УДК 510.66

И.А. Рябинин, А.В. Струков

ПРЕДИСЛОВИЕ И ВСТУПИТЕЛЬНАЯ СТАТЬЯ К ПЕРЕИЗДАНИЮ РАБОТЫ П.С. ПОРЕЦКОГО «РЕШЕНИЕ ОБЩЕЙ ЗАДАЧИ ТЕОРИИ ВЕРОЯТНОСТЕЙ ПРИ ПОМОЩИ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ЛОГИКИ»

Рябинин И.А., Струков А.В. **Предисловие и вступительная статья к переизданию работы П.С.Порецкого «Решение общей задачи теории вероятностей при помощи математической логики».**

Аннотация. Предисловие и вступительная статья представляют переиздание работы Платона Сергеевича Порецкого, которая была записана как лекция 25 октября 1886 г. В предисловии дана краткая историческая справка о работах П.С.Порецкого в области математической логики и ее применимости к другим областям науки, в том числе и к теории вероятностей. Вступительная статья имеет основной целью показать, как в конце XIX века было сформировано начало логико-вероятностного анализа (ЛВА), суть которого состоит в корректном переходе от логического равенства между событиями к алгебраическому равенству между их вероятностями. Показано, что дальнейшее развитие ЛВА было вызвано практической потребностью в 60-х годах прошлого столетия в оценке надежности цифровых схем, а также надежности и безопасности структурно сложных систем. Обсуждается сложный математический и философский вопрос о сущности принципиально разных понятий – вероятностной логики (ВЛ) и логики вероятностей (ЛВ).

Ключевые слова: математическая логика, теория вероятностей, логико-вероятностный анализ, ортогональная дизъюнктивная нормальная форма (ОДНФ), функции алгебры логики (ФАЛ).

Ryabinin I.A., Strukov A.V. **A Preface and an Introductory Article to the Re-edition of the Work of Platon Sergeevich Poreckiy «Solving General Tasks in Probability Theory by Using Mathematical Logic».**

Abstract: A preface and introduction article presents an article by Platon Sergeevich Poreckij which is a record of his lecture delivered on October 25, 1886. The preface contains short historical reference about P. S. Poreckij's works in the field of mathematical logic and its application to other science, including the probability theory. The introduction article has the main goal to show how the beginning of logic-and-probabilistic method (LPM) was created at the end of the XIX century. LPM essence was in valid transition from logic equation between the events to algebraic equality between their probabilities. The article shows that LPM further development is connected to the necessity of evaluation of digital circuits reliability as well as structurally complex systems reliability and safety in 1960s. Scientific disputes and the possibility of combining mathematical logic and the probability theory do not stop in the XIX century. There are regular seminars and conferences held on this subject. We discuss the complex mathematical and philosophical question about the nature of fundamentally different concepts - the probabilistic logic (PL) and the logic of probability (LP).

Keywords: mathematical logic, probability theory, logical probabilities analysis, orthogonalization disjunctive normal form (ODNF), Boolean function (BF).

1. Предисловие. Переиздание классических работ выдающихся ученых в последние годы стало хорошей традицией. В научный оборот возвращаются труды, где впервые были введены некоторые важные понятия, теории, методы и алгоритмы. В этой связи необходимо отметить, что в серии публикаций «Reprint from the Early Days of Information Sciences» международной лаборатории цифровой обработки сигналов университета г. Тампере (TICSP) под редакцией профессора Радомира С. Станковича (Radomir S. Stankoviĉ) и профессора Яакко Т. Астола (Jaakko T. Astola) в 2009 г. вышел репринт статьи П.С. Порецкого «Решение общей задачи теории вероятностей при помощи математической логики» и ее перевод на английский язык (http://ticsp.cs.tut.fi/reports/reprint-poreckij-r.pdf). В предисловии к репринту редакторы так объяснили цель публикации: «Исторические исследования научной дисциплины, как правило, есть признак её зрелости. При правильном проведении таких работ, этот вид исследований более чем перечисление фактов или предоставление кредита на определенные важные исследования. Это анализ путей мышления, которые привели к важным открытиям».

Хронологически первой работой великого русского ученого П.С. Порецкого (1846-1907), посвященной математической логике, является сообщение, читанное в 3-м заседании математической секции Общества Естествоиспытателей при Императорском Казанском университете астрономом-наблюдателем университета приват-доцентом П.С. Порецким 17 мая 1880г. и изданное в Собрании протоколов секции в 1881г [1].

Часто цитируемая, но не ставшая от того менее значимой, формулировка: «Математическая логика по предмету своему есть логика, а по методу математика» приведена П.С.Порецким в предисловии к сообщениям, прочитанным на заседаниях секции 27 февраля и 23 марта 1882 г. и изданным отдельным оттиском в 1884г. [2]. Именно тогда великий русский ученый в предисловии «Об отношении математической логики к математике и логике» отмечал, что все соглашаются, что математическая логика есть логика, а то, «что её метод вполне аналогичен *математическому* методу *алгебры* и ни в каком отношении ему не уступает,… это, конечно, требует доказательства».

Рассуждая о количественных формах алгебры и качественных формах логики, П.С. Порецкий замечает, что прямое перенесение, т.е. непосредственное применение принципов и приёмов алгебры к предмету логики *невозможно*, однако вполне возможно «…*приспособление* этих приёмов (с полным сохранением всей их *точности*) к изучению качественных форм…» [2].

Наиболее важное критическое замечание П.С. Порецкого относится именно к гипотезе Дж. Буля [4] о тесной связи между алгеброй и логикой, «…в силу которой при известных условиях (которые Буль указывает, но повторять которые здесь было бы вполне излишне), формулы и приемы алгебры могут быть переносимы в логику, и обратно. Эта гипотеза столь невероятна (смешивает свойства количества и качества), что подрывает всякое доверие к способу и вообще ко всей логической системе Буля. Независимо от этого, в способе Буля очень странно действует на читателя чередование логических приёмов с математическими и невозможность дать себе отчет в том, какие процессы мысли отвечают различным фазисам применяемого метода. Благодаря этому обстоятельству, доступны пониманию только первоначальное равенство и окончательный результат; все же остальное загадочно и произвольно…» [2].

Далее для описания духа критики работы Дж. Буля следует привести пусть пространную, но весьма значимую цитату работы П.С. Порецкого:

«…В настоящее время способ Буля (да и вообще все его учение) может представлять только исторический интерес, и мы привели его лишь затем, чтобы засвидетельствовать дань уважения глубокому уму, который, не имея предшественников (в сколько-нибудь серьезном смысле этого слова), положил прочное основание новой отрасли знаний, установив целый ряд бесспорных положений (независящих от упомянутой гипотезы) и указав задачи, настолько трудные и сложные, что для решения их помимо гипотезы оказалось недостаточным всего его остроумия. К счастью, другой достойный математик, Шредер, уделив часть своего досуга вопросам логики, успел разобраться среди лабиринта идей и приемов Буля, отделил в его учении произвольное от доказанного, усовершенствовал обозначения и вид формул, которые оказалось возможным удержать, и таким образом сохранил для науки те истины, которые были открыты Булем при сооружении его, хотя и блестящего, но эфемерного здания математической логики….» [2].

