

### 30 ЛЕТ ФПМК – 30 ЛЕТ КАФЕДРЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ КИБЕРНЕТИКИ

Факультет прикладной математики (позднее – «и кибернетики») был образован в 1970 г. в составе шести кафедр, среди которых была и кафедра теоретической кибернетики (ТК). Это широкое понятие отражало необходимость охватить разносторонность новой специальности с момента организации факультета. Уже в первые годы начали происходить процессы специализации кафедр на факультете, развивались старые и возникали новые научные и учебные направления. Первый заведующий кафедрой – проф. В.П. Тарасенко (1970–1972 гг.) – делал акцент на проблемах теории управления, а второй – доц. Б.А. Гладких (1972–1976 гг.) – на проблемах информатики. Но всегда существенное место в этом занимали статистические методы обработки информации и принятия решений. Важно подчеркнуть, что при этом кафедра всегда работала в тесном контакте с отделом кибернетики Сибирского физико-технического института. Это было формой единения учебной и научной работы.

В 1977 г. кафедрой ТК стал заведовать проф. Ф.П. Тарасенко, до того руководивший отделом кибернетики СФТИ и ранее преподававший на кафедре в порядке совместительства. С этого времени основное внимание членов кафедры и сотрудничающей с ней лаборатории статистических методов СФТИ было сосредоточено на развитии новых статистических методов обработки результатов наблюдений. С учетом того, что статистический анализ данных является основой для принятия решений в самых разнообразных областях деятельности, мы считали (и продолжаем считать) нашу работу весьма значимой для общества.

Кафедра активно участвовала в развитии факультета. Если того требовало дело, мы делились и самым ценным – учебной нагрузкой. В разное время на другие кафедры были переданы: курсы теории вероятностей и случайных процессов – проф. А.Ф. Терпугову, компьютерная лаборатория имитационного моделирования процессов управления – проф. Ю.И. Параеву. Никаких возражений мы не высказывали, когда другие кафедры стали развивать у себя начатую у нас специализацию актуарной и финансовой математики.

И все-таки основное внимание наш коллектив сосредоточил на проблемах непараметрической и робастной статистики. Вскоре эта работа была замечена и отмечена научной общественностью: с 1974 г. стали регулярно проходить организуемые нами всесоюзные школы-семинары по непараметрическим и робастным статистическим методам в кибернетике. По известным причинам сегодня они стали именоваться международными симпозиумами. В последние годы в организации этого мероприятия активно участвует и красноярская группа профессора А.В. Медведева. Уже состоялось 9 таких симпозиумов: в Шушенском (1977 и 1985 гг.),

То-мске (1974, 1979, 1983 и 1987 гг.), Дивногорске (1981 г.), Иркутске (1990 г.), Железногорске (1996 г.).

Характерной особенностью томской группы статистиков является последовательное использование функционального представления статистических процедур, при которой статистики порождаются путем подстановки различных оценок распределений в характеристический функционал рассматриваемой задачи. Опубликовано 5 монографий, более двухсот статей, сделано большое число докладов на конференциях, в том числе зарубежных. Дадим краткий обзор основных результатов.

Первое направление исследований состояло в развитии функционального подхода в синтезе статистик. Это было сделано в монографии Ф.П. Тарасенко [1] и коллективной монографии [2]. Отметим и работу Ф.П. Тарасенко и В.П. Шуленина [3], результаты которой позволили обосновать алгоритмический подход в построении ранговых критериев путем замены наблюдений их рангами. В указанной работе исследованы такие характеристики, как количество информации, регрессия и коэффициент корреляции между наблюдением и его рангом. В частности, показано, что коэффициент корреляции пропорционален отношению двух мер масштабного параметра, а именно: средней разности Джини  $\Delta(F)$  и стандартного отклонения  $\sigma(F)$ , т.е. при  $n \rightarrow \infty$

$$\rho_{XR}(F) = \frac{\sqrt{3}}{2} \frac{\Delta(F)}{\sigma(F)},$$

где

$$\Delta(F) = \iint |x - y| dF(x) dF(y),$$

$$\sigma^2(F) = \int (x - \alpha)^2 dF(x), \quad \alpha = M(x).$$

Числовые значения коэффициента корреляции  $\rho_{XR}(F)$  близки к единице для широких классов распределений, упорядоченных по степени затянутости хвостов от «легких» до «тяжелых», что частично объясняет высокую эффективность ранговых критериев по сравнению с их классическими конкурентами.

