

Математические методы исследования

В этом году исполнилось 95 лет со дня рождения Б. В. Гнеденко — видного разработчика математических методов исследования в XX веке. Он вместе с В. В. Налимовым были основоположниками раздела “Математические методы исследования” в нашем журнале. Б. В. Гнеденко был математиком, знавшим запросы прикладников, и одновременно исследователем в конкретных прикладных областях, работавшим на уровне современной математической строгости. Публикуем статью, посвященную его памяти. В ней анализируются актуальные для математических методов исследования работы Б. В. Гнеденко.

УДК 519.24

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ В РАБОТАХ БОРИСА ВЛАДИМИРОВИЧА ГНЕДЕНКО

© А. И. Орлов¹

Тридцать пять лет академик АН Украины Борис Владимирович Гнеденко (1912 – 1995 гг.) входил в состав редколлегии нашего журнала. С его статьи [1] началась история раздела “Математические методы исследования”. Одна из основных научных заслуг Бориса Владимировича Гнеденко — обоснование необходимости развития математических методов исследования как самостоятельного научного направления. Борис Владимирович был одновременно великим теоретиком и великим прикладником. Чем больше проходит времени, тем яснее становится основополагающая роль его идей, методологического подхода в нашей нынешней работе.

Из теоретических исследований Бориса Владимировича больше всего известны работы по предельным теоремам теории вероятностей. Основополагающие результаты получены им в математической статистике, например в задаче проверки однородности двух выборок. Для прикладников Борис Владимирович — лидер в области теории надежности, массового обслуживания, статистических методов управления качеством продукции. По его “Курсу теории вероятностей” учились многие поколения специалистов. Большое значение имеют работы по истории науки и по другим направлениям, среди которых особенно выделяется методология научных исследований.

От практики — к теории, от теории — к практике (четыре этапа научного пути)

Научный путь Бориса Владимировича Гнеденко можно разбить на четыре этапа. Первый (1930 – 1934 гг.)

прошел на кафедре математики текстильного института в г. Иваново, куда он был направлен в 1930 г. после окончания Саратовского университета. Именно там Борис Владимирович пришел к глубокому убеждению, что полноценная творческая жизнь математика связана с широким использованием математических методов в решении задач практики при одновременном развитии математических методов, без чего невозможно глубокое изучение и удовлетворение самих потребностей практики. В ивановский период он увлекся теорией вероятностей.

Второй этап (1934 – 1945 гг.) — исследовательская работа в Москве. В 1934 г. Борис Владимирович поступил в аспирантуру Московского университета. Его научными руководителями стали А. Я. Хинчин и А. Н. Колмогоров. Ежедневно собирался общегородской семинар по теории вероятностей, где с новыми результатами выступали известные ученые — А. Н. Колмогоров, Е. Е. Слуцкий, Н. В. Смирнов, А. Я. Хинчин, а также аспиранты, молодые физики, биологи и инженеры. Борис Владимирович занялся предельными теоремами для сумм независимых случайных величин. В июне 1937 г. он защитил кандидатскую диссертацию “О некоторых результатах по теории безгранично делимых распределений”, а в начале июня 1941 г. — докторскую диссертацию, состоящую из двух частей: теории суммирования независимых случайных величин и теории максимального члена вариационного ряда. В годы Великой Отечественной войны Борис Владимирович Гнеденко принимал активное участие в решении многочисленных задач, связанных с обороной страны.

Третий этап научного пути Бориса Владимировича — украинский (1945 – 1960 гг.). В 1945 г. Академия наук Украинской ССР избрала Б. В. Гнеденко своим членом-корреспондентом и направила его во Львов,

¹ Институт высоких статистических технологий и эконометрики Московского государственного технического университета им. Н. Э. Баумана, Москва, Россия.