Как отмечал сам П.С. Порецкий, на тот момент у него не было возможности высказаться о применении математической логики к другим областям науки, кроме теории умозаключений. И хотя именно в это время профессор Казанского университета А.В. Васильев «…доставил возможность иметь в своем распоряжении весьма редкое сочинение Буля (первого автора по математической логике)» [2], и П.С. Порецкий знал об идеи Дж. Буля и его учеников У.С. Джевонса и Э. Шредера применить математическую логику к теории вероятностей, теории статистических отношений, теории отношений причин к следствиям, но считал этот вопрос «совершенно открытым».

И только в 1886г. П.С. Порецкий в сообщении, читанном 25 октября на 60-м заседании секции физико-математических наук Общества Естествоиспытателей при Императорском Казанском университете высказывает свое мнение о попытке Дж.Буля решить общую задачу теории вероятностей методами математической логики. Следует отметить, что как таковая задача «*приспособления*» методов алгебры к «изучению качественных форм» у него не стояла, или, возможно Дж. Буль эту операция производил в уме.

Но именно на этой задаче «*приспособления*» и сосредоточил свое внимание П.С. Порецкий в работе 1887 [3], используя результаты, изложенные в работе 1884г. И, если в трудах Дж. Буля вопрос о *приспособлении* алгебраических методов к предметам логики решался не явно, можно сказать загадочно, то разгадку этого как раз и предложил П.С. Порецкий в работе 1887 года [3].

Для более точной оценки значимости работы П.С. Порецкого хотелось бы привести весьма точное высказывание известного специалиста по истории математической логики в России В.А. Бажанова, по работе [5] которого приведена библиография работ П.С. Порецкого: «Значительная заслуга П.С. Порецкого состоит в том, что математическая логика стала развиваться не в направлении решения уравнений и удаления неизвестных, а в направлении получения всевозможных следствий из данных посылок» [5].

Поэтому в программе первого в России курса по математической логике, который вел приват-доцент П.С. Порецкий, последний, заключительный раздел программы назывался «О вероятностях логических классов. Об определении вероятностей событий при помощи математической логики». Наверно, следует пожелать включения подобного раздела, например под названием «Логико-вероятностное исчисление» и в современные учебные программы по математической логике.

Копия работы П.С. Порецкого любезно предоставлена сотрудниками Библиотеки Российской академии наук в Санкт-Петербурге, положительно оценившими идею переиздания работы выдающегося русского ученого, оригинал которой хранится в библиотеке Казанского университета. При переиздании максимально сохранены особенности стиля, орфографии, пунктуации, вариантность сокращений. Внесены незначительные правки в слова, соответствующие современной стилистике.

И в заключении предисловия хотелось бы привести ответ сербского профессора Радомира С. Станковича на запрос о его мнении по поводу переиздания работы П.С.Порецкого: «Профессор J.T. Astola и я очень рады узнать, что работа П.С. Порецкого будет опубликована в журнале. Мы считаем, что эта работа П. С. Порецкого является очень важным историческим вкладом в область вероятностного анализа при помощи логических методов».

2. Вступительная статья «Платон Сергеевич Порецкий (1846-1907) – первооткрыватель логико-вероятностного анализа». В §1 Сообщения [3] он ставит философский вопрос: возможно ли приложение учения о качественных символах (логических классах) к учению о символах количественных (вероятностных)? И отвечает: возможно.

Этот вопрос до сих пор ставит в тупик некоторых математиков [6,7]. Так профессор Голота Я.Я. считает «Алгебра логики высказываний исходит из полной определённости объектов изучения. Теория же вероятностей предполагает неопределённость в совершении событий. Таким образом, в одной теории объединяются отрицающие друг друга начала: полная определённость и неопределённость. Не говорит ли это об очевидном противоречии, лежащем в основе логико-вероятностной теории?».

Другой ученый доктор технических наук Соколюк В.Н. в работе [7, с.103], рассуждая об адекватности логики мировоззренческим принципам, пишет… «Если придерживаться теории вероятностей и алгебры логики в том виде, в каком они сложились на сегодня, то следует признать, что абсурдно говорить об «истинности событий» и о «вероятности высказываний», поскольку истинность – характеристика высказываний, но не событий, а вероятность – характеристика событий, но не высказываний. Каждое высказывание феноменально. Бессмысленно говорить об их массовости в теоретико-вероятностном смысле, хотя многие «ученые» даже пишут книги и создают теории, которые ведут в никуда [6]».

И только С.Н. Берштейн не испугался формальной разницы между качественными и количественными символами, и ровно через 30 лет разработал первую (по времени) аксиоматику логики высказываний для аксиоматизации теории вероятностей [8]. Думаю, что Сергей Натанович был знаком с работой П.С. Порецкого [3], который в 1870 году окончил физико-математический факультет Харьковского университета, в котором с 1907 по 1933 г. преподавал и С.Н. Берштейн.

Невостребованность практикой (первой половиной XX столетия) привела к забвению выдающихся математических результатов Порецкого П.С. и Берштейна С.Н. Этому способствовали и трудности в добыче их публикаций. Ссылаясь на работу [3] только по ее названию, многие авторы не отождествляли Порецкого П.С. с первооткрывателем логико-вероятностного анализа.

Так на с.3 [3] дано первое определение ЛВА…«Отсюда открывается общий путь для определения вероятностей: найти логическую связь между событиями, которого вероятность ищется, и другими событиями, вероятности которых даны, а затем сделать *переход* от логического равенства между событиями к алгебраическому равенству между их вероятностями». Изюминка этого определения кроется в выделенном автором слове «*переход*». Отсюда начинается описание главного результата автора. Для возможности пользоваться правилом несовместности необходимо уметь каждый логический многочлен:

$$A \vee B \vee C \vee D \vee ... \tag{1}$$

приводить к *дисъюнктному* (по современному – ортогональному) виду, т.е. к виду:

$$A \vee \overline{A}B \vee \overline{A}\,\overline{B}C \vee \overline{A}\,\overline{B}\,\overline{C}D \vee ..., \tag{2}$$

где $\overline{A}$ есть отрицание *A*, $\overline{B}$ - отрицание *B* и т.д.

Здесь я привел современные правила обозначения логических сумм $\vee$ и отрицаний $\overline{A}$ (у П.С.Порецкого «+» и *Ao* соответственно).

