

Отзыв
официального оппонента о диссертации
Филоненко Петра Александровича
«Статистический анализ критериев для проверки гипотезы
однородности распределений по случайно цензурированным
наблюдениям»,
представленной на соискание ученой степени кандидата
технических наук по специальности 05.13.17 – Теоретические основы
информатики

Диссертационная работа Филоненко П. А. посвящена исследованию свойств ряда статистических критериев однородности данных типа времени жизни с правым цензурированием методами компьютерного моделирования.

Использование методов компьютерного моделирования – универсальный и эффективный способ проверки асимптотических результатов, полученных теоретическим путем, и установления реальной близости истинных распределений к асимптотическим. Методы компьютерного моделирования широко используются в задаче проверки статистических гипотез. Компьютерное моделирование используется для аппроксимации распределений статистик критериев при нулевой гипотезе и для оценивания мощности путем исследования свойств статистик критериев для широкого класса альтернатив. Современные технологии компьютерного моделирования позволяют аппроксимировать распределение статистики критерия при нулевой гипотезе в случае нечетких знаний о структуре распределения исходных данных (критерии случайных перестановок, бутстреп), что дает возможность существенно расширить спектр применимости статистического анализа и повысить эффективность стандартных статистических процедур.

Анализ данных типа времени жизни – одно из ключевых направлений в математической статистике. Спектр применения методов анализа данных типа времени жизни достаточно широк. Помимо медико-биологических исследований они применяются для решения широкого круга задач в инженерии и теории надежности. На раннем этапе развития данного направления широкое распространение получили задачи, связанные с анализом таблиц выживаемости. Ключевым свойством данных типа времени жизни явилось наличие фактора выживания к моменту окончания исследования, или цензурирования справа. Задача состоятельного непараметрического оценивания распределения времени отказа по таблицам выживаемости при наличии цензурирования справа оказалась неразрешимой, что существенно осложнило статистический анализ таблиц выживаемости. Модель данных типа времени жизни с цензурированием справа обрела особую популярность после появления работы Каплана и Мейера (1958), в которой вводится непараметрическая

оценка распределения времени отказа в условиях данной модели. В дальнейшем потребности исследований времени жизни в условиях неполной информации воплотились в появлении широкого круга моделей цензурированных и усеченных данных, но и по сей день, модель анализа данных типа времени жизни с цензурированием справа остается наиболее востребованной. В 80-е и 90-е годы XX века отмечался рост числа теоретических исследований по методам анализа данных типа времени жизни, связанный с внедрением в данное направление техники анализа точечных процессов. В частности, были обобщены асимптотические результаты для широкого круга непараметрических статистик. Следует отметить, что теоретических результатов о поведении статистик непараметрических критериев при альтернативе практически нет, поэтому использование методов компьютерного моделирования для оценки мощности непараметрических критериев выглядит особенно актуальным.

В работе Филоненко П.А. поставлены основные задачи оценки скорости сходимости распределений статистик критериев анализа данных типа времени жизни к предельным законам распределения и сравнительный анализ мощности статистических критериев при различных альтернативах, а также разработки и исследования ряда новых статистических критериев и изучения их свойств. Материал диссертации разделен на пять глав.

В первой главе вводятся основные определения, обсуждается классическая постановка задач проверки статистических гипотез, а также вводится классическая модель анализа данных типа времени жизни с правым цензурированием. Там же обсуждаются непараметрические оценки Каплана-Мейера (1958), Альтшулера (1970), Абдушукурова (1998) и рассмотрены некоторые известные обобщения критериев проверки однородности данных типа времени жизни с правым цензурированием. Цензурирование предполагается неинформативным и независимым.