где он восстанавливал Львовский университет и организовывал учреждения Академии наук УССР. Во Львове Б. В. Гнеденко читал разнообразные курсы: математический анализ, вариационное исчисление, теорию аналитических функций, теорию вероятностей, математическую статистику и др. Его научная работа в этот период также была весьма разнообразна. Ему удалось доказать в окончательной формулировке локальную предельную теорему для независимых одинаково распределенных решетчатых слагаемых (1948 г.). Здесь начались исследования по непараметрическим методам статистики. Но основное значение, пожалуй, имела работа Б. В. Гнеденко над учебником «Курс теории вероятностей» [2] (1949 г.) и монографией «Предельные распределения для сумм независимых случайных величин» [3].

В 1950 г. Президиум АН УССР перевел Бориса Владимировича в Киев, где в Институте математики АН УССР был организован отдел теории вероятностей и математической статистики. Одновременно Борис Владимирович заведовал кафедрой математического анализа в Киевском университете. Естественно, что очень скоро вокруг него образовалась группа молодых математиков, которые увлеклись теорией вероятностей и задачами математической статистики. Первыми киевскими учениками Бориса Владимировича были В. С. Корольюк и В. С. Михалевич, ставшие впоследствии известными учеными. Характерно, что в Киеве Борис Владимирович организовал городской семинар по истории математики при Институте математики АН УССР. Он объединил многих ученых, работающих в области истории науки.

В 1953 – 1954 гг. Борис Владимирович работал в ГДР, а когда вернулся Президиум АН УССР поручил ему возглавить работу по организации Вычислительного центра. Ядром группы ученых были сотрудники академика С. А. Лебедева, автора первой в Европе ЭВМ, получившей название МЭСМ (малая электронная счетная машина). Одновременно Борис Владимирович возглавил работу по созданию курса программирования для ЭВМ, который начал читать студентам Киевского университета — будущим сотрудникам Вычислительного центра. Этот курс [4] — первый в СССР учебник по программированию. Начались работы по проектированию универсальной машины «Киев» и специализированной машины для решения систем линейных алгебраических уравнений. В этот период Президиум АН УССР возложил на Б. В. Гнеденко обязанности директора Института математики АН УССР и председателя бюро физико-математического отделения.

Широкая организационная деятельность не ослабила научной и педагогической деятельности Б. В. Гнеденко. Именно к этому периоду относится начало разработки им двух новых направлений прикладных научных исследований — теории массового обслужи-

вания и вопросов использования математических методов в современной медицине.

Четвертый этап научного пути (1960 – 1995 гг.) — снова Москва. В 1960 г. Борис Владимирович возобновил работу в Московском университете. Сразу же он организовал московский семинар по математической теории надежности и теории массового обслуживания, привлекая многочисленных участников. Большое внимание Борис Владимирович уделял разработке основ теории надежности, решению задач теории резервирования с восстановлением, оптимальной профилактики, управлению качеством промышленной продукции в процессе производства.

В 1965 г. А. Н. Колмогоров передает Борису Владимировичу руководство кафедрой теории вероятностей механико-математического факультета МГУ, которой он заведовал до своих последних дней.

Методологическими проблемами математики Борис Владимирович систематически интересовался с конца 50-х годов. Он — член научного совета при Президиуме АН СССР по философским проблемам естествознания. С первых дней создания Общества по распространению научных и политических знаний (общество «Знание») он принимает активное участие в его работе. Жизненному и научному пути Бориса Владимировича посвящена статья [5] и другие публикации.

Общее количество опубликованных научных трудов Бориса Владимировича приближается к тысяче. Рассмотрим подробнее основные направления научной деятельности Б. В. Гнеденко.

Суммирование независимых случайных величин

В 30-е годы внимание Бориса Владимировича привлекли задачи, связанные с суммированием независимых случайных величин (с.в.). Интерес к таким задачам появился в математике еще в XVII веке. Невозможность прямых вычислений распределений сумм независимых с.в. приводит к необходимости получения и изучения асимптотических формул для них, т.е. таких формул, которые позволяют находить с нужной точностью требующиеся нам вероятности, связанные с суммами с.в. Аппроксимация многократных сверток распределений потребовала развития содержательной математической теории, которая называется теорией предельных теорем для сумм независимых с.в., или теорией суммирования.