Оба многочлена логически равнозначны, но отличаются тем, что к первому из них не применима теорема о вероятности суммы несовместных событий, тогда как к второму применимо. Вероятность:

$$P(A \vee B \vee C \vee D), \tag{3}$$

будучи приведена к *дисъюнктному* виду, разбивается на сумму вероятностей:

$$P(A) + P(\overline{A}B) + P(\overline{A}\,\overline{B}C) + P(\overline{A}\,\overline{B}\,\overline{C}D)\,. \tag{4}$$

Из теории вероятностей известно, если два и более события суть независимы, то вероятность их совпадения равна произведению их отдельных вероятностей. Это значит, что если *a,b,c* … - суть простые события, не связанные между собою никакими логическим отношениями, то $P(abc...) = P(a)P(b)P(c)...$. Тогда (4) может записано в следующем виде:

$$P(A) + P(\overline{A})P(B) + P(\overline{A})P(\overline{B})P(C) + P(\overline{A})P(\overline{B})P(\overline{C})P(D)\,. \tag{5}$$

На стр. 7 [3] в качестве примера представлен современный алгоритм ортогонализации для дизъюнкции $ab \vee cd$:

1) Проводится внешний цикл ортогонализации: $ab \vee cd = ab \vee \overline{ab}cd$;

2) Затем отрицание $\overline{ab}$ по закону де Моргана преобразуется в дизъюнкцию двух отрицание: $\overline{ab} = \overline{a} \vee \overline{b}$;

3) Проводится внутренний цикл ортогонализации: $\overline{a} \vee \overline{b} = \overline{a} \vee a\overline{b}$;

4) Объединяются все три операции:

$$\begin{aligned} ab \vee cd &= ab \vee \overline{ab}cd = ab \vee (\overline{a} \vee \overline{b})cd = ab \vee (\overline{a} \vee a\overline{b})cd = \\ &= ab \vee \overline{a}cd \vee a\overline{b}cd. \end{aligned} \tag{6}$$

Выражение (6) есть ортогональная дизъюнктивная нормальная форма (ОДНФ), которая позволяет вычислить вероятность $P(ab \vee cd) = P(ab) + P(\overline{a}cd) + P(a\overline{b}cd)$.

Таким образом, именно Порецкий П.С. в 1886 году открыл строгий математический метод вычисления вероятности сложного события через вероятности простых событий, т.е. метод, который в 1963 году получил название логико-вероятностного метода (ЛВМ) [9]. Это вторичное независимое открытие алгоритма ортогонализации произошло в 1963 году в Институте математики (Новосибирск) в отделении Вычислительной техники специалистом по счетно-решающим приборам и устройствам Мерекиным Юрием Владимировичем. В это время задача о вероятности вычисления обращения в единицу булевой функции уже считалась тривиальным решением. Для решения прикладных задач применение совершенной нормальной дизъюнктивной формы (СДНФ) считалось нерациональным из-за большого числа дизъюнктивных членов. Возникла необходимость построения «короткой» ортогональной формы, которая и была получена в 1963 году [9].

Одно из первых описаний применения ЛВМ для задач оценки надежности структурно-сложных технических систем на примере расчета надежности судовых электро-энергетических систем (СЭС) относится к 1967 г. [10]. Суть ЛВМ сформулирована в следующем виде: «…Метод расчета надежности судовых электроэнергетических систем, при котором структура СЭС описывается средствами математической логики, а количественная оценка ее надежности производится с помощью теории вероятностей, будем называть логико-вероятностным методом» [10, с.249]. Дальнейшее развитие ЛВМ в области надежности и безопасности структурно-сложных систем связано с созданием научной школы профессора И.А.Рябинина «Логико-вероятностные методы исследования надежности, живучести и безопасности структурно сложных систем».

В зарубежной литературе описание метода ортогонализации в задачах оценки надежности структурно сложных систем (на примере расчета надежности сети ARPA) появилось в 1973 году в работе итальянцев Luidge Fratta и Ugo Montanari [11]. Авторы отмечали в частности, что использование концепции Булевой алгебры возможно и во многих других отраслях науки, например, в теории переключающих устройств или теории кодирования. В обзоре [12] приведен список из 150 публикаций зарубежных периодических изданий, которые в той или иной мере имели отношению к использованию алгоритмов ЛВМ. В начале 21 века в связи с новыми результатами в области работ, связанных с искусственным интеллектом, особенно активно и широко обсуждаются вопросы разработки и применения алгоритмов Sum of Disjoint Products (SDP) – «сумма несовместных произведений», а в нашей терминологии – ОДНФ.

Эволюцию идей математической логики нельзя представить в виде восходящей кривой. Периоды расцвета зачастую сменяются моментами регрессии и частичного упадка. В связи с критикой ЛВА Я.Я. Голотой [6] и Соколюком В.Н. [7] полезно вспомнить критику московского логика и математика Б.М. Кояловича [13, стр.417], который огонь своей критики направлял против практической неэффективности алгебры логики, которая, как ему казалось, была принципиально не способна давать плодотворные внелогические приложения.

Переводчик на русский язык книги Л. Кутюра «Алгебра логики» профессор И.В. Слешинский, отвечая Кояловичу, смог лишь указать на работу Порецкого «Решение общей задачи теории вероятностей при помощи математической логики», заметив, что Порецкий несколько рационализировал и развил Буля в этом вопросе.

Тогда Коялович сослался на то обстоятельство, что ни в одном из крупных современных ему трактатов по теории вероятностей (и среди них в монографии русского академика А.А.Маркова) нет никакого упоминания о существовании какой-либо связи этой научной дисциплины с алгеброй логики.

Однако в 1910 году физик Пауль Эренфест первым предложил использовать математическую логику в технике. Он писал: «Символическая формулировка даст возможность «вычислять» следствия из таких сложных посылок, в которых при словесном изложении почти или совершенно невозможно разобраться». В качестве примера он приводил схемы проводов автоматической телефонной станции.

Выяснение аналогии между математической логикой и теорией вероятностей имеет как теоретический, так и практический интерес. Проблематика связи логики с вероятностью начала развиваться в древности Аристотелем, затем Г.В. Лейбницем, Дж. Булем, У.С. Джевонсом, Дж. Венном, Р. Карнапом и другими. Не углубляясь в века, рассмотрим эту связь на уровне 19-20 веков, когда возникла математическая логика Буля и завершилось формирование современной теории вероятностей С.Н. Берштейном и А.Н. Коломогоровым.

Анализ взаимоотношений между вероятностью и логикой в междисциплинарном плане в наше время регулярно рассматривается на специальных семинарах в Великобритании.

Так на семинаре Огастеса де Моргана в королевском колледже, (Лондон 4-6 ноября 2002г.) обсуждались вопросы: - как вероятность относится к логике? – может ли объединяться вероятность и логика? – если да, то как? [14].

В специальном выпуске 3-го семинара в 2007 году анонсируется статья Колина Хаусана (Colin Howson) «Можно ли логику объединить с вероятностью?» [15]. В 2015 году (20-24 апреля) прошел 7-й семинар «Объединение вероятности и логики» в университете Кентберри [16].

Вероятностная логика возникла как непосредственное продолжение индуктивной логики. Значения истинности в вероятностной логике называются вероятностями истинности высказываний, степенями правдоподобия или подтверждения.

Логика вероятностей, в которой высказываниям приписываются исключительно значения истины и лжи как в двухзначной логике.

В настоящее время вероятностная логика находит наибольшее применение в развитии приложений к искусственному интеллекту [17], а логика вероятностей в середине 20 века нашла применение к решению проблем надежности, живучести и безопасности структурно-сложных систем [18, 19].

Смысл слов «вероятностная логика (ВЛ)» и «логика вероятностей (ЛВ)» долгое время *воспринимался как синонимы*.