Отметим ещё одну обзорную работу Ф.П. Тарасенко и В.П. Шуленина [4]. В ней описываются статистические свойства основных критериев согласия. Дело в том, что исходной информацией, «сырьем» для построения любой статистической процедуры является выборка, однако не менее важную роль играет статистическая модель, а вопрос адекватности модели – это особая забота исследователей. Одним из основных инструментов проверки адекватности статистической модели являются критерии согласия, которых много, что создает проблему выбора подходящего критерия в условиях реального эксперимента. В работе приведены многочисленные результаты по изучению мощности критериев согласия при различных альтернативах, полученные методом статистических испытаний, что позволило упорядочить критерии по их предпочтительности в зависимости от затянутости хвостов распределений и облегчить выбор подходящего критерия в конкретных условиях.

В дальнейшем интересные результаты по функциональному подходу были получены Ю.Г. Дмитриевым и другими. Получены непараметрические оценки функционалов плотности и ее производных [5–7] (информация по Фишеру, дифференциальная энтропия, интеграл от квадрата плотности). В статистическую практику введен новый класс непараметрических оценок функционалов, названный квази U-статистиками [5] и получивший широкое распространение в отечественной и зарубежной литературе. Применение функционального подхода к синтезу статистик привело к построению непараметрических оценок функционалов с учетом информации, состоящему из двух этапов. На первом этапе исходный функционал представляется в модифицированном виде, на втором этапе строятся оценки модифицированного функционала путем подстановки в него какой-либо непараметрической оценки функции распределения  $k$ -го порядка. Выбор оценки определяется требованиями к вычислительной сложности и ее точности.

Г.М. Кошкиным изучался класс функционалов от условных распределений [8,9]. Такие функционалы представляют собой отношения некоторых величин или функций, что позволяет объединить их в класс функционалов с особенностями. Введение класса функционалов с особенностями позволяет с единых позиций исследовать вероятностные характеристики, задаваемые в виде кривых (функция регрессии, остаточная дисперсия, функция чувствительности) [8], различные расстояния между плотностями распределений (Кульбак-Лейблер, Бхаттачария, Хи-квадрат) [10], многие классические статистические характеристики (коэффициенты асимметрии и эксцесса, дисперсионные отношения, выборочные коэффициенты корреляции) [11]. Функциональные представления позволяют упростить задачу конструирования статистик. Форма функционала определяется априорной информацией о задаче, а статистика получается путем замены распределения на его оценку в изучаемом функционале. Представление статистик в виде функционалов от эмпирических распределений упрощает и исследование сложных статистик, так как их структура имеет специфическую форму в виде известного функционала от эмпирического распределения. Таким образом, задача исследования статистик распадается на две части: анализ функциональной зависимости от распределений и анализ сходимости эмпирических распределений к истинным.

Функциональный подход оказывается наиболее эффективным в таких задачах обработки сигналов, как фильтрация, интерполяция и прогноз [8]. В частности, с привлечением функционального подхода эффективно решаются задачи восстановления плотностей распределения, их производных, отношений производных и т.п. для шумов регрессионных процессов с неизвестными параметрами, чему посвящен цикл работ, выполненных совместно с В.А. Васильевым [12–16].

Интересные результаты получены Г.М. Кошкиным в последнее десятилетие. Им сформулированы и доказаны общие теоремы, позволяющие находить в асимптотическом случае моментные характеристики функций от ста-

тистик как в условиях слабой сходимости, так и в условиях обычной сходимости [8, 11, 17]. Показано, что нахождение моментов функций от статистик в условиях обычной сходимости, в отличие от слабой, требует знания определенных мажорантных последовательностей, причем для функционалов с особенностями выписывание таких мажорант становится принципиально невозможным. Выяснено, что класс кусочно-гладких аппроксимаций функций от статистик, даже имеющих особенности, не требует нахождения мажорант, что позволяет находить главный вклад моментов отклонений таких аппроксимаций [18, 11]. Предложены и исследованы различные модификации непараметрических оценок функционалов: рекуррентные аналоги непараметрических оценок функционалов, ядерные оценки функционалов двух типов с улучшенной скоростью сходимости СКО и модификация непараметрических ядерных оценок функционалов плотности с учетом дополнительной информации, выражаемой функционалами от условных и безусловных плотностей [8, 19, 20]. Решена задача идентификации и управления для дискретно-непрерывных стохастических объектов в условиях непараметрической априорной неопределенности [21].

