125.

*ИФ РИНЦ - 0.305 / 0.88 п.л. / вклад соискателя 0.88 п.л.*

6. *Linke Yu.Yu., Borisov I.S.* An approach to constructing explicit estimators in nonlinear regression // Siberian Advances in Mathematics. — 2023. — V. 33, no.4. — P. 338-346.

*ИФ SJR - 0.186 / 0.56 п.л. / вклад соискателя 0.56 п.л.*

*И.С. Борисову принадлежит идея использования непараметрических ядерных методов в задаче оценивания конечномерных параметров нелинейной регрессии. Ю.Ю.Линке выполнила доказательства всех утверждений.*

7. *Linke Yu.Yu.* Kernel estimators for the mean function of a stochastic process under sparse design conditions // Siberian Advances in Mathematics. — 2022. — V. 32, no.4. — P. 269-276.

*ИФ SJR - 0.186 / 0.5 п.л. / вклад соискателя 0.5 п.л.*

8. Linke Y., Borisov I., Ruzankin P., Kutsenko V., Yarovaya E., Shalnova S. Universal local linear kernel estimators in nonparametric regression // Mathematics. — 2022. — V.10. — no.15. — 2693.

*ИФ SJR - 0.446 / 1.88 п.л. / вклад соискателя 1.57 п.л.*

*Идея написания работы принадлежит Е.Б. Яровой. И.С. Борисовым доказаны результаты раздела 4 (предложения 2, 3 и следствия 3, 4). Все остальные теоретические результаты (включая постановку задачи, конструкцию универсальных ядерных оценок и доказательства основных результатов) получены Ю.Ю. Линке. Компьютерное моделирование и обработку реальных данных провели В.А. Куценко и П.С. Ружанкин. Реальные данные предоставлены Е.Б. Яровой и С.А. Шалновой.*

9. Linke Yu.Yu., Borisov I.S. Insensitivity of Nadaraya-Watson estimators to design correlation // Communications in Statistics — Theory and Methods. — 2022. — V. 51, no.19. — P.6909-6918.

*ИФ SJR - 0.412 / 0.63 п.л. / вклад соискателя 0.63 п.л.*

*Постановки задач предложены И.С. Борисовым. Все доказательства выполнила Ю.Ю. Линке.*

10. Borisov I.S., Linke Yu.Yu., Ruzankin P.S. Universal weighted kernel-type estimators for some class of regression models // Metrika. — 2021. — V.84, no.2. — P.141-166.

*ИФ SJR - 0.454 / 1.63 п.л. / вклад соискателя 1.31 п.л.*

*И.С. Борисовым доказаны лемма 2 и 3 из раздела 5. Постановка задачи, конструкция новых оценок и доказательства остальных результатов принадлежат Ю.Ю. Линке. И.С. Ружанкиным проведено компьютерное моделирование.*

11. Linke Yu.Yu. Asymptotic properties of one-step M-estimators // Communications in Statistics — Theory and Methods. — 2019. — V. 48, no.16. — P. 4096-4118.

*ИФ SJR - 0.412 / 1.44 п.л. / вклад соискателя 1.44 п.л.*

12. Linke Yu.Yu., Borisov I.S. Toward the notion of intrinsically linear models in nonlinear regression // Siberian Advances in Mathematics. — 2019. — T. 29, no.3. — P. 210-216.

*ИФ SJR - 0.186 / 0.44 п.л. / вклад соискателя 0.38 п.л.*

*И.С. Борисовым доказана несостоятельность оценок параметров трансформирующихся моделей. Все остальные результаты получены Ю.Ю. Линке.*

13. Линке Ю.Ю., Борисов И.С. О построении явных оценок в задачах нелинейной регрессии // Теория вероятностей и ее применения. — 2018. — Т. 63, № 1. — С. 29-56.