А сущность этих принципиально разных понятий состоит в следующем:

– предметом *вероятностной логики* Д.М. Кейнса (Keynes J.M.) [20], Дж. Фон Неймана [21] и Нильса Нильссона (Nilsson N.J.) [17] является оценка истинности гипотез (высказываний), которые заключены в промежуток между «истиной» и «ложью» ($1 \geq x \geq 0$);

– предметом *логики вероятностей* Джорджа Буля [4], П.С. Порецкого [3], Рябинина И.А. [10, 18, 19] является вычисление вероятности истинности случайных событий (высказываний), принимающих только два значения (1;0).

В первом случае имеют дело с многозначной логикой, во втором – с двухзначной логикой.

Теории логики, допускающие более чем две категории «истинных» и «ложных» высказываний, составляют то, что обычно называют «модальной» логикой, а допускаемые ими категории - «модусами» или «степенями правдоподобия». Модальная логика оперирует такими истинностными значениями, как «возможно», «необходимо» и т.д.

Необходимость применения в логике вероятностных методов диктовалась прогрессом развития самой математической логики и теоретической информатики.

Диссертация Сперанского С.О. «Логика вероятностей и вероятностная логика» [22] посвящена изучению математической стороны обоих этих подходов. По утверждению Сперанского С.О.:

– цель вероятностной логики – введение в рассмотрение и дальнейшее изучение разнообразных языков для рассуждений о вероятностях.

– логика вероятностей ставит во главу угла проблему индуктивного синтеза непротиворечивых теорий.

Первооткрывателей логико-вероятностного анализа (Дж. Буля и П.С.Порецкого) в связи с отождествлением ЛВ и ВЛ практически все ученые считали сторонниками именно вероятностной логики, а не логики вероятностей.

3. Примеры. Чтобы практически осознать нестандартность вычисления вероятностей на сложных структурах и понять сущность логики вероятностей в работе [23] показан пример вычислений вероятностей функций алгебры логики (ФАЛ) структурно сложной системы (рисунок 1). Рассмотрим две из четырех ФАЛ указанного примера.

Пример №1. Анализируемая система состоит из двух антенн x_1 и x_2, переключающего устройства x_5 и двух приемных устройств x_3 и x_4.

Система работоспособна, если сигнал получен на выходе хотя бы одного приемника.

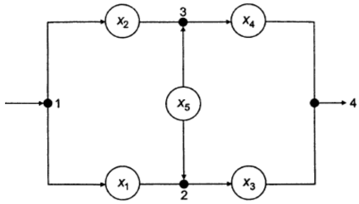

Рис. 1. Мостиковая схема

Логический критерий работоспособности системы может быть записан в виде дизъюнкции $Yc_1 = x_3 \vee x_4$. ФАЛ, соответствующая логическому критерию, может быть записана в матричной форме:

$$Y_{c1} = x_3 \vee x_4 = \begin{vmatrix} x_1 x_3 \\ x_2 x_4 \\ x_1 x_5 x_4 \\ x_2 x_5 x_3 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} K_1 \\ K_2 \\ K_3 \\ K_4 \end{vmatrix}, \qquad (7)$$

где конъюнкции $K_1 = x_1x_3$, $K_2 = x_2x_4$, $K_3 = x_1x_5\ x_4$, $K_4 = x_2x_5\ x_3$ образуют дизъюнктивную нормальную форму ФАЛ, которая в обычной записи имеет вид: $Yc_1 = K_1 \vee K_2 \vee K_3 \vee K_4$.

Чтобы определить вероятность:

$$P\{y_{c1}(x_1, x_2, ..., x_5) = 1\} \qquad (8)$$

при известных вероятностях истинности исходных высказываний:

$$P\{x_i = 1\} = R_i \quad , P\{x_i = 0\} = Q_i \qquad (9)$$

категорически нельзя заменять качественные символы x_i количественными символами R_i, Q_i в ФАЛ (7) из-за повторности в них некоторых x_i и совместности конъюнкций $K_1 \div K_4$.

Еще Н. Руш в 1956г. [24] рекомендовал полный перебор всех возможных состояний системы путем записи функции алгебры логики (ФАЛ) в совершенной дизъюнктивной нормальной форме (СДНФ).

Учитывая громадное число возможных состояний 2^n в реальных задачах, когда n равно не 5, а несколько десятков и сотен, все разработчики логико-вероятностных методов (ЛВМ) искали соответствующие алгоритмы преобразования самих ФАЛ, чтобы при сохранении абсолютной точности расчетов добиться существенного сокращения их трудоемкости.

Воспользуемся одним из них – алгоритмом ортогонализации [19].

Алгоритм ортогонализации в современных терминах условно можно представить как последовательное выполнение внешнего и внутреннего цикла. Такое представление реализовано в большинстве современных компьютерных программ. Внешний цикл ортогонализации позволяет представить ФАЛ как дизъюнкцию несовместных конъюнкций. В нашем примере процедура внешнего цикла преобразует (7) следующим образом:

$$Y_{c1} = x_3 \vee x_4 = \begin{vmatrix} K_1 \\ K_2 \\ K_3 \\ K_4 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} K_1 \\ \overline{K_1} K_2 \\ \overline{K_1}\,\overline{K_2} K_3 \\ \overline{K_1}\,\overline{K_2}\,\overline{K_3} K_4 \end{vmatrix}. \qquad (10)$$

В работе П.С.Порецкого [3] процедура внешнего цикла описана как приведение логического многочлена (1) к дизъюнктному виду, то есть к виду (2). Доказательство корректности такого преобразования дано П.С.Порецком в работе [1]. Необходимость такого преобразования объясняется возможностью применения теоремы о вероятности суммы несовместных событий. В этом случае равенство (8) с учетом (10) разбивается на сумму вероятностей:

$$\begin{aligned} &P\{y_{c1}(x_1, x_2, ..., x_5) = 1\} = P\{K_1 = 1\} + P\{\overline{K}_1 K_2 = 1\} + \\ &+ P\{\overline{K}_1 \overline{K}_2 K_3 = 1\} + P\{\overline{K}_1 \overline{K}_2 \overline{K}_3 K_4 = 1\}. \end{aligned} \qquad (11)$$

Нетрудно заметить, что в конъюнкциях $K_1 \div K_4$ все логические переменные встречаются дважды. Повторность логических переменных должна быть устранена при проведении внутреннего цикла ортогонализации.

Содержание внутреннего цикла ортогонализации состоит в нахождении отрицаний конъюнкций в ортогональной форме, то есть в виде:

$$\overline{x_i x_j x_k} = \overline{x}_i \vee \overline{x}_j \vee \overline{x}_k = \overline{x}_i \vee x_i \overline{x}_j \vee x_i x_j \overline{x}_k, \qquad (12)$$

и корректном перемножении конъюнкций. При этом, кроме правила (12) и закона тавтологии ($x_i x_i = x_i$) в современных алгоритмах применяются правила сокращенного умножения для инверсных конъюнкций, например, $\overline{AB} \cdot A = \overline{B} \cdot A$, $\overline{AB} \cdot \overline{CB} = \overline{B} \vee B\overline{AC}$ и т.д.