Новое направление – использование дополнительной априорной информации для повышения качества процедур анализа данных – стало бурно развиваться под руководством Ю.Г. Дмитриева. Первые работы по учету априорной информации томских статистиков относятся к 1976 г. В их основе первоначально лежали оценки Ю.Н. Тюрина («Об оценивании функций распределения» ТВ и ЕП, 1970) и метод функциональной интерпретации статистик. При этом использовалась априорная информация о знании моментов, симметрии и квантилей разных уровней функции распределения наблюдаемой случайной величины.

В [22] впервые оценки вероятностных характеристик рассматриваются как функционалы от модифицированных с учетом априорной информации оценок функции распределения. Изучены предельные свойства модифицированных эмпирических процессов и функционалов от них. В результате получены модифицированные винеровские процессы и функционалы от них.

В 1988 г. вышла монография [23] Ю.Г. Дмитриева и Ю.К. Устинова с изложением метода проекций в статистическом оценивании распределений вероятностей при использовании дополнительной априорной информации. Идея метода заключается в том, что по имеющейся априорной информации в классе всех распределений  $\mathfrak{Z}$  выделяется априорный класс  $\mathfrak{Z}^\alpha$ -подкласс тех распределений, которые удовлетворяют данным свойствам. Затем строится проектор  $\Pi^\alpha: \mathfrak{Z} \rightarrow \mathfrak{Z}^\alpha$  на априорный класс, являющийся отображением  $\mathfrak{Z}$  на  $\mathfrak{Z}^\alpha$ , неподвижным на  $\mathfrak{Z}^\alpha$ . Построение оценки распределений  $P$  заключается в применении проектора  $\Pi^\alpha$  к эмпирическому распределению  $P_N$ , отвечающему выборке объема  $N$ , при этом получается оценка  $P_N^\alpha = \Pi^\alpha P_N$ . Важнейшее достоинство этого метода заключается в том, что он разделяет задачу учета априорной информации на две части: достатистическую, состоящую из построения и исследования проекторов, и собственно статистическую, состоящую из изучения свойств получающихся оценок распределения и широко-

го класса функционалов от них. Метод проекций дает возможность строить классы распределений с заданными (нужными) свойствами. Впервые в статистическую практику вводится класс условно-инвариантных распределений, включающий в себя классы симметричных распределений, распределения с известными значениями на заданном наборе множеств и т. д.

Совместно с В.В. Коневым [24] получены неизвестные ранее точные границы погрешности оценок  $k$ -мерных интегралов на классе подынтегральных функций с интегрируемыми в квадрате первыми частными производными с учетом знания значений других интегралов от заданного набора функций. При вычислении интегралов методом Монте-Карло учитывается информация о функции распределения и принадлежности подынтегральной функции заданному классу. В [25] впервые рассматриваются вопросы точности и устойчивости таких оценок к отклонениям распределения выборочных значений от равномерного. Кроме того, в [8, доп] рассмотрено использование априорной информации в критериях проверки статистических гипотез. Строятся статистики критериев, в которых явным образом присутствует имеющаяся априорная информация о функции распределения. Мощностные свойства таких критериев выше (не меньше) по сравнению с критериями, не учитывающими информацию. Однако не всегда при этом сохраняется свойство непараметричности критериев.

Впервые [19] методы учета априорной информации применяются к непараметрическому оцениванию функционалов от условных плотностей. Это позволило получить новые непараметрические оценки регрессионных зависимостей с использованием дополнительных знаний. Исследованы свойства таких оценок и проведено сравнение с общепринятыми оценками. В [26] разработан метод построения оценок в условиях, когда априорные знания только лишь предполагаются; впервые получены адаптивные оценки, в которых одновременно осуществляются проверка априорных знаний и оценка искомого функционала.

Большую актуальность имеют работы А.П. Серых по непараметрической классификации многомерных разношкальных данных. Особо можно выделить три его работы. В [27] рассмотрены вопросы использования непараметрических оценок плотности распределения в задачах распознавания образов. Предлагаемый в ней способ нахождения параметров размытости из условия эмпирического риска так и не был улучшен другими авторами, несмотря на появление около десяти монографий, посвященных этой проблематике.

В задаче непараметрического оценивания регрессии важным является вопрос о скорости сходимости таких оценок. При этом используется метод подстановки наилучших (в смысле минимума среднеквадратичной ошибки) оценок распределений в оцениваемый функционал. В результате оценка функционала сохраняет скорость сходимости оценок плотностей. В [28] показано, что использование специального вида несостоятельных оценок плотностей приводит к  $\sqrt{n}$ -состоятельности оценки функционала регрессии. Этот факт содержит в себе

потенциальную возможность пересмотра и модификации оценок условных функционалов с максимально возможной скоростью сходимости.