*ИФ РИНЦ - 0.272 / 1.75 п.л. / вклад соискателя 1.56 п.л.*



*Linke Yu. Yu., Borisov I. S. Constructing explicit estimators in nonlinear regression models // Theory of Probability and its Applications. — 2018 — V. 63, no. 1. — P. 22-44.*

*ИФ SJR - 0.373*

*И.С. Борисовым доказаны результаты разделов 4.2 (следствия 2-5) и следствие 9 из раздела 6.1. Все остальные результаты получены Ю.Ю. Линке.*

14. *Линке Ю.Ю. Асимптотические свойства одношаговых взвешенных М-оценок с приложениями к задачам регрессии // Теория вероятностей и ее применения. — 2017. — Т. 62, № 3. — С. 468-498.*

*ИФ РИНЦ - 0.272 / 1.94 п.л. / вклад соискателя 1.94 п.л.*

*Linke Yu. Yu. Asymptotic properties of one-step weighted M-estimators with application to some regression problems // Theory of Probability and its Applications. — 2018. — V. 62, no. 3. — P. 373-398.*

*ИФ SJR - 0.373*

15. *Linke Yu.Yu. Asymptotic normality of one-step M-estimators based on non-identically distributed observations // Statistics and Probability Letters. — 2017. — V. 129. — P. 216-221.*

*ИФ SJR - 0.454 / 0.38 п.л. / вклад соискателя 0.38 п.л.*

16. *Линке Ю.Ю. Двухшаговое оценивание параметра в одной неоднородной линейной регрессионной модели. // Сибирский журнал чистой и прикладной математики. — 2017. — Т. 17, № 2. — С. 39-51.*

*ИФ РИНЦ - 0.262 / 0.81 п.л. / вклад соискателя 0.81 п.л.*

*Linke Yu. Yu. Two-step estimation in a heteroscedastic linear regression model // Journal of Mathematical Sciences. — 2018. — V. 231, no. 2. — P. 206-217.*

*ИФ SJR - 0.314*

17. *Linke Yu.Yu., Borisov I.S. Constructing initial estimators in one-step estimation procedures of nonlinear regression // Statistics and Probability Letters. — 2017. — V. 120. — P.87-94.*

*ИФ SJR - 0.454 / 0.5 п.л. / вклад соискателя 0.44 п.л.*

*И.С. Борисовым доказана теорема 5. Ю.Ю. Линке предложена методика построения оценок и получены все остальные результаты.*

18. *Линке Ю.Ю. Об уточнении одношаговых оценок Фишера в случае медленно сходящихся предварительных оценок // Теория вероятностей и ее применения. — 2015. — Т. 60, № 1. — С. 80-98.*

*ИФ РИНЦ - 0.272 / 1.19 п.л. / вклад соискателя 1.19 п.л.*

*Linke Yu. Yu. Refinement of Fisher's one-step estimators in the case of slowly converging preliminary estimators // Theory of Probability and its Applications. —*

2016. — V. 60, no. 1. — P. 88-102.

*ИФ SJR - 0.373*

19. *Linke Yu. Yu.* Об асимптотике распределения двухшаговых статистических оценок // Сибирский математический журнал. — 2011. — Т. 52, № 4. — С. 841-860.

*ИФ РИНЦ - 0.531 / 1.25 п.л. / вклад соискателя 1.25 п.л.*

*Linke Yu. Yu.* On the asymptotics of distributions of two-step statistical estimates // Siberian Mathematical Journal. — 2011. — V. 52, no 4. — P. 665-681.

*ИФ SJR - 0.4*

На диссертацию и автореферат дополнительных отзывов не поступало.

Выбор официальных оппонентов обосновывался компетентностью в соответствующей отрасли науки, наличием публикаций в соответствующей сфере исследования.

Диссертационный совет отмечает, что представленная диссертация на соискание ученой степени доктора физико-математических наук является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований получены следующие результаты.

Диссертация посвящена методологии оценивания в задачах непараметрической и нелинейной регрессии. Предложена концепция плотных данных и классы универсальных оценок в моделях непараметрической и нелинейной регрессии. Полученные результаты позволили в задачах непараметрической регрессии значительно ослабить известные ограничения на регрессоры и выделить одно существенное их свойство (условие асимптотически плотного заполнения), а в задачах нелинейной регрессии для достаточно широких классов моделей решить проблему поиска явных оценок конечномерных параметров. Предложенные методы позволили использовать единый подход к анализу моделей с детерминированными и случайными регрессорами.