Для нашего примера формула (10) с учетом (7) преобразуется следующим образом:

$$\begin{gathered}
Y_{c1} = \begin{vmatrix} K_1 \\ \overline{K_1} K_2 \\ \overline{K_1}\,\overline{K_2} K_3 \\ \overline{K_1}\,\overline{K_2}\,\overline{K_3} K_4 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} x_1 x_3 \\ \overline{x_1 x_3} x_2 x_4 \\ \overline{x_1 x_3}\ \overline{x_2 x_4}\ x_1 x_5 x_4 \\ \overline{x_1 x_3}\ \overline{x_2 x_4}\ \overline{x_1 x_5 x_4}\ x_2 x_5 x_3 \end{vmatrix} = \\
= \begin{vmatrix} x_1 x_3 \\ (\bar{x}_1 \vee x_1 \bar{x}_3)\ x_2 x_4 \\ \bar{x}_3 \bar{x}_2\ x_1 x_5 x_4 \\ \bar{x}_1 \bar{x}_4 (\bar{x}_1 \vee x_1 \bar{x}_4)\ x_2 x_5 x_3 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} x_1 x_3 \\ \bar{x}_1 x_2 x_4 \vee x_1 \bar{x}_3\ x_2 x_4 \\ \bar{x}_3 \bar{x}_2\ x_1 x_5 x_4 \\ \bar{x}_1 \bar{x}_4\ x_2 x_5 x_3 \end{vmatrix}.
\end{gathered} \tag{13}$$

После преобразования функции (7) в ортогональную дизъюнктивную форму (13) мы получили выражение, в котором возможно полное замещение x_i на R_i, Q_i , логических сумм и произведений на алгебраические.

Используя вероятности (9) ортогональную дизъюнктивную форму (13), вычислим вероятностную функцию (ВФ):

$$P\{y_{c1}(x_1, x_2, ..., x_5) = 1\} = \begin{matrix} R_1 R_3 + Q_1 R_2 R_4 + R_1 Q_3 R_2 R_4 + \\ + Q_3 Q_2 R_1 R_5 R_4 + Q_1 Q_4 R_2 R_5 R_4 \end{matrix}. \tag{14}$$

Пример №2. Пусть критерий опасного состояния будет (15) (см.с.93 [19]).

$$Y_{c2} = \begin{vmatrix} x_1 x_3 x_4 \\ x_1 x_3 x_5 \\ x_2 x_4 x_3 \\ x_2 x_5 x_4 \end{vmatrix}. \tag{15}$$

Результатом проведения внешнего цикла ортогонализации матрицы (15) будет матрица вида:

$$Y_{c2} = \left| \begin{array}{l} x_1x_3x_4 \\ \overline{x_1x_3x_4}\,x_1x_3x_5 \\ \overline{x_1x_3x_4}\;\overline{x_1x_3x_5}\,x_2x_4x_3 \\ \overline{x_1x_3x_4}\;\overline{x_1x_3x_5}\;\overline{x_2x_4x_3}\,x_2x_5x_4 \end{array} \right|. \tag{16}$$

После применения в (16) теоремы де Моргана и замены отрицаний конъюнкций на сумму отрицаний получим:

$$Y_{c2} = \left| \begin{array}{l} x_1x_3x_4 \\ \left.\begin{array}{l} \bar{x}_1 \\ \bar{x}_3 \\ \bar{x}_4 \end{array}\right| x_1x_3x_5 \\ \left.\begin{array}{l} \bar{x}_1 \\ \bar{x}_3 \\ \bar{x}_4 \end{array}\right| \left.\begin{array}{l} \bar{x}_1 \\ \bar{x}_3 \\ \bar{x}_5 \end{array}\right| x_2x_4x_3 \\ \left.\begin{array}{l} \bar{x}_1 \\ \bar{x}_3 \\ \bar{x}_4 \end{array}\right| \left.\begin{array}{l} \bar{x}_1 \\ \bar{x}_3 \\ \bar{x}_5 \end{array}\right| \left.\begin{array}{l} \bar{x}_2 \\ \bar{x}_4 \\ \bar{x}_3 \end{array}\right| x_2x_5x_4 \end{array} \right|. \tag{17}$$

Результатом проведения внутреннего цикла ортогонализации матрицы (17) будет матрица вида:

$$Y_{c2} = \left| \begin{array}{l} x_1x_3x_4 \\ \left.\begin{array}{l} \bar{x}_1 \\ x_1\bar{x}_3 \\ x_1x_3\bar{x}_4 \end{array}\right| x_1x_3x_5 \\ \left.\begin{array}{l} \bar{x}_1 \\ x_1\bar{x}_3 \\ x_1x_3\bar{x}_4 \end{array}\right| \left.\begin{array}{l} \bar{x}_1 \\ x_1\bar{x}_3 \\ x_1x_3\bar{x}_5 \end{array}\right| x_2x_4x_3 \\ \left.\begin{array}{l} \bar{x}_1 \\ x_1\bar{x}_3 \\ x_1x_3\bar{x}_4 \end{array}\right| \left.\begin{array}{l} \bar{x}_1 \\ x_1\bar{x}_3 \\ x_1x_3\bar{x}_5 \end{array}\right| \left.\begin{array}{l} \bar{x}_2 \\ x_2\bar{x}_4 \\ x_2x_4\bar{x}_3 \end{array}\right| x_2x_5x_4 \end{array} \right| = \left| \begin{array}{l} x_1x_3x_4 \\ x_1x_3\bar{x}_4x_5 \\ \bar{x}_1x_2x_4x_3 \\ \bar{x}_1x_2\bar{x}_3x_5x_4 \\ x_1x_2\bar{x}_3x_5x_4 \end{array} \right| = \left| \begin{array}{l} x_1x_3x_4 \\ x_1x_3\bar{x}_4x_5 \\ \bar{x}_1x_2x_4x_3 \\ x_2\bar{x}_3x_5x_4 \end{array} \right|. \tag{18}$$

Используя вероятности (9) ортогональную дизъюнктивную форму (18), вычислим вероятностную функцию (ВФ):

$$P\{y_4(x_1, x_2, ..., x_5) = 1\} = R_1R_3R_4 + R_1R_3Q_4R_5 + Q_1R_2R_4R_3 + R_2Q_3R_5R_4\,. \quad (19)$$

4. Заключение. В § 42 [25] «Вероятностные методы в логике» говорится, что вероятностные методы исследования введены в формальную логику сравнительно недавно. Необходимость применения в логике вероятностных методов сохраняется и даже делается более настоятельной. Сообщается, что еще Джордж Буль предложил логическую интерпретацию частотной (статистической) вероятности как вероятность суждений о событиях. На стр.198 приведены такие слова: «Буль исследовал связь «алгебры логики» с обычной алгеброй и интерпретировал не только как логику классов (терминов), но и как логику суждений (предложений) и как логику вероятностей (исчисление вероятностей)».

В этом пространном документе [25], допущенном в качестве учебника для философских факультетов университетов, всего одним предложением отмечена роль Платона Сергеевича Порецкого такими словами: …«работы казанского математика и астронома П.С. Порецкого (1846-1907) сыграли определенную роль в совершенствовании ряда теоретических и технических аспектов алгебры логики».