Классическая математическая статистика, как правило, разрабатывает методы обработки данных, рассчитанные либо на непрерывные, либо на дискретные измерения. В то же время в практически интересных задачах свойства (признаки) объектов представлены в так называемых разнотипных шкалах и пространство наблюдений представляет собой произведение подпространств, в каждом из которых корректными являются преобразования элементов, допустимые для соответствующих шкал.

В случае разнотипности обычно исходное описание огрубляется и дело сводится к анализу таблиц сопряженности, либо, напротив, данным, имеющим нечисловую природу, необоснованно приписывают числовые значения. В [29] предлагается непараметрическое оценивание распределений разнотипных случайных векторов, лежащих в основе обработки данных. При этом оценивание осуществляется без искажения природы исходных данных.

В.П. Шуленин большую часть усилий направил на обобщение и развитие робастных статистических процедур. В 1993 г. вышла его монография «Введение в робастную статистику» [30], излагающая статистические процедуры, устойчивые (робастные) к отклонениям от статистической модели. Основное внимание уделяется робастным по распределению процедурам. Исследуются асимптотические свойства оценок функционалов, вычислены их функции влияния и числовые характеристики робастности. Приведены результаты сравнения характеристик оценок при различных отклонениях от модели.

Наряду с обобщением и систематизацией результатов из многочисленных публикаций в [30] представлены новые результаты, ранее не публиковавшиеся в монографической литературе. Описаны новые классы  $R$ -оценок, основанных на урезанных выборках. Подробно исследована модификация оценки Ходжеса-Лемана, позволяющая, в частности, увеличить значение предельной точки устойчивости с 0,29 до максимально возможного значения, равного 0,5. Подробно исследованы свойства обобщенных  $L$ -оценок, основанных на урезанных выборках. Приведены результаты по исследованию асимптотических свойств оценок, построенных методом минимума взвешенного расстояния Крамера-Мизеса. Доказана асимптотическая нормальность  $MD$ -оценок для случая, когда опорное распределение в модели и распределение выборки различаются. Приведены результаты по обобщению теоремы Джекеля, что позволило установить связи между классом  $MD$ -оценок и известными классами робастных  $M$ -,  $L$ - и  $R$ -оценок. Эти результаты позволили указать пути построения асимптотически эффективных  $MD$ -оценок и минимаксно-робастных оценок, построенных методом минимума расстояний для моделей с «засорением». В книге также изложены результаты сравнения характеристик различных оценок масштабного параметра. В частности, предложены и исследованы такие оценки масштаба, как медиана абсолютных отклонений и урезанный вариант средней разности Джини. Асимптотические свойства робастных оценок функционалов исследуются с

помощью подхода Мизеса и понятия функции влияния Хампеля.

В [31–33] приведены результаты по исследованию асимптотических свойств R-оценок, вычисляемых по урезанным выборкам. Получены общие выражения для вычисления функций влияния этих оценок, их асимптотических дисперсий и числовых характеристик робастности, таких как чувствительность к грубым ошибкам и группировке, а также предложена модификация оценки Ходжеса-Лемана, позволяющая увеличить предел устойчивости оценки с величины 0,29 до максимально возможного значения 0,5.

В [34]–[36] приведены результаты по изучению асимптотических свойств оценок, построенных методом минимума расстояний, то есть определяемых в виде

$$\theta_n = \arg \min_{\theta} d(F_n, F_{\theta}),$$

где  $d(\cdot)$  – заданная метрика на множестве функций рас-пределения вероятностей;  $F_n$  – эмпирическая функция распределения;  $F_{\theta} \in \mathfrak{F}_{\theta}$  – заданное параметрическое семейство функций. В указанных работах подробно исследованы оценки, построенные методом минимума взвешенного расстояния Крамера-Мизеса:

$$d(F_n, F_{\theta}) = \int (F_n - F_{\theta})^2 W_{\theta} dF_{\theta},$$

где  $W_{\theta}$  – заданная весовая функция. Для кратности эти оценки названы MD-оценками. Основные результаты следующие.

1. Доказана асимптотическая нормальность MD-оценок параметра сдвига симметричных распределений для случая, когда опорное распределение модели и функция распределения наблюдений различаются.

2. Найдены условия, при которых MD-оценки асимптотически эффективны.

3. Построены MD-оценки с ограниченной функцией влияния и получены выражения для их асимптотических дисперсий и числовых характеристик робастности.

