

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Блинова Павла Юрьевича «Исследование свойств и мощности критериев равномерности и показательности методами компьютерного моделирования», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.17 – Теоретические основы информатики

1. Актуальность темы исследований

Реальные свойства критериев проверки статистических гипотез при ограниченных объемах выборок порой существенно отличаются от асимптотических. В условиях приложений часто нарушаются предположения, обуславливающие возможность применения классических результатов при использовании конкретных критериев. Игнорирование указанных обстоятельств может приводить к некорректным статистическим выводам.

Отсюда следует, что при использовании статистических критериев необходимо опираться на реальные распределения статистик, имеющие место в реальных условиях приложений. Очевидно, что обеспечить возможность исследования распределений статистик (при различных комбинациях условий) для многих и многих критериев и обеспечить корректное применение этих критериев можно лишь с опорой на компьютерные технологии и методы статистического моделирования.

С другой стороны, наличие множества критериев, ориентированных на проверку одной и той же гипотезы, неизбежно ставит специалиста перед необходимостью выбора в каком-то смысле наиболее предпочтительного критерия или критериев.

Всё вышесказанное подчёркивает актуальность темы исследований.

2. Научная новизна исследований и полученных результатов

Результаты, полученные в диссертационной работе, являются новыми, опубликованы в 22 работах автора, среди которых 3 статьи в журналах из списка, рекомендованного ВАК, 2 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ, 5 статей в трудах международных конференций, индексируемых в Web of Science и/или в SCOPUS, 1 монография в соавторстве.

Диссертация общим объемом 249 страниц включает введение, 5 глав основного содержания, в том числе 34 таблицы и 72 рисунка, заключение, список использованных источников из 139 наименований, 5 приложений. В приложения вынесены 136 таблиц с уточненными критическими значениями статистик и полученными оценками мощности критериев.

В первой главе диссертации кратко описываются задачи проверки гипотезы о принадлежности выборки равномерному и проверки гипотезы о принадлежности показательному законам, намечаются цели исследования соответствующих групп критериев, выбираются близкие конкурирующие

гипотезы, относительно которых планируется оценить мощность критериев.

Во **второй главе** диссертации методами статистического моделирования исследуются распределения статистик множества специальных критериев проверки равномерности: исследуется сходимость распределений статистик к асимптотическим (при наличии последних); уточняются и расширяются таблицы критических значений; исследуется мощность критериев относительно рассматриваемых конкурирующих законов. Таблицы с критическими значениями статистик критериев и с оценками мощности сводятся в 2 приложения (А и Б). Здесь впервые показано, что значительная часть из рассматриваемого множества критериев при малых объёмах выборок являются смещёнными по отношению к одной из конкурирующих гипотез. Здесь же приводятся результаты сравнительного анализа рассмотренного множества специальных критериев, и критерии упорядочиваются по мощности относительно трёх конкурирующих законов.

В **третьей главе** аналогичным образом исследуются свойства множества специальных критериев, предназначенных для проверки гипотезы о принадлежности выборки показательному закону. Подчеркивается, что исследования являются развитием исследований А.П. Рогожникова, но касаются другого подмножества критериев. В данной главе также исследуется сходимость распределений статистик к асимптотическим распределениям, уточняются и расширяются таблицы критических значений, оценивается мощность критериев относительно рассматриваемых конкурирующих гипотез. Таблицы с критическими значениями статистик критериев и с оценками мощности сводятся в приложения В и Г. В результате сравнительного анализа множество критериев показательности упорядочивается по мощности, проявленной относительно трёх рассмотренных конкурирующих законов.

В **четвёртой главе** рассмотрено применения для проверки гипотез о принадлежности выборок равномерному и показательному законам непараметрических критериев согласия (Колмогорова, Крамера–Мизеса–Смирнова, Андерсона–Дарлинга, Купера, Ватсона, трёх критериев Жанга) и критерия χ^2 Пирсона. Получены оценки мощности критериев относительно конкурирующих гипотез, рассматриваемых при проверке равномерности и при проверке показательности. Проведен сравнительный анализ мощности всех критериев, используемых при проверке равномерности, и всех критериев, применяемых при проверке показательности.