Начало развития этой теории связано с работами Я. Бернулли и А. Муавра начала XVIII века, в которых были доказаны закон больших чисел (ЗБЧ) и центральная предельная теорема (ЦПТ) для независимых с.в., принимающих два значения. Эти исследования были продолжены в XIX веке П. Лапласом, С. Пуассоном, К. Гауссом и другими учеными, но вплоть до 1860-х годов рассматривались лишь с.в., принимающие два значения. Лишь в 1867 г. П. Л. Чебышев по-

лучил достаточно общую форму ЗБЧ, а достаточно общая форма ЦПТ была доказана в работах А. М. Ляпунова и А. А. Маркова на рубеже XIX и XX веков. Наиболее бурное развитие теории суммирования пришлось на 20 – 40-е годы XX века и связано с именами А. Н. Колмогорова, Б. В. Гнеденко, А. Я. Хинчина, П. Леви, В. Феллера и Дж. Линдеберга.

Класс возможных предельных распределений для сумм независимых случайных величин, как показали А. Я. Хинчин и Г. М. Бавли, совпадает с классом безгранично делимых распределений. Оставалось выяснить условия существования предельных распределений и условия сходимости к каждому возможному предельному распределению. Заслуга постановки этих задач и их решения принадлежит Б. В. Гнеденко. В 1937 г. он предложил оригинальный метод, получивший название метода сопровождающих безгранично делимых законов. Единым приемом удалось получить все ранее найденные в этой области результаты, а также и ряд новых.

В теории суммирования доказывались как интегральные предельные теоремы, т.е. теоремы о сходимости функций распределения, так и локальные, т.е. теоремы о сходимости плотностей (для гладких распределений) и о вероятностях отдельных значений для решетчатых распределений. В 20 – 40-е годы XX века были получены исчерпывающие результаты о ЗБЧ в классической формулировке. Отметим, что законы больших чисел в пространствах нечисловой природы, найденные в последней четверти XX века, формулировались и доказывались исходя из совсем иных подходов — не на основе суммирования, а на основе решений оптимизационных задач (см., например, работы [6, 7]).

Во всех разделах теории суммирования Борис Владимирович получил фундаментальные результаты, пролившие свет на существо дела. Итогом развития классической теории суммирования явилась публикация монографии Б. В. Гнеденко и А. Н. Колмогорова [3], которую можно назвать монументом создателям этой теории. Методы и результаты теории суммирования применяются в различных разделах теории вероятностей, статистических методов и их применений, а работа [3] остается источником новых идей для многих исследователей. Эта книга — одно из наиболее замечательных достижений математики XX века.

Предельные теоремы для крайних порядковых и разделимых статистик

Работы по предельным теоремам для крайних порядковых статистик публиковались в течение нескольких десятков лет, начиная с 20-х годов XX века. Можно назвать авторов некоторых таких публикаций: Додж, фон Мизес, Фреше, Фишер и Типпет, Б. де Финетти, Гумбель, В. Б. Невзоров и др. Однако наи-

более полные и глубокие результаты получены Б. В. Гнеденко.

Пусть x_1, \dots, x_n — независимые одинаково распределенные с функцией распределения F случайные величины, тогда $x_n(1) = \min x_k$ и $x_n(n) = \max x_k$ называются крайними (или экстремальными) порядковыми статистиками, а также крайними членами вариационного ряда. Предположим, что для функции распределения F найдутся последовательности констант $\{a_n > 0\}$, $\{b_n\}$, для которых существуют невырожденные предельные (с ростом n) функции распределения G крайних членов преобразованной выборки $\{a_n^{-1}(x_k - b_n)\}$. Тогда согласно общей теории функция G имеет один из трех типов. Среди них — широко используемое на практике распределение Вейбулла – Гнеденко [9]. Борисом Владимировичем получены необходимые и достаточные условия, относящиеся к F , чтобы получить тот или иной тип G .