4. Установлены связи между MD-оценками и основными классами робастных оценок, таких как M-, L- и R-оценки, что позволило построить минимаксно-робастные MD-оценки для моделей с «засорением».

В [37], [38] изложены результаты по исследованию асимптотических свойств обобщенных L-оценок вида

$$GL_{\alpha\beta} = \sum_{j=1}^d a_j H_{n,\alpha\beta}^{-1}(p_j),$$

где  $a_1, \dots, a_d$  – заданные константы;  $0 < p_j < 1, j=1, \dots, d$  и  $H_{n,\alpha\beta}^{-1}(\cdot)$  – квантильная функция для эмпирической функции значений для  $(i_1, \dots, i_m) \in C_{\alpha\beta}$  – заданное множество индексов, зависящее от параметров  $\alpha$  и  $\beta$ ;  $h(x_1, \dots, x_m)$  – заданное ядро, симметричное относительно аргументов;  $m < n$  и  $n$  – объем выборки. Отметим, что семейство  $GL_{\alpha\beta}$ -оценок очень широкое.

Конкретизация констант  $\{p_j\}$ , способ задания весовых коэффициентов  $\{a_j\}$  и выбор ядра  $h(x_1, \dots, x_m)$  позволяют определить содержательный смысл функционала, в результате оценивания которого получаем  $GL_{\alpha\beta}$ -оценки. В этот класс, в частности, входят обычные L-оценки в виде линейных комбинаций порядковых статистик, обобщенные оценки Ходжеса-Лемана и их урезанный вариант, медиана абсолютных отклонений и многие другие оценки. Для  $GL_{\alpha\beta}$ -оценок получены следующие результаты:

– доказана асимптотическая нормальность  $GL_{\alpha\beta}$ -оценок;

– получены выражения для их функций влияния и числовых характеристик робастности;

– введение класса обобщенных L-оценок позволило исследовать асимптотические свойства различных классов робастных оценок, таких как M-, L- и R-оценки, с единых позиций, используя подход Мизеса и понятие функции влияния Хампеля.

Подчеркнем, что кафедра работала не только над теоретическими проблемами статистики. Значительные усилия шли на выполнение прикладных хозяйственных работ, для крупных заказчиков (например – МИТ, Москва; ВИКИ им. Можайского, Ленинград; АКИН, Москва и др.).

Заслуживает внимания работа Б.С. Лещинского по созданию интеллектуальных программных продуктов. Совместно с медиками проведен статистический анализ ресурсов психиатрической службы на динамику выявленной болезненности и заболеваемости Сибири и Дальнего Востока [39, 40]. Разработаны алгоритмы и программные средства распознавания при разнотипности признаков и сильной пересекаемости классов [41–44].

Совместно с медиками проведена серия работ по выявлению информативных групп признаков для распознавания больных различными нервно-психическими заболеваниями [45–48]. Построены алгоритмы и программные средства распознавания больных нервно-психическими заболеваниями [45, 49–51]. В лаборатории статистики и анализа данных проделана работа по созданию баз знаний и интеллектуальных систем в медицинской (экспертные системы анализа взаимодействий препаратов для лечения больных сердечно-сосудистыми, желудочными и бронхолегочными заболеваниями) [52], экономической (экспертные системы консультирования по российскому налогообложению [53] и анализу финансовой и хозяйственной деятельности предприятий [54, 55]) и математической статистики (интеллектуальная система непараметрического оценивания функционалов распределений) [56].

#### ЛИТЕРАТУРА К СТАТЬЕ

1. Тарасенко Ф.П. Непараметрическая статистика. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1976. 292 с.
2. Дмитриев Ю.Г., Кошкин Г.М., Симахин В.А., Тарасенко Ф.П., Шулепин В.П. Непараметрическое оценивание функционалов по стационарным выборкам. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1974. 93 с.
3. Тарасенко Ф.П., Шулепин В.П. О статистической связи между наблюдением и его рангом // Труды СФТИ. 1971. Вып. 62. С. 220–228.
4. Тарасенко Ф.П., Шулепин В.П. Критерий согласия // Труды СФТИ. 1974. Вып. 60. С. 3–69.
5. Дмитриев Ю.Г., Тарасенко Ф.П. Об оценивании функционалов от плотностей вероятностей и ее производных // Теория вероятностей и ее применения. 1973. Т. XVIII. Вып. 3. С. 662–668.
6. Дмитриев Ю.Г., Тарасенко Ф.П. Об одном классе непараметрических оценок нелинейных функционалов // Теория вероятностей и ее применения. 1974. Т. XIX. Вып. 2. С. 404–409.
7. Дмитриев Ю.Г., Тарасенко Ф.П. О непараметрическом оценивании функционалов // Труды VI конгресса ИФАК по стохастическому управлению. Венгрия. 1974. С. 41–47.
8. Добровидов А.В., Кошкин Г.М. Непараметрическое оценивание сигналов. М.: Наука, 1997. 336 с.
9. Кошкин Г.М. Об одном подходе к исследованию функционалов от условных распределений при статисти-