Во второй главе описаны алгоритмы компьютерного моделирования и приведены оценки скоростей сходимости распределений статистик ряда известных статистических критериев проверки однородности анализа данных типа времени жизни с цензурированием справа к предельным распределениям. Различия истинного и асимптотического распределений измеряются расстоянием L_∞ между соответствующими функциями распределения. Для их оценки автор предлагает использовать регрессионную модель $a \cdot \min(n_1, n_2)^{-b+\eta}$, где n_1 и n_2 – размеры выборок. С учетом того, что большинство статистик критериев асимптотически нормальны, оценка параметра b должна сходиться с ростом размеров выборок к $1/2$, но для относительно небольших значений n_1 и n_2 такой подход может давать лучший результат, чем регрессионная модель $a \cdot \min(n_1, n_2)^{-1/2+\eta}$, естественным образом вытекающая из асимптотической теории. В качестве модельных распределений времен отказа и времен цензурирования при основной

гипотезе использованы распределения Вейбулла и гамма-распределения. Распределения подбирались таким образом, чтобы процент цензурированных наблюдений менялся от 0 до 50%. Исследование скорости сходимости проведено для семи критериев, среди которых обобщения ранговых критериев, критерий Кокса-Мантела и критерий Багдонавичуса-Никулина.

В третьей главе проводится сравнительный анализ мощностей известных критериев, при различных альтернативах, и формируются рекомендации к использованию того или иного критерия для различных типов альтернатив. Исследование проведено для 15 статистических критериев в случае полных данных типа времени жизни, и 12 статистических критериев в случае цензурированных справа данных для 27 типов альтернативных гипотез. Критерии анализа цензурированных данных типа времени жизни исследовались при различном проценте цензурированных наблюдений от 0 до 50%. В список исследованных статистических критериев анализа данных типа времени жизни с правым цензурированием входят ранговые критерии, критерии Багдонавичуса-Никулина и ряд комбинированных критериев.

В четвертой главе представлены новые комбинированные критерии MAX и MIN3, и обобщения критериев Стьюдента и Крамера-Уэлча на случай цензурированных справа данных. Кроме того, предложен алгоритм имитации полной выборки по цензурированным справа данным с использованием сглаженной оценки Альтшулера по объединенной выборке при справедливости гипотезы однородности. Данный подход использован для аппроксимации достигнутого уровня значимости (P -значения) исходного критерия при нулевой гипотезе.

В последней главе приведено описание разработанного и запатентованного программного обеспечения для вычисления значений статистик критериев, построения оценок функций надежности и проведения статистического моделирования распределений статистик критериев однородности распределений по цензурированным справа наблюдениям. Описано внедрение статистических методов в практику работы действующего предприятия для решения задачи статистического контроля качества.

В диссертации Филоненко П.А. выявлены недостатки, некоторые из которых могут оказаться существенными. Из текста диссертации не видно, как именно строится модифицированный критерий однородности средних. Очевидно, что способы построения критерия, описанные в разделах 4.3.1 (стр. 149-150) и 4.3.3 (стр. 150-151), применимы только в классическом случае полных данных. Известно (Gill (1983), The Annals of Statistics 11(1), 49-58), что асимптотическая дисперсия оценки среднего значения, построенная с использованием оценки Каплана-Мейера, существенно зависит от распределения времени цензурирования. Данное свойство, вероятно, сохранится, если использовать оценку Абдушукурова вместо оценки Каплана-Мейера, а следовательно, при справедливости

нулевой гипотезы распределения статистик критериев S_{ST} и S_{CW} вообще говоря не будут сходиться к стандартному нормальному закону в случае цензурированных справа данных. Для корректного построения критериев требуются дополнительные теоретические исследования об асимптотической нормальности средних, полученных с использованием оценки Абдушукурова. При этом, получится по сути один и тот же критерий. Альтернативно, для построения критериев можно использовать методы Монте-Карло. В последнем случае для корректного построения критерия потребуются достаточно большие размеры выборок. На мой взгляд, требуются более детальные пояснения по использованию Q-критерия, описанного в разделе 4.1 (стр. 134). Потенциально такой подход может привести к неверным выводам, так как условное распределение статистики при выполнении того или иного условия выбора критерия может отличаться от безусловного. Для сравнения скоростей сходимости распределений статистик различных критериев к предельным законам в главе 2 автор использует коэффициент b регрессии, описанной ранее. Ввиду асимптотической нормальности статистик, данная модель может быть использована лишь при относительно небольших размерах выборок, а следовательно, коэффициент b не является определяющим. В разделе 4.4.3 следовало бы что-то сказать о преимуществах подхода основанного на имитированной выборке к вычислению P -значения при нулевой гипотезе по сравнению с методом Монте-Карло.

