

## УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора по научной работе  
Федерального государственного  
бюджетного учреждения науки Института  
проблем управления им. В.А. Трапезникова  
Российской академии наук,  
кандидат физико-математических наук



И.Н. Барабанов

«24» марта 2017 г.

## ОТЗЫВ

**ведущей организации – Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем управления им. В.А. Трапезникова Российской академии наук – на диссертацию Лукьяновой Натальи Александровны «Разработка метода и алгоритмов рекуррентного построения распределений вероятностей конечных случайных множеств», представленную к защите в Диссертационном Совете Д 212.267.08, созданном на базе Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ**

**Актуальность темы диссертации.** В настоящее время актуальны задачи, связанные с необходимостью обработки больших массивов данных с целью поиска новых закономерностей, установления и выявления новых знаний, которые впоследствии могут быть использованы экспертами прикладной области. Подобные задачи, как правило, имеют комбинаторный характер и заключаются в поиске зависимостей между связанными событиями в виде, доступном интерпретации человеком. Извлечение полезных знаний невозможно без хорошего понимания сути данных, а успешный анализ требует качественной предобработки данных и тщательного выбора модели для

интерпретации зависимостей, которые могут быть обнаружены. В диссертации Лукьяновой Н.А. в качестве такой математической модели сложных объектов и систем, когда число описываемых признаков конечно и появление любого из этих признаков представляется как случайное событие, рассматриваются конечные случайные множества. Вероятностные распределения конечных случайных множеств, носителями которых выступают множества случайных событий, позволяют дать сжатое описание неструктурированных данных, для которых размер каждой транзакции (множества событий, произошедших одновременно) не является фиксированным. Однако процесс построения и исследования таких вероятностных распределений осложнен, прежде всего, проблемой размерности.

В диссертации Лукьяновой Н.А. разработан, обоснован, реализован и протестирован новый метод рекуррентного построения распределений вероятностей конечных случайных множеств, носителями которых выступают множества случайных событий. Важным аспектом диссертационного исследования является применение впервые ассоциативных функций, которые хорошо известны в теориях неопределенности, для построения распределений вероятностей конечных случайных множеств, что позволяет моделировать новые законы распределений вероятностей конечных случайных множеств, которые применяются для решения частных задач социально-экономической и медико-биологической направленности.

**Характеристика диссертационной работы по главам.** Диссертация Лукьяновой Н.А. состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы, двух приложений, списка таблиц, списка иллюстраций и списка условных обозначений. Текст работы изложен на 147 страницах, включая приложения. Список литературы включает 157 наименований.

Во **введении** обосновывается актуальность темы диссертационной работы и формулируется научная проблема, выполнен обзор литературы, определяются цель, задачи и методы исследования, положения, выносимые на защиту, научная новизна, теоретическая и практическая значимость исследования, приводятся сведения об апробации работы.

В **первой главе** приведены основные сведения о ключевых объектах исследования, а именно о конечных случайных множествах, носителями которых выступают множества случайных событий, и о распределениях вероятностей, которые характеризуют рассматриваемые конечные случайные

множества. Основными результатами первой главы являются формулировка и доказательство двух теорем о достаточных условиях, при выполнении которых функция множества определяет распределение вероятностей конечного случайного множества II-го и V-го рода. Найденные условия дополняют известные необходимые условия существования распределения вероятностей конечного случайного множества II-го и V-го рода и расширяют область применимости случайно-множественного моделирования. Получены модификации границ Фреше для вероятностей пересечений и объединений событий, которые уточняют необходимые и достаточные условия существования распределений вероятностей II-го и V-го рода конечных случайных множеств.