Являясь выдающимся специалистом по теории суммирования независимых случайных величин, Борис Владимирович решил результаты этой теории применить к суммированию зависимых случайных величин. Поэтому он проявил интерес [9] к таким случайным величинам w_1, \dots, w_N , совместное распределение которых совпадает с условным совместным распределением некоторых независимых случайных величин $\theta_1, \dots, \theta_N$, при условии фиксации суммы последних в некоторой точке. Отправляясь от величин w_1, \dots, w_N , можно построить [9] класс сумм зависимых случайных величин, называемых в отечественной литературе разделимыми статистиками. Распределения последних известным образом выражаются через распределения сумм соответствующих независимых случайных величин (векторов). Поэтому для получения предельных (с ростом числа слагаемых) теорем для разделимых статистик надо воспользоваться результатами суммирования независимых величин или их многомерными аналогами (в случае векторов).

Теория массового обслуживания

Важным разделом современной теории вероятностей, в становление и развитие которого Борис Владимирович внес неопределимый вклад, является теория массового обслуживания (ТМО). Первый цикл работ в этом направлении он выполнил в Иванове. В частности, он занимался изучением связи неровности пряжи по номеру и весу, выяснением эффективности перехода от обслуживания одного станка к обслуживанию нескольких станков, оценкой длины среднего расстояния между станками, которое проходит ткачиха в процессе их обслуживания, выявлением особенностей метода станкообходов для нормирования рабочего времени станка и рабочего. Этой тематике посвящена первая книга Б. В. Гнеденко [10].

В опубликованной перед самой войной работе [11] Борис Владимирович решает задачу определения

среднего числа зарегистрированных счетчиком Гейгера – Мюллера частиц (известно, что в силу наличия “мертвой зоны” счетчик Гейгера – Мюллера регистрирует не все попадающие в него частицы). В терминах ТМО рассматриваемая модель может быть описана как однолинейная система массового обслуживания (СМО) с потерями, нестационарным пуассоновским входящим потоком и постоянным временем обслуживания. Заметим, что и к настоящему времени СМО с нестационарным входящим потоком исследованы крайне мало.

К задачам ТМО Борис Владимирович возвращается в 50-е годы, хотя, по собственному признанию, уже во время войны он не раз размышлял над ними. Теперь до последних дней жизни это направление наряду с теорией суммирования и математической теорией надежности становится одним из основных в его научной деятельности. Борис Владимирович обобщает формулы Эрланга на системы с ненадежными восстанавливаемыми приборами.

В 1956 г. Борис Владимирович прочитал первый в СССР спецкурс по ТМО. В 1958 г. цикл его лекций по теории массового обслуживания был опубликован, а затем послужил основой для широко известной монографии [12], выпущенной в 1966 г. Эта книга и до сих пор остается одной из основополагающих при подготовке специалистов по ТМО не только в нашей стране, но и за рубежом. Отметим также монографии [13, 14], оказавшие значительное влияние на развитие ТМО.

В последующие годы Борис Владимирович опубликовал еще более 30 статей, относящихся к ТМО. В этих статьях наряду с решением отдельных задач по ТМО он дает детальные обзоры существующих методов исследования, формулирует новые проблемные направления. Важнейшей задачей Борис Владимирович считал пропаганду на всех уровнях, начиная от школьников и заканчивая профессионалами-математиками, широчайшего внедрения методов ТМО в инженерную практику.

Математическая статистика, теория надежности и контроля качества

Статистические методы были в центре научных и педагогических интересов Б. В. Гнеденко на протяжении всей его творческой жизни. “Каждому специалисту нужно знать математическую статистику” — так называется одна из его статей [15]. Уже в первых его публикациях, посвященных математическому анализу проблем текстильного производства, проявился живой интерес и умение Бориса Владимировича работать с реальными данными.

Мировую известность Борису Владимировичу как статистику принес цикл работ, выполненных им вместе со своими учениками и сотрудниками в конце 40-х – первой половине 50-х годов. Он изучал проблему проверки гипотезы однородности двух независи-

мых выборок с помощью статистики, равной максимуму разности соответствующих эмпирических функций распределения (оказываемую двухвыборочную одностороннюю статистику Н. В. Смирнова). Борис Владимирович предложил метод вычисления точного распределения статистики критерия для конечных выборок равного объема, позволивший получить простое доказательство найденных ранее Н. В. Смирновым предельных теорем и достаточно точные асимптотические разложения. А. Н. Колмогоров высоко оценил исследования Бориса Владимировича по непараметрической статистике [16]. И сейчас, через 50 лет, эти результаты Бориса Владимировича по-прежнему актуальны для применения математических методов исследования (см., например, статью [17]).