ческой неопределенности // Автоматика и телемеханика. 1978. № 8. С. 53–65. **10. Кошкин Г.М.** Оценивание функционалов расстояний между плотностями распределений // Пробл. передачи информ. 1991. Т. 27. Вып. 3. С. 66–72. **11. Кошкин Г.М.** Моменты отклонений оценки подстановки и ее кусочно-гладких аппроксимаций // Сибирский математический журнал. 1999. Т. 40. № 3. С. 605–618. **12. Васильев В.А., Кошкин Г.М.** Оценивание предельной плотности распределения и ее производным по наблюдениям с ослабевающей зависимостью // Пробл. передачи информ. 1997. Т. 33. Вып. 2. С. 66–80. **13. Васильев В.А., Кошкин Г.М.** Оценивание функций от плотности распределения по зависимым наблюдениям // Пробл. передачи информ. 1997. Т. 33. Вып. 4. С. 45–60. **14. Васильев В.А., Кошкин Г.М.** Непараметрическая идентификация авторегрессий // Теория вероятностей и ее применения. 1998. Т. 43. Вып. 3. С. 577–588. **15. Koshkin G.M., Vasil'iev V.A.** Nonparametric estimation of derivatives of a multivariate density from dependent observations // Mathematical methods of statistics. New York: Allerton Press, Inc. 1998. Vol. 7. № 4. P. 361–400. **16. Васильев В.А., Кошкин Г.М.** Непараметрическое оценивание отношений производных многомерной плотности распределения по зависимым наблюдениям // Сибирский математический журнал. 2000. Т. 41. № 2. С. 312–330. **17. Кошкин Г.М.** Асимптотические свойства функций от статистик и их применения к непараметрическому оцениванию // Автоматика и механика. 1990. № 3. С. 82–97. **18. Кутаева А.В., Кошкин Г.М.** Устойчивое с улучшенной скоростью сходимости непараметрическое оценивание многомерной функции интенсивности // Автоматика и телемеханика. 1997. № 5. С. 202–214. **19. Дмитриев Ю.Г., Кошкин Г.М.** Использование дополнительной информации при непараметрическом оценивании функционалов плотности // Автоматика и телемеханика. 1987. № 10. С. 47–58. **20. Буддаков В.М., Кошкин Г.М.** О рекуррентных оценках: плотности вероятности и линии регрессии // Пробл. передачи информ. 1977. Т. 13. Вып. 1. С. 58–66. **21. Koshkin G.M., Tarasenko F.P.** Nonparametric algorithms for identifying and control of continuous-discrete stochastic objects // 8-th IFAC-IFORS Symposium on Identification and System Parameter Estimation. Beijing: Pergamon Press, 1988. Vol. 2. P. 882–887. **22. Дмитриев Ю.Г.** О свойствах оценок функций распределения и функционалов при дополнительной априорной информации // Математическая статистика и ее приложения. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1976. Вып. 4. С. 63–76. **23. Дмитриев Ю.Г., Устинов Ю.К.** Статистическое оценивание распределения вероятностей с использованием дополнительной информации. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1988. 194 с. **24. Дмитриев Ю.Г., Конев В.В.** О погрешности статистического оценивания кратных интегралов с использованием омега-квадрат критерия // Ж. вычисл. матем. и матем. физики. 1977. Т. 17. Вып. 6. С. 1363–1373. **25. Дмитриев Ю.Г., Титова С.А.** Привлечение априорной информации на основе минимума верхних границ погрешности // Математическое моделирование и теория вероятностей: Сб. научных трудов Томского университета / Под ред. В.Н. Берцун, А.М. Бубенчикова и Ю.К. Устинова. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1998. С. 185–190. **26. Дмитриев Ю.Г.** Непараметрическое условное оценивание функционалов плотности распределения // Математическое моделирование и теория вероятностей: Сб. научных трудов Томского университета / Под ред. В.Н. Берцун, А.М. Бубенчикова и Ю.К. Устинова. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1998. С. 169–177. **27. Серых А.П.** Об использовании непараметрических оценок плотностей в задачах распознавания образов // Проблемы кибернетики. Томск, 1972. № 63. С. 184–195. **28. Серых А.П.** О непараметрическом оценивании регрессии // Проблемы компьютерного анализа данных и моделирование. Минск, 1991. С. 161–167. **29. Серых А.П.** Оценка распределения случайных векторов разнотипных данных. Классификация разнотипных данных // Доклады научной сессии ТГУ. Томск, 1993. С. 21–27. **30. Шуленин В.П.** Введение в робастную статистику. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1993. 227 с. **31. Шуленин В.П.** Минимаксные  $R_n$ -оценки и их числовые характеристики при конечных выборках // Адаптация и обучение в системах управления и принятия решений. Новосибирск: Наука, 1982. С. 110–122. **32. Шуленин В.П.** О некоторых свойствах  $\alpha$ -урезанной оценки Ходжеса-Лемана // Стохастические системы управления. Новосибирск: Наука, 1979. С. 54–62. **33. Shulenin V.P., Deeva T.A.** The numerical characteristics of robustness of the class of the Hodges-Lehmann generalized estimators // Proceedings the third Russian-Korean international symposium on science and technology. KORUS'99. Novosibirsk, 1999. Vol. 2. P. 510–513. **34. Шуленин В.П.