В первой главе рассматриваются задачи непараметрической регрессии. Построены универсальные относительно стохастической природы регрессоров равномерно состоятельные оценки ядерного типа для регрессионной функции, а также характеристик случайного процесса (в различных постановках этой задачи). Получены более общие, чем ранее известные, и универсальные условия поточечной и равномерной состоятельности оценок Надарая–Ватсона и классических локально-



линейных ядерных оценок. Все условия на регрессоры сформулированы в терминах плотных данных. Новые условия в терминах плотных данных нечувствительны к корреляции регрессоров и включает в себя как ситуацию детерминированных регрессоров без дополнительного требования регулярности, так и случайных регрессоров, которые могут не удовлетворять условиям слабой зависимости. Новые условия универсальны и позволяют выйти за рамки слабо зависимых наблюдений.

Во второй главе рассматриваются модели нелинейной регрессии. Разработаны методы построения явных состоятельных или асимптотически нормальных оценок конечномерных параметров в случае плотного заполнения регрессорами некоторой области, что решает проблему поиска предварительных (начальных) оценок для ньютоновских одношаговых процедур оценивания параметров рассматриваемых моделей.

В третьей главе проведен асимптотический анализ одношаговых M-оценок, построенных по разнораспределенным выборочным данным и имеющих ту же асимптотическую точность, как и оптимальные M-оценки (например, оценки метода наименьших квадратов, квазиправдоподобия, максимального правдоподобия в нелинейной регрессии). Эти результаты, вместе с методами построения предварительных оценок, открывают возможность находить оптимальные явные одношаговые оценки для широкого класса моделей нелинейной регрессии.

Диссертация носит теоретический характер и является законченным научным трудом. В ней решен ряд актуальных проблем регрессионного анализа, реализованы оригинальные идеи, разработаны новые методы и подходы к оцениванию. Совокупность разработанных теоретических положений можно квалифицировать как важное научное достижение. Полученные результаты могут быть использованы специалистами в области математической статистики. Предлагаемые в диссертации идеи и методы могут получить дальнейшее развитие в тех или иных статистических задачах и уже применяются авторами, работающими в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова, Международном математическом центре в Академгородке, Институте математики имени С.Л. Соболева, Новосибирском государственном университете и других научных центрах.

**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. Теоремы о равномерной состоятельности новых универсальных локально-постоянных и локально-линейных ядерных оценок для

- вещественнозначной регрессионной функции скалярного и векторного аргумента в условиях плотного заполнения регрессорами области задания регрессионной функции. Теоремы об асимптотической нормальности новых универсальных локально-постоянных оценок.
2. Теоремы о поточечной и равномерной состоятельности оценок Надарая–Ватсона и классических локально–линейных ядерных оценок. Универсальные достаточные условия состоятельности в терминах плотного заполнения регрессорами области задания регрессионной функции.
  3. Теоремы о равномерной состоятельности новых универсальных оценок для функций среднего и ковариации непрерывного случайного процесса как в случае разреженных данных, так и плотных.
  4. Новый подход получения явных состоятельных оценок конечномерных параметров в задачах нелинейной регрессии, основанный на использовании непараметрических оценок регрессионной функции. Теорема об  $\alpha_n$ -состоятельности оценок.
  5. Метод построения явных состоятельных оценок конечномерных параметров, основанный на аддитивных преобразованиях откликов. Теоремы об  $\alpha_n$ -состоятельности и асимптотической нормальности оценок.
  6. Асимптотический анализ одношаговых M-оценок, построенных по разнораспределенным выборочным данным: теорема об асимптотической нормальности одношаговых оценок в широком спектре ограничений на точность предварительной оценки, теорема о минимальном достаточном условии на точность предварительной оценки, теорема о сходимости к нормальному закону погрешностей оценивания при замене асимптотических дисперсий их оценками.
  7. Алгоритм построения асимптотически эффективных одношаговых оценок неизвестного параметра в случае однородной выборки из однопараметрического семейства распределений и достаточно медленно сходящейся к параметру предварительной оценки. Теорема об асимптотической эффективности оценок.

На заседании 21.06.2024 диссертационный совет принял решение присудить Линке Юлиане Юрьевне ученую степень доктора физико-математических наук.



При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 19 человек, из них 9 докторов наук по специальности 1.1.4 Теория вероятностей и математическая статистика, участвовавших в заседании, из 24 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за — 17 , против — 0, недействительных бюллетеней — 2 .

Заместитель председателя  
диссертационного совета МГУ.011.3,  
доктор физико-математических наук, доцент

 Ломов И.С.  
  
 Шерстюков В.Б.

Ученый секретарь  
диссертационного совета МГУ.011.3,  
доктор физико-математических наук

21.06.2024