По статистике Борис Владимирович опубликовал более 50 работ. Среди них — посвященные проблемам статистического образования, а также приложениям статистических методов в технических исследованиях, теории надежности и контроле качества, экономике и социальных науках, биологии и медицине и многих других областях.

Б. В. Гнеденко всегда был среди тех ученых, которые не только глубоко понимали необходимость развития вычислительной техники как основы и предпосылки внедрения результатов теоретических (и в том числе математико-статистических) исследований в практику, но и предвидели широкие горизонты новых исследований, которые открывали высокопроизводительные компьютеры. Он руководил созданием Вычислительного центра АН УССР, стоял у истоков создания Института кибернетики АН УССР. Как уже отмечалось, Борис Владимирович написал первый в СССР учебник по программированию [4].

Начатые Борисом Владимировичем в сотрудничестве с Н. М. Амосовым работы по машинной диагностике сердечных заболеваний во многих своих аспектах являются примером высококлассного прикладного статистического исследования, по своей тематике относящегося к проблемам классификации.

Вопросами теории надежности, а также проблемами управления и контроля качества Борис Владимирович начал заниматься еще во второй половине 50-х годов. Знакомство его с уровнем качества продукции промышленных предприятий подтверждало необходимость использования математических методов для объективной оценки качества и прогноза надежности изделий. К разработке математической теории надежности он привлек своих учеников — И. Н. Коваленко, В. С. Королюка, Т. П. Марьяновича. Сам Борис Владимирович в это время выполнял также прикладные работы, связанные с анализом надежности и методикой расчета нагрузки электрических сетей промышленных предприятий.

Будучи одним из создателей и признанным лидером советской школы математической теории надежности, Борис Владимирович приобрел огромное не-

формальное влияние на развитие этой теории не только на всей территории СССР, но и далеко за ее пределами. Другой мощной школой в теории надежности является североамериканская. Две школы отличались по тематике исследований и во многом дополняли друг друга. Достижения этих школ 60 – 80-х годов до сих пор предопределяют мировое развитие теории надежности.

Продвижению результатов математической теории надежности в практику Борис Владимирович придавал не меньшее значение, чем развитию самой математической теории. По его мнению, важнейшими аспектами востребованности и успешного применения на практике являются:

наличие в теории богатого набора математических моделей, отражающих разнообразные явления предметной области;

присутствие в предметной области специалистов, способных понять математические модели и превратить их в “руководящие указания” на производстве;

наличие литературы самого разного уровня, отражающей достижения теории и практику ее применения;

возможность прямого контакта между создателями теории и специалистами предметной области для взаимной корректировки задач теории и методов ее приложения.

Все перечисленные выше моменты нашли счастливое сочетание в работе огромного неформального коллектива ученых и практиков, имевших отношение к созданию и приложению теории надежности и управлению качеством в СССР. Усилиями Бориса Владимировича, его сотрудников и учеников с 1960 по 1985 г. была разработана весьма разветвленная математическая теория надежности и математическая теория контроля качества, налажена широкая пропаганда необходимости практического использования теоретических результатов, в том числе по линии общества “Знание”, организованы семинары и лекционные курсы в Политехническом музее, в МГУ им. М. В. Ломоносова, а затем и во многих городах СССР, где инженерный состав получал необходимую математическую подготовку для понимания и применения методов теории надежности и контроля качества. В кабинете надежности при Политехническом музее все заинтересованные лица могли получить консультации у ведущих специалистов, включая и самого Б. В. Гнеденко. Издательства “Советское радио” и “Знание” выпустили серию книг, посвященных различным аспектам теории надежности и контроля качества. Огромное влияние оказала основополагающая монография [18], а также ряд других монографий с участием Бориса Владимировича, в частности книга [19].

Была развернута большая работа по подготовке специалистов высшей категории в области теории надежности. В руководстве ряда отраслей промышленности оказались специалисты, хорошо понимающие

необходимость внедрения современных методов теории надежности и контроля качества. В результате достижения математической теории надежности и контроля качества нашли широкое признание как в научных кругах, так и среди прикладников.