Во второй главе изложены основные результаты диссертации. Предложен метод рекуррентного построения распределений вероятностей конечных случайных множеств на основе ассоциативных функций и обосновано применение понятия ассоциативной функции к распределению вероятностей конечного случайного множества. Данный метод сокращает число параметров, необходимых для описания распределения, с  $2^N$  до  $N + 1$  и порождает новые классы распределений вероятностей конечных случайных множеств. Предложенный метод решает проблему размерности, однако порождает другую проблему, а именно, построенные с помощью данного метода функции множества могут не являться распределением вероятностей, поэтому для каждого рассматриваемого семейства ассоциативных функций возникает необходимость исследования области применимости метода. **Параграф 2.3** посвящен решению этой проблемы. Кроме того, в этом параграфе с помощью предложенного метода получены ранее известные законы распределений вероятностей (законы с независимо-точечной, вложенной и непересекающейся структурой зависимостей событий), а также выявлены новые классы распределений вероятностей конечных случайных множеств. Также метод рекуррентного построения распределений вероятностей конечных случайных множеств распространен на двойственные ассоциативные функции.

В третьей главе диссертации приведено описание алгоритмов и комплекса программ. Изложенный во второй главе метод рекуррентного построения распределений вероятностей конечных случайных множеств на основе ассоциативных функций допускает численную реализацию с помощью соответствующих алгоритмов. Проведены экспериментальные исследования по

обработке реальных данных с целью апробации комплекса программ. Комплекс включает три модуля и предназначен для построения распределений конечных случайных множеств и вычисления их основных характеристик, для численной аппроксимации эмпирических распределений теоретическими распределениями, построенными с помощью ассоциативных функций, для моделирования выборки значений конечного случайного множества с заданным распределением и для проведения серии вычислительных экспериментов. В **параграфе 3.3** приведены результаты численных экспериментов по моделированию распределений конечных случайных множеств с использованием разработанного комплекса программ для исследования лекарственной устойчивости у больных туберкулёзом.

В **заключении** сформулированы основные выводы и результаты диссертационной работы.

**Научная новизна результатов работы.** Диссертация содержит новые научные результаты в области исследования конечных случайных множеств. Отличие от ранее известных результатов заключается в следующем:

- разработан метод представления распределений вероятностей конечных случайных множеств на основе ассоциативных функций через меньшее число параметров, позволяющий получать новые классы распределений вероятностей конечных случайных множеств;
- доказаны достаточные условия существования распределений вероятностей II-го и V-го рода конечных случайных множеств, которые служат обоснованием области применимости метода рекуррентного построения распределений вероятностей конечных случайных множеств;
- модифицированы известные границы Фреше для вероятностей пересечений и объединений случайных событий, уточняющие необходимые и достаточные условия существования распределений вероятностей II-го и V-го рода конечного случайного множества;
- разработан алгоритм рекуррентного построения распределений вероятностей конечных случайных множеств для произвольной ассоциативной функции и его модификации для четырех конкретных ассоциативных функций, реализован комплекс проблемно-ориентированных программ предобработки данных для реальных прикладных задач и вычислительных экспериментов.

**Достоверность основных научных положений и обоснованность результатов** в диссертационной работе Лукьяновой Н.А. обеспечена математически корректными выводами и доказательствами теорем, представленными в работе, согласованностью полученных результатов построения распределений на основе ассоциативных функций с известными в теории случайных множеств результатами, поскольку предложенный метод позволил получить не только новые классы распределений, но и ранее известные распределения с независимо-точечной, вложенной и непересекающейся структурой зависимостей событий. Теоретические положения подтверждены результатами вычислительных экспериментов.

**Значимость полученных автором диссертации результатов для развития теории случайных множеств.** Работа носит преимущественно теоретический характер. Основной ее ценностью является разработка и обоснование метода рекуррентного построения распределений вероятностей конечных случайных множеств на основе ассоциативных функций, а также установление аналитического вида и условий существования для ряда распределений вероятностей конечных случайных множеств.