Вызывает законное удивление, что за последние 1.5 века ни один крупный математик так и не высказался по вопросу связи математической логики и теории вероятностей, что давала повод различным критикам говорить, что ни в одном из крупных трактатах по теории вероятностей *нет никакого упоминания о существовании какой-либо связи* этой научной дисциплины с алгеброй логики. Имелись ввиду монографии академиков А.А.Маркова, А.Н.Колмогорова и других.

Возникает вопрос: в чем заключается феномен логико-вероятностного анализа и его *замалчивания математиками?* Так в учебнике «Введение в математическую логику» [26] нет даже упоминания о Порецком П.С.

В учебнике [25] не сказано, что П.С.Порецкий являлся самым ярким представителем логической мысли не только Казанского университета, но всей России и мировой науки, что он достиг мировой известности и признания, что его работы существенно развили достижения Буля, Джевонса и Шрёдера.

Дадим высокую оценку путей мышления автора в последней четверти 19 века, которые во второй половине 20 века привели к важным открытиям в области логико-вероятностного анализа [27, 28]. Здесь уместно вспомнить оценку профессора С.А.Яновской деятельности П.С.Порецкого в масштабной работе «30 лет математики в СССР»…«Независимо от Лейбница идеи алгебры логики, или исчисления классов, равносильного логике Аристотеля, были развиты наряду со многими другими исчислениями, созданными в XIX столетии, А. де Морганом, Булем, Джевонсом, Пирсом, Шредером. Венцом этого периода в истории математической логики были работы русского логика, астронома и математика, собрата Н.И.Лобачевского по Казанскому университету Платона Сергеевича Порецкого» [29].

10 августа 1907 года умер П.С. Порецкий, имя которого более известно за границей, чем на его родине, писал в некрологе профессор И.В. Слешинский – переводчик на русский язык книги Л. Кутюра «Алгебра логики».

Публикация через 130 лет труда П.С.Порецкого «Решение общей задачи теории вероятностей при помощи математической логики» в нашем журнале станет своеобразным интеллектуальным памятником великому русскому логику – первооткрывателю логико-вероятностного анализа Платону Сергеевичу Порецкому.

Литература

1. *Порецкий П.С.* О способах решения логических равенств и об обратном способе математической логики // Собрание протоколов заседаний секции физико-математических наук общества естествоиспытателей при Казанском университете. Казань: 1884. Т. 2. 170 с.
2. *Порецкий П.С.* Изложение основных начал математической логики в возможно более наглядной и общедоступной форме. Сообщение, читанное в 3 заседании секции физико-математических наук общества естествоиспытателей при Казанском университете // Собрание протоколов заседаний секции физико-математических наук общества естествоиспытателей при Казанском университете. Казань: 1881. Т. 1. С. 2–31.
3. *Порецкий П.С.* Решение общей задачи теории вероятностей при помощи математической логики// Собрание протоколов заседаний секции физико-математических наук общества естествоиспытателей при Казанском университете. Казань: 1887. Т.5. С. 83–116.
4. *Boole G.* An investigation of the laws of thought, on which are founded the mathematical theories of logic and probabilities // London: MacMillan. 1854.
5. *Бажанов В.А.* П.С. Порецкий. Жизнь и научная деятельность пионера исследований в области математической логики в России // Вопросы истории естествознания и техники. 2005. №4. С. 64–73.
6. *Голота Я.Я.* О двух «вычислительных вольностях», огорчающих логика. URL: www.inftach.webservis.ru/it/conference/scm/2000/session 4/golota 2.html. (дата обращения: 01.09.2015).
7. *Соколюк В.Н.* Парадоксы современного бытия (об адекватности логики, мышления мировоззренческим принципам) // Философский век. Альманах. Между физикой и метафизикой: Наука и философия. СПб. 1998. Вып. 7. С.100–107.

8. *Бернштейн С.Н.* Опыт аксиоматического обоснования теории вероятностей // Сообщения Харьковского Математического общества. 1917. Том XV. Сер. 2. С. 209–274.
9. *Мерекин Ю.В.* Решение задач вероятностного расчета однотактных схем методом ортогонализации // Вычислительные системы. Сборник трудов Института СО АН СССР. 1963. Вып.4. С.10–21.
10. *Рябинин И.А.* Основы теории и расчета надежности судовых электро-энергетических систем // Изд-во «Судостроение». Ленинград. 1967. 362 с.
11. *Fratta L., Montanari U.G.* A Boolean Algebra Method for Computing the Terminal Reliability in a Communication Network // IEEE Trans. Circuit Theory. 1973. vol. CT-20. pp. 203–211.
12. *Рябинин И.А., Струков А.В.* Кратко аннотированный список публикаций зарубежных периодических изданий по вопросам оценивания надежности структурно-сложных систем // Труды международной научной школы «Моделирование и анализ безопасности и риска в сложных системах» (МАБР-2011). СПб. 2011. С. 363–379.
13. *Стяжкин Н.И.* Формирование математической логики // М.: «Наука». 1967. 508 с.
14. *Williamson J., Gabbay D.* Editorial. Special issue on Combining Probability and Logic // Journal of Applied Logic. 2003. vol. 1. Issues 3–4. pp. 135–138.
15. *Cozman F., et al.* Special issue on combining probability and logic introduction. 2006. URL: http://www.philos.rug.nl/~romeyn/paper/2009_progicnet_-_editorial_JAL.pdf дата обращения 12.08.15).
16. *Landes J., Williamson J.* Special issue: Combining probability and logic // Journal of Applied Logic. 2015. URL: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1570868315000786 (дата обращения 12.08.2015).
17. *Nilsson N.J.* Probabilistic Logic // Artificial Intelligence. Elsevier Science Publ. 1986. vol. 28. pp. 31–56.
18. *Ryabinin I.* Reliability of engineering systems. Principles and Analysis // MIR Publieshers. Moscow. 1976. 531 p.
19. *Рябинин И.А.* Надежность и безопасность структурно-сложных систем // Изд-во С.-Петербурского университета. 2007. 276 с.
20. *Keynes J.M.* Treatise on Probability // L-N.Y.:1921.
21. *Нейман Дж.* Вероятностная логика и синтез надежных организмов из ненадежных компонент // Сб. Автоматы/ М.: ИЛ. 1956. С.68–139.
22. *Сперанский С.О.* Логика вероятности и вероятностная логика // Диссертация к.ф-м.н. Новосибирск. 2013. 109 с.
23. *Рябинин И.А.* О связи математической логики с теорией вероятностей // Ученые записки РГГМУ. СПб. 2008. №6. С.170–176.
24. *Rouche N.* Extension du formalizme f'algebre logique // Revue H.F. 1956. vol. 3. no. 5. p.179–182.
25. Формальная логика: учебник / под ред. Чепухина И.Я., Бродского И.Н. // Л. Издательство Ленинградского университета. 1977. 357 с.
26. *Колмогоров А.Н., Драгалин А.Г.* Введение в математическую логику // М:. Изд. Московского университета. 1982. 120 с.
27. *Рябинин И.А.* Логико-вероятностный анализ проблем надежности и безопасности // Saarbrucken. Academic Publishing. 2012. 263 p.
28. *Ryabinin I.A.* Logical probabilistic analysis and its history // Int. J. of Risk Assessment and Management. 2015. vol.18. no.3/4. pp. 256–265.
29. Математика в СССР за тридцать лет. 1917-1947 / под ред. Курош А.Г., Маркушевич, А.И., Рашевский П.К. // Изд-во ГИТТЛ. 1948. 1044 с.