Развитие теории управления качеством и надежностью активно продолжается и в настоящее время [20, 21]. В современных условиях реализация накопленного научного потенциала может значительно ускорить экономический рост как отдельных предприятий, так и страны в целом.

Нельзя не отметить и огромный личный вклад Б. В. Гнеденко в математическую теорию надежности. Предметом его наибольшего интереса была теория резервированных систем с восстановлением. Здесь им была поставлена задача, которая имела многочисленные продолжения в работах других математиков, а именно, задача об асимптотическом распределении момента первого отказа резервной группы с быстрым восстановлением. Борису Владимировичу удалось установить связь с асимптотической теорией суммирования случайного числа случайных слагаемых. Отметим, что подобные суммы используются не только в теории надежности, но и в различных иных прикладных областях, в частности в логистике — науке о движении материальных, финансовых и информационных потоков [22].

Здесь хочется вспомнить высказывания Бориса Владимировича о взаимообогащении фундаментальных и прикладных наук: “Я глубоко убежден в том, что прикладные проблемы не только дают возможность демонстрации силы математических методов и решения множества задач, необходимых для жизненной практики, но имеют огромное значение для развития самой математики. Дело в том, что в прикладных задачах часто приходится сталкиваться с совсем новыми ситуациями, о которых математик-теоретик не может догадаться. Традиционные методы математики недостаточны для решения возникающих вопросов, требуется разработка новых методов исследования и, возможно, — даже новых ветвей математики. Но практика важна для науки и тем, что именно практика выясняет возможности той или иной области математики для решения актуальных проблем других научных дисциплин и повседневных нужд общества. И, в конечном счете, ценность исследований математика будет определяться по тому, насколько широко и глубоко развиваемые им теории позволяют проникнуть в проблемы познания законов окружающего мира, помогают решению житейских проблем, касающихся всего общества. Чем теснее связана та или иная ветвь математики с практикой жизни, тем разнообразнее ее проблемы, тем быстрее она развивается. Так было, так есть и так будет” [23].

История математики и преподавание

Вскоре после создания Академии педагогических наук РСФСР (основана в 1943 г.) Борис Владимирович был приглашен в Институт методов обучения. Итог его работы — книга [24], адресованная в первую очередь учителям и школьникам. Эта замечательная книга была первым достаточно полным исследованием истории математики в нашей стране. В ней Борис Владимирович показал, что история математики необходима действующему математику. На 3-м Всесоюзном математическом съезде (1956 г.) Борис Владимирович перечислил магистральные направления историко-научных исследований в этой области. Он подчеркнул значение истории математики: “а) для целей выяснения общих закономерностей развития математики, б) для выявления общих перспектив ее последующего развития, для выявления методологических установок науки, г) для выяснения связей с другими науками и роли математики в истории культуры, д) для целей преподавания и воспитания” [25, с. 100].

Эти задачи Борис Владимирович реализовывал на протяжении пятидесяти лет, написав более 180 работ по истории математики. Среди них — более 32 биографических статей, посвященных Н. И. Лобачевскому, П. Л. Чебышеву, М. В. Остроградскому, А. Н. Колмогорову и др. В фундаментальной работе [26] он прослеживает предысторию теории вероятностей, анализируя труды ученых, стоящих у истоков этой науки: Л. Пачолли (основатель бухгалтерского учета), Дж. Кардано, Н. Тарталья, Г. Галилея, Б. Паскаля, П. Ферма, Х. Гюйгенса. Борис Владимирович умел мастерски разглядеть в элементарных рассуждениях предшественников зерна более широких идей.

Наиболее известной книгой Б. В. Гнеденко — учебником “Курс теории вероятностей” — пользуются студенты университетов уже свыше полувека. Он был издан в СССР, США, ГДР, Японии и многих других странах. Список изданий этого учебника помещен в его седьмом русском издании [2]. Совместно с А. Я. Хинчиным Борис Владимирович написал научно-популярную книгу [27], которая также вот уже более пятидесяти лет пользуется огромной популярностью и выдержала множество изданий в СССР и за рубежом.

