

## ОТЗЫВ официального оппонента

на диссертацию Браништи Владислава Владимировича  
«Методы и алгоритмы настройки проекционной оценки плотности  
вероятности случайного вектора в условиях малых выборок»  
на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук  
по специальности 05.13.17 – Теоретические основы информатики

Диссертация Браништи Владислава Владимировича посвящена построению непараметрических оценок плотностей распределений случайных величин и векторов. Задача оценивания плотностей распределения по результатам статистических наблюдений возникла фактически вместе с задачей анализа данных. Уже построение гистограммы, впервые произведенное и проанализированное основателями математической статистики в конце позапрошлого столетия, может рассматриваться как вариант такой оценки. Оценивание плотностей распределений как одномерных, так и векторных величин активно используется в различных областях современного анализа статистических данных. Оно применяется и в задачах дискриминантного анализа для построения оптимальных нелинейных правил классификации, и в задачах определения формул приближенной зависимости в регрессионных и родственных им процедурах, а также в статистике случайных процессов для решения задач прогнозирования. Список приложений подобных методов можно продолжать очень долго, и он весьма широк. Например, в последнее десятилетие активно разрабатываются применения непараметрических оценок плотностей распределений к анализу надёжности оборудования энергоблоков АЭС. На эти и близкие темы был защищен ряд диссертаций по техническим наукам.

Следует отметить, что сегодня рассматриваемые практиками методы оценки плотностей вычислительно становятся все более сложными, поэтому тема диссертации и привязка ее именно к информатике, использованию вычислительной техники, представляется весьма актуальной.

**В первой главе** диссертации вводятся основные понятия и обозначения работы. Приводится обзор основных непараметрических методов оценивания плотностей вероятности: проекционной оценки, оценки Розенблатта – Парзена, гистограммы, оценки  $k$  ближайших соседей и др. Приводятся классические результаты, относящиеся к настройке рассмотренных методов. Глава носит, в основном, обзорный характер.

**Вторая глава** «Оптимизация проекционной оценки плотности вероятности» содержит основные теоретические результаты работы. Для некоторых довольно обычных плотностей демонстрируется отсутствие состоятельности оценок, полученных традиционными методами. Далее, путем введения пространств функций, некоторая степень которых становятся интегрируемой после умножения ее на специальным образом подобранную весовую функцию, показывается, что проекционная оценка плотности по базисам этих пространств, обладающая нужными свойствами сходимости, всегда может быть построена. Изучаются свойства введенных пространств, обсуждаются алгоритмы подбора нужных весовых функций.

Для настройки длины ряда проекционных оценок плотности и оценивания коэффициентов этого ряда предлагаются новые методы, в частности, обобщение известного метода моментов, которые в ряде случаев оказываются более удобными и дают более точные, по сравнению с традиционными, проекционные оценки. Это подтверждается примерами. В последнем разделе второй главы предложено перенесение большинства описанных процедур на многомерный случай.

**Третья глава** «Применение оценок плотности вероятности» содержит примеры приложений результатов, полученных во второй главе, к некоторым конкретным статистическим задачам практики. Разобраны задачи оценивания функции регрессии, построения классифицирующих правил в задачах дискриминантного анализа и оценивания количества информации. Для решения этих задач применяются как проекционные оценки плотности, так и оценки Розенблатта – Парзена. Производится настройка параметров этих методов разными способами, после чего степени аппроксимации разных оценок аккуратно сравниваются между собой. Сравнение осуществляется с помощью метода статистического моделирования.

Текст диссертации изложен на 125 страницах, сопровождается многочисленными рисунками и таблицами. Библиография содержит 160 наименований, включая 12 публикаций автора по теме диссертации.

Все доказательства теоретических результатов работы произведены математически грамотно и на должном уровне корректности. Изложение материалов диссертации дано понятным и грамотным языком, текст организован логически четко, с уважением к читателю. Автором выстроена стройная и последовательная теория, и это, несомненно, должно быть отмечено, как достоинство диссертации.

Тем не менее, следует высказать некоторые замечания.

Сначала замечания общего характера. Прежде всего, целью диссертации объявлена разработка методов и алгоритмов настройки оценок плотностей в случае малых выборок.

Но расчеты в случае выборки малого объема приводятся лишь в одном примере настройки коэффициентов (таблица 2.5, с. 71). Тогда как в главе 3 рассмотрены случаи  $n=100$  и  $50$ , а на с. 78 диссертации встречается фраза «если взять  $n=900$ », что лично у меня слабо ассоциируется с понятием «малая выборка». В последнем разделе третьей главы объем выборки вообще не указан.

Далее, третья глава диссертации целиком строится на искусственных примерах. Для теоретического исследования, к которым относится диссертация, это нормально. Но, поскольку типы задач, приводимые в этой главе, имеют уже устоявшиеся и хорошо разработанные алгоритмы решения, хотелось бы увидеть сравнение результатов решения задач методами диссертации и традиционными методами. Хотя бы и на тех же искусственных примерах.

Наконец, библиографический список работы содержит лишь две англоязычных и 7 русскоязычных работ (не считая постоянно переиздаваемых учебников и справочников), появившихся после 2000 года. Считаю, что диссертация от дополнения обзорной части работы ссылками на более современные результаты в русле диссертационного исследования только выиграла бы.

Теперь более мелкие замечания. На с.10 в формулировке следствия 2.3.3 надо, вероятно, употребить термин «строгое расширение». И ниже: что значит «расширено следующим образом»? Следовало бы уточнить «выбрав весовую функцию следующего вида».

На с. 15 приводится повторное (несколько иное, чем ранее уже данное) определение обозначения для дизъюнктного объединения. Оно же еще раз дублируется на с. 45, на этот раз со ссылкой на библиографический список;

с. 32 – определение гистограммы как функции  $x$  не содержит аргумента  $x$  в правой части равенства;

с. 33 – при определении  $N$  во всех предлагаемых формулах опущено обозначение целой части. У ссылки [Scott] не указан номер в библиографическом списке;

с. 47 – на самом деле нужно присвоить новые номера членам последовательности  $\Omega_n$ , а не  $\mu(\Omega_n \setminus \Omega_{n-1})$ ;

с. 66 – фактически матрица  $\mathbf{V}_n$ , о которой идет речь, является нижне- а не верхнетреугольной.

При желании список мелких неточностей и опечаток можно продолжать еще долго. Но, разумеется, все высказанные замечания не перевешивают общего положительного впечатления от диссертации.

**Заключение по диссертации.** Диссертация Браништи Владислава Владимировича «Методы и алгоритмы настройки проекционной оценки плотности вероятности случайного вектора в условиях малых выборок» соответствует научной специальности «05.13.17 – Теоретические основы информатики». Она является законченным научно-квалификационным исследованием, содержащим новое решение научной задачи непараметрического оценивания плотностей распределений случайных величин и векторов. Это решение имеет важное значение как для практических задач анализа статистических данных, так и для развития теоретических основ информатики.

Диссертация Браништи В.В. полностью соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации №842 от 24.09.2013, а ее автор, Владислав Владимирович Браништи, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.17 Теоретические основы информатики.

Кандидат физико-математических наук,  
доцент кафедры математического анализа  
ФГБОУ ВО «Алтайский государственный университет»

  
Дронов Сергей Вадимович

Подпись Дронова С.В. заверяю



20 мая 2019 г.

656049, Барнаул, пр. Ленина, 61

ФГБОУ ВО «Алтайский государственный университет»

Факультет математики и информационных технологий

Тел +79069639372

E-mail: dsv@math.asu.ru