Пятая глава посвящена математическому обеспечению исследований. В рамках развиваемой программной системы ISW реализована возможность исследования свойств и применения множеств специальных

критериев, предназначенных для проверки равномерности и показательности. Для критериев, информация о распределениях статистик которых ограничена лишь таблицами критических значений, реализован интерактивный режим моделирования неизвестных распределений статистик, что позволяет далее по полученным эмпирическим распределениям статистик вычислять достигнутый уровень значимости (p -value). Показывается, что на распределения статистик рассматриваемых критериев может влиять ограниченная точность представления данных в выборках (и приводит к некорректности выводов). Показывается, что эти проблемы могут быть устранены при использовании в процессе проверки реальных распределений статистик критериев, имеющих место при данных объемах выборок n и степени округления Δ , соответствующих анализируемым данным (что и реализуется в программном обеспечении). Приведено описание разработанной подсистемы, позволяющей моделировать законы распределения для различных функций от случайных величин, что существенно расширяет полезные функции программной системы.

В заключении формулируются основные результаты, полученные в работе.

В последнем приложении Д содержится 3 акта об использовании результатов диссертационных исследований и 2 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ.

3. Обоснованность и достоверность полученных результатов

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, вытекающих из результатов исследований, обеспечиваются корректным применением математического аппарата и методов статистического моделирования для исследования свойств и распределений статистик критериев, а также совпадением результатов статистического моделирования, в соответствующих случаях, с известными теоретическими результатами и результатами других авторов.

4. Научная и практическая ценность основных положений диссертации

Научная ценность диссертации заключается:

- в уточнении реальных свойств множества рассмотренных критериев и в выявленных отклонениях распределений статистик критериев от теоретических;
- в построенных таблицах процентных точек, расширяющих возможности применения рассмотренных критериев равномерности и критериев показательности;
- в результатах сравнительного анализа мощности множества критериев равномерности и множества критериев показательности.

Практическая ценность диссертации заключается в том, что:

- результаты позволяют обосновать выбор критериев при проверке гипотез о равномерности и показательности;
- результаты и средства моделирования, включенные в программную систему ISW, позволяют корректно применять множество критериев равномерности и показательности с вычислением достигнутого уровня значимости p_{value} (в том числе, при ограниченных объемах выборок, в условиях неизвестных распределений статистик, при ограниченной точности анализируемых данных).

5. Рекомендации по возможности использования результатов и выводов диссертации

Результаты диссертационной работы Блинова П.Ю. могут применяться при решении задач метрологического обеспечения и статистического анализа экспериментальных данных в различных приложениях.

6. Замечания по диссертационной работе

По представленной диссертации Блинова П.Ю. могут быть сделаны следующие замечания.

1. В диссертационной работе оба множества критериев равномерности и показательности упорядочены по убыванию мощности каждое относительно трех видов конкурирующих гипотез (конкурирующих законов распределения), выбранных вполне обосновано. Однако в тексте диссертации явно не говорится о том, изменится ли что-либо в порядке предпочтения критериев, если рассматривать конкурирующие гипотезы того же характера, но более близкие или более далёкие?
2. Относительно трех видов конкурирующих гипотез рассмотренные критерии равномерности и показательности упорядочиваются по-разному, и можно выделить группы критериев, применение которых целесообразно, и выделить явно неудачные критерии. Но в обоих случаях нельзя однозначно указать лидера. Что делать, если обстоятельства требуют остановиться на применении единственного критерия?

Сделанные замечания имеют характер пожеланий и не снижают научной и практической ценности диссертации и не влияют на общую положительную оценку результатов исследований.

7. Заключение о работе

Содержание и область исследований диссертации соответствует паспорту специальности 05.13.17.

Представленная диссертация является завершённой научно-квалификационной работой, содержит подходы к решению важной научной задачи, имеющей большую практическую значимость, и выполнена на высоком

научном уровне. Результаты исследований обладают научной новизной и достоверностью, все полученные выводы научно обоснованы. Основные положения диссертационной работы достаточно полно освещены в научных публикациях автора. Автореферат отражает основное содержание диссертации.

Вышесказанное позволяет утверждать, что диссертационная работа Блинова Павла Юрьевича соответствует требованиям пунктов 9–14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.17 – Теоретические основы информатики.

Д.т.н., профессор, заведующий лабораторией информационных систем и защиты информации, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт вычислительных технологий Сибирского отделения Российской академии наук, пр-т Академика Лаврентьева, 6, Новосибирск, 630090. Тел.: (383) 330–61–50; E-mail: boris@ryabko.net

Б.Я. Рябко



14.08.2019

Отзыв поступил в
совет 04.08.2019

С отзывом ознакомлен
04.06.2019
Бил