Следует также отметить ряд недостатков, касающихся изложения теоретического материала. Понятие цензурированных справа данных на стр. 9 дано неудачно. Следовало бы отметить, что наряду с цензурированными наблюдениями присутствуют и не цензурированные наблюдения. Кроме того, цензурированные слева наблюдения нигде не используются в диссертации и упоминание о них необязательно. Там же, на стр. 9 «область определения случайной величины» следует понимать как область ее значений. На мой взгляд, в диссертационной работе излишне много внимания уделяется классическим фактам теории вероятностей и математической статистики, но при формулировке ряда результатов допущены неточности. В частности, понятие случайной величины на стр. 21 дано некорректно. На стр. 22 строка 6 по сути вводится понятие абсолютно непрерывной случайной величины, а не непрерывной. На стр. 23 строка 5 снизу автор утверждает, что пространство функций распределения конечномерное, а это неверно. В связи с этим, теорема 1.1 в данном случае неприменима. Следует отметить, что формула (1.4) корректна только в случае различных T_i , в связи с чем использование знаков \leq вместо $<$ в следующей строке только вводит в заблуждение. Непараметрическая оценка (1.5), которую автор называет оценкой Бреслоу, впервые появилась в работе Альтшулера (Altshuler (1970), Math. Biosic. 6). Утверждение автора на стр. 30 строка 17, что «критическая область – наименее вероятные значения статистики»,

не вполне отражает существо вопроса. Утверждение автора об обратной пропорциональности ошибок 1-го и 2-го рода на стр. 31 следует признать неудачным. Обратная пропорциональность подразумевает зависимость вида $y=1/x$, что конечно же не верно для вероятностей 1-го и 2-го рода. Прежде чем перейти к описанию алгоритма 1.1 на стр. 34 следовало бы дать определение статистики критерия. Выражение «максимума от вектора стандартных нормальных случайных величин» на стр. 136, вероятно, следует заменить на «максимума модуля от вектора стандартных нормальных случайных величин». Та же опечатка присутствует в формулировке теоремы 4.1. Вывод в конце стр. 159 сформулирован недостаточно ясно. Если распределения выборок различны, то об оценке какой функции надежности идет речь?

Отмеченные недостатки ни в коей мере не отменяют достижений автора диссертации. Автореферат диссертации правильно отражает ее содержание. Результаты диссертации своевременно опубликованы в периодических изданиях и материалах конференций, 3 работы опубликованы в журналах, рекомендованных ВАК, 2 работы опубликованы в рецензируемых международных журналах, индексируемых Web of Science и Scopus. Получено 1 свидетельство о государственной регистрации программы ЭВМ.

Несмотря на выявленные недостатки в презентации материала считаю, что работа Филоненко П. А. «Статистический анализ критериев для проверки гипотезы однородности распределений по случайно цензурированным наблюдениям» в целом удовлетворяет требованиям, предъявляемым ВАК к диссертациям, представляемым на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.17 – «Теоретические основы информатики», а диссертант заслуживает присвоения ему ученой степени кандидата технических наук.

18 апреля 2018 г.

Официальный оппонент

Ведущий научный сотрудник
лаборатории «Центр геномной
биоинформатики им.
Ф.Добрянского»

Санкт-Петербургского
государственного университета
кандидат физ.-мат. наук, доцент

199034, г. Санкт-Петербург,
Средний проспект 41А
тел.: +7(812)3636103
e-mail: malovs@sm14820.spb.edu

Малов С.В.

ИНУЮ ПОДПИСЬ
Чайрова С.В.
ЕРЯЮ
ЗАМЕСТИТЕЛЬ НАЧАЛЬНИКА
УПРАВЛЕНИЯ КАДРОВ СФУ
Н. К. КОРЕЛЬСКАЯ

Отправ посылка в
совет 26.04.18

С отзывом
ознакомлен

03.05.2018г.