

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертацию Емельяновой Татьяны Вениаминовны
«Одноэтапные последовательные процедуры оценивания параметров динамических систем»,
представленной на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук по специальности
05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации
(в отраслях информатики, вычислительной техники и автоматизации).

Задачи оценивания параметров динамических систем весьма интересны как с математической точки зрения, так и в плане многочисленных приложений. Хорошо известные в литературе подходы к решению этих проблем, основанные на классических методах максимального правдоподобия, наименьших квадратов, стохастической аппроксимации и др., разработаны с достаточной полнотой в предположении, что объем наблюдений может быть сколь угодно большим, иными словами, в асимптотической постановке. Асимптотические исследования дали возможность установить общие условия идентифицируемости многих моделей динамических систем. Вместе с тем, асимптотическая теория не исследует свойств оценок для малых и умеренных объемов данных. Подобные вопросы относятся к сфере неасимптотической теории, которая разработана в меньшей степени.

Работа Емельяновой Т.В., имеющая целью построение оценок параметров динамических систем с заданной среднеквадратической точностью, в значительной степени восполняет этот пробел, что безусловно делает эту работу актуальной.

Диссертация использует методологию статистического последовательного анализа в качестве основы для построения оценок параметров. Последовательный анализ для оценивания параметров временных рядов стал активно применяться, начиная с работ А.А. Новикова, Р.Ш. Липцера и А.Н. Ширяева (для диффузионных процессов), В.З. Борисова и В.В. Конева (для процессов с дискретным временем).

Диссертация состоит из введения, трёх глав, заключения и списка литературы.

Во введении обосновывается актуальность исследуемой проблемы и выбор объектов и методов исследований, дается краткий обзор работ, связанных с идентификацией динамических систем с помощью методов последовательного анализа. Здесь же формулируются цели исследования и излагаются основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе рассматривается задача оценивания параметров непрерывного устойчивого процесса авторегрессии p -го порядка, описываемого стохастическим дифференциальным уравнением. Предлагается одноэтапная последовательная процедура, которая строится на основе классической оценки максимального правдоподобия и отличается от нее только выбором момента прекращения наблюдений. Вводится специальный момент остановки наблюдений, определяемый по выборочной информационной матрице Фишера. В частном случае $p=1$ построенный одноэтапный последовательный план совпадает с известной последовательной оценкой. Результаты теоретического исследования предлагаемой процедуры представлены в теоремах, устанавливающих асимптотические формулы для средней длительности процедуры и среднеквадратической точности оценок неизвестных параметров в зависимости от величины порога, определяющего момент остановки наблюдений. В заключительном разделе 1.5 главы 1 представлены результаты экспериментального исследования свойств одноэтапного последовательного плана для процесса авторегрессии второго порядка AR(2). Процедура применяется для оценки спектральной плотности процесса. Установлено согласие между выборочными и теоретическими свойствами последовательного плана.

Во второй главе автор использует одноэтапную последовательную процедуру для оценивания коэффициентов тригонометрической суммы по наблюдениям по наблюдениям этой суммы в смеси со стационарным процессом Орнштейна-Уленбека с неизвестным мешающим параметром.

Основными результатами главы 2 являются теоремы, устанавливающие формулы для средней длительности одноэтапной последовательной процедуры и среднеквадратической точности оценок в зависимости от величины порога, используемого в моменте остановки наблюдений в одноэтапной последовательной процедуре. В разделе 2.4 приводятся результаты численного моделирования процедуры идентификации тригонометрического сигнала на модельном примере. Представлен численный анализ длительности последовательной процедуры и оценок трех неизвестных параметров, включая мешающий параметр шума. Результаты моделирования, представленные в таблицах и графиках, согласуются с теоретическими выводами о качестве процедуры в теоремах 2.1 и 2.2 при выборе достаточно большого порога в моменте остановки наблюдений.

В третьей главе рассматривается задача последовательного оценивания коэффициентов тригонометрической суммы по наблюдениям ее в дискретном времени в смеси с авторегрессионным стационарным шумом, параметры которого также являются неизвестными. Автор предлагает и исследует более простую (по сравнению с известной)

последовательную процедуру оценивания, позволяющую контролировать точность оценок при некоторой априорной информации о параметрической области. Предлагаемая конструкция последовательного плана оценивания тригонометрического сигнала на фоне авторегрессионных шумов представляет собой оценку наименьших квадратов (неизвестных параметров и мешающих параметров шума), вычисленную в специальный момент останковки, который определяется на основе выборочной информационной матрицы Фишера. Основным результатом исследований главы 3 являются теоремы для средней длительности процедуры и для ее среднеквадратической точности. Проведено экспериментальное исследование выборочных свойств процедуры, результаты представлены в таблицах и графиках.