** Асимптотические свойства и робастность MD-оценок // Теор. вероят. и её примен. 1992. Т. 37. Вып. 4. С. 816–818. **35. Шуленин В.П.** Границы эффективности оценок, построенных методом минимума расстояний Крамера-Мизеса // Изв. Вузов. Физика. 1995. № 8. С. 84–89. **36. Shulenin V.P., Tarasenko F.P.** Connection of MD-estimates with classes of robust estimate of location parameter // 12-th Prague conf. inf. theory. Prague, 1994. P. 220–223. **37. Shulenin V.P., Deeva T.A.** Asymptotic efficiency for the generalized Hodges-Lehmann estimator under the normal mixture distributions // CADM. Minsk, 1998. P. 107–112. **38. Shulenin V.P.** Asymptotic properties of the trimmed GL- and U-statistics // Prague stochastics'98. Prague, 1998. Abstracts. P. 84. **39. Потанов А.И., Красик Е.Д., Рицнер М.С., Дригаленко Е.И., Лецинский Б.С.** Многомерный анализ связи ресурсов психиатрической службы с выявлением и распространенностью психически больных в регионах Сибири и Дальнего Востока // Журнал невропатологии и психиатрии. 1987. Т. 87. Вып. 3. **40. Потанов А.И., Красик Е.Д., Рицнер М.С., Лецинский Б.С., Дригаленко Е.И.** Корреляционно-регрессионный анализ влияния ресурсов психиатрической службы на динамику выявленной болезненности населения Сибири и Дальнего Востока // Журнал невропатологии и психиатрии. 1988. Т. 88. Вып. 10. **41. Лецинский Б.С.** Логико-математический алгоритм оценки вероятности возникновения шизофрении // Актуальные вопросы психиатрии. Томск: Изд-во ТГУ, 1983. Вып. 1. **42. Лецинский Б.С.** Алгоритм распознавания, использующий класс логических решающих правил, в условиях пересекаемости классов // Математическая статистика и ее приложения. Томск: Изд-во ТГУ, 1986. Вып. 10. **43. Лецинский Б.С.** Алгоритм распознавания, использующий класс логических решающих правил и случайный поиск с адаптацией, в пространстве разнотипных признаков // Математическая статистика и ее приложения. Томск: Изд-во ТГУ, 1986. Вып. 10. **44. Лецинский Б.С.** Комплекс программ выбора информативных групп признаков и построения решающих правил распознавания // Информационный листок о научно-техническом достижении. Томск: Межотраслевой территориальный ЦНТИ, 1986. № 5. 86 с. **45. Запускалов С.В., Лецинский Б.С.** Автоматизированное выявление больных с резидуально-органическими расстройствами на крупном промышленном предприятии // Актуальные вопросы психиатрии. Томск: Изд-во ТГУ, 1985. Вып. 2. **46. Запускалов С.В., Лецинский Б.С., Положий Б.С., Рицнер М.С.** Выделение информативной совокупности факторов для распознавания больных нервно-психическими заболеваниями // Журнал невропатологии и психиатрии. 1986. Т. 86. № 8. **47. Лецинский Б.С.** Прогнозирование возникновения мультифакторальных заболеваний с использованием методов распознавания образов // Тр. IV Всесоюз. конф. «Актуальные вопросы адаптации человека к климато-географическим условиям и первичная профилактика». Новосибирск, 1986. Т. 2. **48. Лецинский Б.С., Рицнер М.С.** Выделение информативной совокупности факторов возникновения эпилепсии методом распознавания образов // Журнал невропатологии и психиатрии. 1989. Т. 89. Вып. 6. **49. Дригаленко Е.И., Лецинский Б.С., Рицнер М.С.** Программное обеспечение обработки медицинской и генетической информации // Актуальные вопросы психиатрии. Томск: Изд-во ТГУ, 1985. Вып. 2. **50. Лецинский Б.С., Запускалов С.В.** Комплекс программ для автоматизированного выявления больных с нервно-психическими расстройствами среди работников промышленных предприятий // Информационный листок о научно-техническом достижении. Томск: Межотраслевой территориальный ЦНТИ, 1986. № 2. С. 86. **51. Рицнер М.С., Лецинский Б.С.** Методико-генетическое прогнозирование психических заболеваний по алгоритму распознавания образов // Бюллетень СО АМН СССР. Новосибирск, 1987. № 4. **52. Лецинский Б.С., Скрипкин С.В.** Экспертная система анализа взаимодействия лекарственных препаратов для лечения основных групп заболеваний // Труды IX Междунар. симпозиума по непараметрич. методам в кибернет. и информат. Красноярск, 1997. **53. Лецинский Б.С., Кусков В.В.** Экспертная система консультирования по российскому налогодобложению // Программные продукты и системы. 1995. № 3. **54. Лецинский Б.С., Краснояров Ф.В., Скрипкин С.В.** Экспертная диагностическая система анализа финансовой и хозяйственной деятельности предприятия // Программные продукты и системы. 1995. № 1. **55. Лецинский Б.С., Скрипкин С.В.** Экспертная система сравнительного анализа экономического состояния предприятия // Труды IX Междунар. симпозиума по непараметрич. методам в кибернет. и информат. Красноярск, 1997. **56. Кошкин Г.М., Лецинский Б.С., Краснова И.В., Панихина Т.В., Спиридонова С.Ю.** Интеллектуальные системы непараметрического оценивания функционалов распределений // Тр. междунар. конф. «Всесибирские чтения по математике и механике». Томск, 1997.

#### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

**1. Дмитриев Ю.Г., Тарасенко Ф.П.** Об использовании априорной информации при оценивании линейных функционалов // Математическая статистика и ее приложения. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1976. Вып. 4. С. 52–62. **2. Dmitriev Yu.G., Tarasenko F.P.** On the use of a priori information in estimatid linear functionals of distribution // Problems control and inform. theory. 1978. Vol. 7. № 6. P. 459–469. **3. Дмитриев Ю.Г.** Об оценках параметров распределений при дополнительной информации // Математическая статистика и ее приложения. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1987. Вып. 11. С. 39–46. **4. Дмитриев Ю.Г., Тарасенко Ф.П., Устинов Ю.К.** Об учете априорной информации методом проекций // Международный симпозиум по теории информации. Ташкент, 1984. С. 27–29. **5. Дмитриев Ю.Г., Тарасенко Ф.П.** Использование априорной информации в статистической обработке экспериментальных данных // Известия Вузов. Физика. 1992. № 9. **6. Дмитриев Ю.Г.**

Метод коррелированных процессов при наличии смещений // Математическое моделирование и теория вероятностей: Сб. научных трудов Томского университета / Под ред. В.Н. Берцуна, А.М. Бубенчикова и Ю.К. Устинова. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1998. С. 163–168. **7. Дмитриев Ю.Г.** Метод коррелированных процессов при многозначности в априорных условиях // Математическое моделирование и теория вероятностей: Сб. научных трудов Томского университета / Под ред. В.Н. Берцуна, А.М. Бубенчикова и Ю.К. Устинова. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1998. С. 178–184. **8. Дмитриев Ю.Г., Шуленин В.П.** Об учете априорной информации в задачах согласия и однородности // Математическая статистика и ее приложения. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1976. Вып. 4. С. 77–87. **9. Dmitriev Yu.G., Koshkin G.M.** On the use of a priori information in nonparametric regression estimation // Proceeding 2nd IFAC simposium on stochastic control. Oxford **e.a.**: Pergamon Press, 1987. P. 223–228.

Статья поступила в научную редакцию 25 марта 2000 г.