**Практическая значимость результатов работы.** Результаты диссертационной работы могут представлять интерес для специалистов, занимающихся проблемами стохастического и компьютерного моделирования в медицине и экономике. Практическая ценность работы состоит в разработке достаточно универсального программного комплекса, позволяющего проводить вычислительные эксперименты по моделированию конечных случайных множеств. Разработанный автором комплекс проблемно-ориентированных программ и алгоритмов моделирования конечных случайных множеств может использоваться для выполнения расчетов соответствующих характеристик реальных систем. Также результаты работы могут быть использованы при анализе медицинских данных, например, на кафедре медицинской кибернетики КрасГМУ им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого Минздрава России и в учебном процессе в Институте математики и фундаментальной информатики СФУ при изучении методов построения стохастических моделей с помощью конечных случайных множеств.

**Полнота опубликования научных результатов и апробация.** По тематике диссертации опубликовано 20 работ, из них 5 статей в журналах, входящих в перечень рецензируемых научных изданий и рекомендованных

Высшей аттестационной комиссией при Министерстве образования и науки Российской Федерации для опубликования основных научных результатов диссертаций (в том числе 1 статья в российском научном журнале, индексируемом Scopus), 3 статьи в изданиях, индексируемых Web of Science и Scopus. Получено 1 свидетельство о регистрации электронного ресурса. Все материалы диссертационного исследования достаточно полно отражены в опубликованных работах.

#### **Замечания по диссертационной работе.**

1. На стр. 21 заявлено, что распределение вероятностей конечных случайных множеств можно задать шестью эквивалентными способами. В диссертации исследуются только распределения I, II и V-го рода, но нет обоснования выбора только этих распределений.
2. В пункте 2.4 автореферата заявлено о том, что предложенный метод распространен на двойственные ассоциативные функции. Однако определение таких функций в автореферате не дано, что осложняет понимание результата.
3. Описание примера по анализу лекарственной устойчивости больных туберкулезом очень краткое, что затрудняет восприятие результата.
4. В диссертации имеется ряд погрешностей редакторского характера. Например, на стр. 23, 32, 54 идут ссылки на примеры Приложения 1, в то время как все приложения нумеруются буквами русского алфавита.

Отмеченные недостатки не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы Лукьяновой Н.А., в которой решена актуальная научная проблема разработки метода построения распределений вероятностей конечных случайных множеств на основе ассоциативных функций.

**Общее заключение.** Диссертационная работа Лукьяновой Н.А. является законченной научно-исследовательской работой. Она посвящена актуальной научной проблеме, отличается научной новизной и практической значимостью полученных результатов. Достоверность результатов работы не вызывает сомнений, сами результаты достаточно полно опубликованы и апробированы. Автореферат полностью и правильно отражает содержание диссертации. По своему содержанию диссертация полностью соответствует специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Таким образом, считаем, что диссертация Натальи Александровны Лукьяновой «Разработка метода и алгоритмов рекуррентного построения распределений вероятностей конечных случайных множеств» соответствует критериям, установленным «Положением о присуждении ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, и удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, а ее автор, Лукьянова Наталья Александровна, заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата физико-математических наук по указанной специальности.

Отзыв составил заведующий лабораторией № 17 автоматизированных систем массового обслуживания и обработки сигналов Института проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, доктор технических наук Фархадов Маис Паша оглы. Отзыв обсужден и одобрен на расширенном семинаре лабораторий №16, 17, 68, 69 Института проблем управления РАН, протокол №17/4 от 21 марта 2017 г.

Заведующий лабораторией автоматизированных систем массового обслуживания и обработки сигналов ИПУ РАН, доктор технических наук (специальность 05.13.15 - Вычислительные машины, комплексы и компьютерные сети)

Фархадов Маис Паша оглы

21.03.2017 г.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова  
Российской академии наук

Адрес: 117997, ГСП-7, В-342, г. Москва, Профсоюзная, 65

<http://www.ipu.ru/>

Тел.: +7 495 334-89-10

E-mail: [dan@ipu.ru](mailto:dan@ipu.ru)