Результаты диссертационного исследования Емельяновой Т. В. представляют интерес для специалистов в области статистики случайных процессов и построения моделей временных рядов. Все теоретические результаты подробно доказаны и опубликованы с достаточной полнотой. По теме диссертации имеется 9 публикаций, из них 3 статьи в журналах из списка изданий, рекомендованных ВАК. Результаты исследований докладывались на международных и всероссийских научных конференциях. Автореферат правильно отражает содержание диссертации.

Результаты диссертационной работы могут использоваться в Московском университете, Институте проблем управления, Институте проблем передачи информации, в Томском университете и др.

По работе имеются следующие замечания:

1. На с. 20 ничего не сказано о начальном условии для уравнения (1.1).
2. На с. 21 нет объяснения верхним индексам в уравнении (1.2). Замечу также, что символ $\langle \rangle$ (с.21) обычно используется для обозначения скалярного произведения.
3. Так как матрица M_T случайна, то в формулировке Леммы 1.1 следует указать, в каком смысле понимается ее невырожденность. Мне представляется, что было бы логичнее сначала ввести предположение об ограниченности четвертого момента начального условия (см. Лемму 1.3), из которого вытекает невырожденность этой матрицы по вероятности. Это же замечание относится и к аналогичным утверждениям в главах 2 и 3.
4. На с. 24 указано, что при условии Леммы 1.3 предел (1.8) существует почти наверное. На самом деле, из Леммы 1.3 следует существование этого предела по вероятности.
5. На с. 26 формулу (1.13) следует отнести не к матричному уравнению, а к выражению для матрицы F .

6. На с. 27 в уравнении на первой строке сверху пропущен символ транспонирования для матрицы B .
7. На с. 33 в выражении для математического ожидания момента остановки (3-я строка сверху) неверно указан верхний предел интегрирования в первом слагаемом.
8. На с. 78 надо сослаться на формулу (3.6), а не на формулу (3.7) при описании последовательности Y_n .
9. Автор несколько раз ссылается на лемму 1.1.1 из [57]. Мне представляется, что для удобства чтения следовало бы привести формулировку этой леммы.
10. Длительность одноэтапной последовательной процедуры, построенной в главе 1, случайна и зависит от выбора положительного порога N . Поскольку большие значения N могут привести к затягиванию процедуры, имело бы смысл теоретически или с помощью моделирования изучить соответствующую последовательную процедуру с усеченным моментом остановки.
11. В главе 2, где рассматривается задача оценивания тригонометрического сигнала на фоне шума Орнштейна-Уленбека, отмечается (стр. 49) возможность использовать другую систему базисных функций вместо тригонометрической. Имело бы смысл остановиться на этом вопросе подробнее.
12. В модели главы 3 предполагается, что распределение авторегрессионного шума неизвестно. Не обсуждается вопрос, можно ли улучшить качество оценивания при известном распределении.
13. В работе только упоминается двухэтапная последовательная процедура и необходимость построения одноэтапной последовательной процедуры объясняется ссылкой на ее сложность. На мой взгляд, следовало бы привести формулы, определяющие двухэтапный последовательный план оценивания.

Указанные замечания не носят существенного характера и не снижают высокий научный уровень диссертации.

Диссертация Емельяновой Татьяны Вениаминовны представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой предложены и исследованы статистические последовательные процедуры оценивания параметров широкого класса динамических систем. Диссертация содержит важные результаты, имеющие научную новизну и практическую ценность. Диссертационная работа Емельяновой Татьяны Вениаминовны отличается высоким качеством. Судя по публикациям и тексту диссертации, работа выполнена автором полностью самостоятельно.

Вышеизложенное позволяет сделать вывод, что диссертационная работа «Одноэтапные последовательные процедуры оценивания параметров динамических систем» соответствует требованиям пп. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 (в редакции от 30.07.2014 г.),

а ее автор – Емельянова Татьяна Вениаминовна – достойна присуждения ей
ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.01 –
системный анализ, управление и обработка информации (в отраслях информатики,
вычислительной техники и авто матизации).

главный научный сотрудник
Института системного анализа
Федерального исследовательского
центра «Информатика и управление» РАН
доктор физико-математических наук

Б.С.Дарховский

Верно:

Ученый секретарь
Федерального исследовательского центра
«Информатика и управление» РАН
доктор технических наук



01.08.2016 г.

В.Н. Захаров

Отзыв составил:

Дарховский Борис Семенович, доктор физико-математических наук (01.01.11 – Системный анализ и автоматическое управление), старший научный сотрудник, главный научный сотрудник лаборатории «Динамика макросистем» Института системного анализа Федерального исследовательского центра «Информатика и управление» Российской академии наук

119333, Москва, Вавилова, д.44, кор.2
+7 (499) 135-62-60
ipiran@ipiran.ru
<http://web.frccsc.ru>