References

1. Poreckij P.S. [On methods for solving logical equations and the inverse method of mathematical logic]. *Sobranie protokolov zasedaniy sektsii fiziko-matematicheskih nauk obschestva estestvoispyitateley pri Kazanskom universitete* [Collection of Records of Meetings of the Section for Physic and Mathematics of the Scientific Society of the Kasan University]. Kasan. 1884. vol. 2. no. XXIV. 170 p. (In Russ.).
2. Poreckij P.S. [Presentation of fundamental principles of mathematical logic in more evident and popular form] *Sobranie protokolov zasedaniy sektsii fiziko-matematicheskih nauk obschestva estestvoispyitateley pri Kazanskom universitete* [Presentation at the Third meeting of the Kasan Society for Natural Sciences, Collection of Records of Meetings of the Section for Physic and Mathematics of the Scientific Society of the Kasan University] Kasan. 1881. vol. 1. pp. 2–31. (In Russ.).
3. Poreckij P.S [Solving general tasks in Probability Theory by using Mathematical Logic] *Sobranie protokolov zasedaniy sektsii fiziko-matematicheskih nauk obschestva estestvoispyitateley pri Kazanskom universitete* [Collection of Records of Meetings of the Section for Physic and Mathematics of the Scientific Society of the Kasan University] Kasan. 1887. vol. 5 pp. 83–116. (In Russ.).
4. Boole G. An investigation of the laws of thought, on which are founded the mathematical theories of logic and probabilities. London: MacMillan. 1854.
5. Bazhanov V.A. [P.S.Poreckij. Life and work of pioneer of Mathematical Logic studies in Russia] *Voprosy Istorii Estestvoznaniya i tekhniki – Questions of History of Science and Technology*. 2005. vol. 4. pp. 64–73. (In Russ.).
6. Golota Ja.Ja. O dvuh «vychislitel'nyh vol'nostjah», ogorchajushhih logika [About two "computational liberties," grieve logic] Available at: http://www.inftech.webservis.ru/it/ conference/ scm /2000/session 4/golota 2.html. (accessed 1.09.2015). (In Russ.).
7. Sokoljuk V.N. [The paradoxes of modern life (the adequacy of logic, thinking philosophical principles)] *Philosophskii vek. Almanah. Mezshdu phizikoi I metaphizikoi: Nauka I philosophia – The Philosophical Age. Almanac. Between Physics and Metaphysics: Science and Philosophy.* SPb. 1998. vol. 7. pp. 100–107. (In Russ.).
8. Berstien S.N. [Experience axiomatic foundation of the theory of probability] *Soobscheniya Harkovskogo Matematicheskogo obshcestva – Communications of the Kharkov Mathematical Society*. 1917. vol. XV. Issue 2. pp. 209–274. (In Russ.).
9. Merekin Ju.V. [Problem solving probabilistic calculation of single-ended circuits by orthogonalization] *Vychislitelnye sistemy. Sbornik trudov Instituta SO AN SSSR – Computer systems. Proceedings of the Institute of SB RAS.* 1963. vol. 4. pp. 10–21. (In Russ.).
10. Ryabinin I.A. *Osnovy teorii i rascheta nadezhnosti sudovyh jelectro-energeticheskih system* [Fundamentals of the theory and calculation of reliability of ship electric power systems]. Izd-vo «Sudostroenie». Leningrad. 1967. 362 p. (In Russ.).
11. Fratta L., Montanari U.G. A Boolean Algebra Method for Computing the Terminal Reliability in a Communication Network. IEEE Trans. Circuit Theory. 1973. vol. CT-20. pp 203–211.
12. Ryabinin I.A., Strukov A.V. [Briefly annotated list of publications of foreign periodicals concerning estimation of reliability of structural complex systems] *Trudy mezhdunarodnoy nauchnoy shkoly «Modelirovanie i analiz bezopasnosti i riska v slozhnyih sistemah» (MABR-2011)* [Proceedings of the international school of sciences "Modeling and the analysis of safety and risk in complex systems" (MABR-2011)] 2011.SPb. pp. 363–379. (In Russ.).

13. Styazhkin N.I. *Formirovanie matematicheskoj logiki* [Formation of the mathematical logic]. M.: Nauka. 1967. 508 p. (In Russ.).
14. Williamson J., Gabbay D. Editorial. Special issue on Combining Probability and Logic. *Journal of Applied Logic*. 2003. vol. 1. Issues 3–4. pp. 135–138.
15. Cozman F., et al. Special issue on combining probability and logic introduction. 2006. Available at: http://www.philos.rug.nl/~romeyn/paper/2009_progicnet_-_editorial_JAL.pdf (accessed 12.08.15).
16. Landes J., Williamson J. Special issue: Combining probability and logic // Journal of Applied Logic. 2015. Available at: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1570868315000786 (accessed 12.08.2015)
17. Nilsson N.J. Probabilistic Logic. *Artificial Intelligence*. Elsevier Science Publ. 1986. vol. 28. pp. 31–56.
18. Ryabinin I. Reliability of engineering systems. Principles and Analysis. M. MIR Publieshers. 1976. 531 p.
19. Ryabinin I.A. *Nadeznost' i bezopasnost' strukturno-slozhnyh sistem* [Reliability and safety of structural complex systems.]. SPb.: S.-Peterb. Un-ta, 2007. 276 p. (In Russ.).
20. Keynes J.M. Treatise on Probability. L-N.Y.: 1921.
21. Neumann J. [Probabilistic logic and synthesis of reliable organisms from unreliable component]. Sb.Automaty/ M. : IL. 1956. pp.68–139. (In Russ.).
22. Speranskii S.O. *Logika verojatnosti i verojatnostnaja logika* [The logic of probability and probabilistic logic]. Ph.D. thesis phis-math. science. Novosibirsk. 2013. 109p. (In Russ.).
23. Ryabinin I.A. *O svjazi matematicheskoj logiki s teoriej verojatnostej* [On the relationship between mathematical logic, probability theory]. *Uchenye zapiski PGGMU – Proceedings of the RSHU. A theoretical research journal*. SPb. 2008. vol. 6. pp. 170–176. (In Russ.).
24. Rouche N. Extension du formalizme f'algebre logique. *Revue H.F.* 1956. vol. 3. no. 5. pp. 179–182. (In France).
25. *Formal'naja logika: uchebnik. Pod red. Chepuhina I.Ja., Brodskogo I.N.* [Formal logic: textbook. Edited by Chepuhin I.Ja., Brodskij I.N.]. L. Izdatelstvo Leningradskogo Universiteta. 1977. 357 p. (In Russ.).
26. Kolmogorov A.N., Dragalin A.G. *Vvedenie v matematicheskuju logiku* [Introduction to mathematical logic]. M:. Izd. Moskovskogo Universiteta. 1982. 120 p. (In Russ.).
27. Ryabinin I.A. *Logiko-verojatnostnyj analiz problem nadezhnosti i bezopasnosti* [Logical and probabilistic analysis of the problems of reliability and safety]. Saarbrucken. Academic Publishing. 2012. 263 p. (In Russ.).
28. Ryabinin I.A. Logical probabilistic analysis and its history. *Int. J. of Risk Assessment and Management*. 2015. vol. 18. no. 3/4. pp. 256–265.
29. *Matematika v SSSR za tridcat' let. 1917-1947. Pod red. Kurosh A.G., Markushevich A.I., Rashevskij P.K.* [Mathematics in the USSR over thirty years. 1917-1947. Edited by Kurosh A.G., Markushevich A.I., Rashevskii P.K]. Izd-vo GITTL. 1948. 1044 p. (In Russ.).

Рябинин Игорь Алексеевич — д-р техн. наук, профессор, почетный профессор Военно-морской академии, профессор, Военно-морская академия им. Н.Г. Кузнецова. Область научных интересов: анализ данных, системный анализ, теория надежности, модели и методы анализа надежности и безопасности структурно-сложных технических систем. Число научных публикаций — 229. Ryabinin25@mail.ru; 26-я линия В.О., дом 15, корп.2, Санкт-Петербург, 199155; р.т.: +7(812)5556570.

Ryabinin Igor Alekseevich — Ph.D., Dr. Sci., professor, Professor Emeritus, professor, N.G. Kuznetsov Naval Academy. Research interests: data analysis, analysis of systems, reliability theory, mathematical models and methods reliability and safety analysis of structurally-complex systems. The number of publications — 229. Ryabinin25@mail.ru; 15/2, 26th line of Vasilievsky Island, St. Petersburg, 199026; office phone: +7(812)5556570.

Струков Александр Владимирович — к-т техн. наук, доцент, ведущий инженер исследовательского отдела, АО Специализированная инжиниринговая компания «Севзапмонтажавтоматика» (СПИК СЗМА). Область научных интересов: анализ данных, системный анализ, теория надежности, модели и методы принятия решения в сложных организационно- технических системах. Число научных публикаций — 71. alexander_strukov@szma.com; 26-я линия В.О., дом 15, корп.2, Санкт-Петербург, 199155; р.т.: +7(812) 610 78 74, Факс: +7(812) 610 78 74.

Strukov Alexandr Vladimirovich — Ph.D., associate professor, senior engineer of research department, public corporation Specialized engineering company "Sevzapmontageautomatica" (SPIK SZMA). Research interests: data analysis, analysis of systems, reliability theory, mathematical models and methods of decision-making support in complex technical-organizational systems. The number of publications — 71. alexander_strukov@szma.com; 15/2, 26th line of Vasilievsky Island, St. Petersburg, 199026; office phone: +7(812) 610 78 74, Fax: +7(812) 610 78 74.

РЕФЕРАТ

Рябинин И.А., Струков А.В. **Предисловие и вступительная статья к переизданию работы П.С. Порецкого «Решение общей задачи теории вероятностей при помощи математической логики».**

Предисловие и вступительная статья к переизданию работы П.С. Порецкого «Решение общей задачи теории вероятностей при помощи математической логики» имеют целью представить работу выдающегося русского математика, астронома и логика, изданную в 1887 г. в Императорском Казанском Университете. Высказывая глубокое уважение трудам Дж. Буля, которые заложили основы новой отрасли знаний, П.С. Порецкий дополняет и развивает его идеи и идеи его учеников о возможности применения математической логики к другим областям науки и к теории вероятностей в частности. Уже в самом начале работы на философский вопрос: возможно ли приложение учения о качественных символах (логических классах) к учению о символах количественных (вероятностных)? И отвечает: возможно. Опираясь на теоремы о произведении независимых событий и сумме несовместных событий, П.С. Порецкий описывает процедуру *перехода* от логического равенства между событиями к алгебраическому равенству между их вероятностями, давая тем самым первое определение логико-вероятностного анализа. В современной литературе переход к дисъюнктивному (по выражению П.С. Порецкого) виду логической формулы получил название метода ортогонализации или метода Sum of Disjoint Products (сумма несовместных произведений). Потребности практики привели к необходимости «повторного открытия» этого метода в 1963 г. Ю.В. Мерекиным для решения задач анализа однотактных цифровых схем. Затем в 1967г. в СССР (И.А. Рябинин) и в 1973г. итальянские ученые L. Fratta и U. Montanari начали применять этот метод для анализа надежности структурно-сложных систем, тем самым подтверждая мысль физика П.Эренфеста о перспективности применения математической логики в технике. Приведены примеры вычисления вероятностей на сложных структурах. Выяснение взаимоотношений между вероятностью и логикой, поиск различий и общего в понятиях *вероятностная логика* и *логика вероятностей* остается актуальным и сейчас, регулярно обсуждается, дискутируется на семинарах, конференциях, в научной литературе. Переиздание работы П.С. Порецкого может стать важным историческим вкладом в область вероятностного анализа при помощи логических методов.

SUMMARY

Ryabinin I.A., Strukov A.V. **A Preface and an Introductory Article to the Re-edition of the Work of Platon Sergeevich Poreckiy «Solving General Tasks in Probability Theory by Using Mathematical Logic».**

A preface and an introductory article to the re-edition of the work of P.S. Poreckiy, published in 1887 in the Imperial University of Kazan, "Solving general tasks in probability theory by using mathematical logic" are aimed at presenting the work of the eminent Russian mathematician, astronomer and logician. Expressing deep respect to George Boole's works which laid the foundations for a new branch of knowledge, P.S. Poreckiy supplements and develops his and his students' ideas that it's possible to apply the mathematical logic to other areas of science and probability theory in particular. At the very beginning of his work there is a philosophical question - is the application of the theory of quality symbols (logic classes) to the theory of quantitative (probability) symbols possible? And his answer to it is: it is possible. Based on the theorems on the product of independent events and the amount of incompatible events, P.S. Poreckiy describes the procedure of transition from the logic equation between the events to algebraic equality between their probabilities, thus giving the first definition of logic-and-probabilistic analysis. In modern literature, the transition to disjunctive (in the words of P.S. Poreckiy) view of logical form is called orthogonalization method or the method of Sum of Disjoint Products (amount of incompatible products). Requirements of practice have led to the necessity to "re-open" this method in 1963 by Y.V. Merekin in order to solve the problems of single-cycle digital circuits analysis. Then, in 1967 in the USSR I.A. Ryabinin and in 1973 Italian scientists L. Fratta and U. Montanari started to apply this method for reliability analysis of structurally complex systems, thus confirming the idea of physicist P.Erenfest about the prospective application of mathematical logic in technique. The examples of probability calculations on complex structures are given. Clarification of the relationship between probability and logic, search of differences and similarities in terms of probability logic and the logic of probability remains relevant today and it is regularly discussed, debated at seminars, conferences and in the scientific literature. P.S. Poreckiy's work re-editing can be an important historical contribution to the field of probabilistic analysis using the logic methods.