Борис Владимирович уделял большое внимание вопросам преподавания. Он руководил семинарами по программированному обучению, по вопросам преподавания в средней школе, был председателем секции теории вероятностей и математической статистики и секции средней школы Московского математического общества. Большое число статей было им опубликовано в журналах “Вестник высшей школы”, “Математика в школе”, в сборниках научно-методического совета Минвуза СССР.

Лекции Бориса Владимировича пользовались большим успехом в любой аудитории. Естественна попытка проанализировать те средства, которые исполь-

зовал Борис Владимирович для воздействия на слушателей во время лекций. Суть их в простоте, в уважении своих слушателей, в желании передать им те сведения, которые им необходимы; в демонстрации на ярких и доступных примерах важности того, о чем идет речь; в умении связывать общие идеи с различными частными задачами, которые близки интересам слушателей; в ненавязчивом, постоянном воспитании научного мировоззрения.

Охватывая в своем творчестве весь диапазон, который может попасть в поле зрения математика — от исходной практической проблемы до теоретической чисто математической задачи и затем от решения этой задачи обратно к практической проблеме, Борис Владимирович вполне естественно стремился к осмыслению своего пути исследователя. Он посвящал методологическим исследованиям отдельные работы, постоянно обращался к проблемам таких исследований в книгах более общего характера [28]. Методологические вопросы обсуждались также в публикациях, посвященных роли математических методов исследования в научно-техническом прогрессе [29] или применению современных статистических методов в управлении качеством продукции [19].

Своей личностью, собственной научной, педагогической и организационной работой Б. В. Гнеденко показывал пример плодотворного единения теории и практики. Статьи Бориса Владимировича, опубликованные в журнале “Заводская лаборатория”, по-прежнему важны и интересны для наших читателей [1, 29, 30].

Литература

1. Гнеденко Б. В. / Заводская лаборатория. 1961. Т. 27. № 10. С. 1251 – 1253.
2. Гнеденко Б. В. Курс теории вероятностей (7-е изд.). — М.: УРСС, 2001. — 448 с.
3. Гнеденко Б. В., Колмогоров А. Н. Предельные распределения для сумм независимых случайных величин. — М.: ГИИТ, 1949. — 264 с.
4. Гнеденко Б. В., Королюк В. С., Ющенко Е. Л. Элементы программирования (2-е изд.). — М.: Физматгиз, 1963. — 348 с.
5. Добровольская Н. К. / Киевские математики-педагоги. — Киев: Изд-во “Вища школа”, 1979. С. 37 – 60.
6. Орлов А. И. / Заводская лаборатория. 1990. Т. 56. № 3. С. 76 – 83.
7. Орлов А. И. Эконометрика (3-е изд.). — М.: Экзамен, 2004. — 576 с.
8. Кудлаев Э. М. / Техническая кибернетика. 1986. № 6. С. 5 – 18.
9. Гнеденко Б. В., Кудлаев Э. М. / Вестник МГУ. Сер. мат. и мех. 1995. Вып. 1. С. 23 – 31.
10. Боев Г. П., Виноградов Ю. К., Гнеденко Б. В. Методика составления эмпирических зависимостей и номограмм в текстовом деле. — М.: Гизлегпром, 1936. — 128 с.
11. Гнеденко Б. В. / Журнал эксперимент. и теоретич. физики. 1941. Т. 11. Вып. 1. С. 101 – 106.
12. Гнеденко Б. В., Коваленко И. Н. Введение в теорию массового обслуживания. — М.: Наука, 1966. — 301 с.
13. Гнеденко Б. В., Хинчин А. Я. Элементарное введение в теорию массового обслуживания (6-е изд.). — М.: Наука, 1964. — 146 с.
14. Гнеденко Б. В., Даниелян Э. А., Димитров Б. Н. и др. Приоритетные системы обслуживания. — М.: МГУ, 1973. — 447 с.

15. Гнеденко Б. В. / Вестник высшей школы. 1961. № 12. С. 29 – 30.
16. Колмогоров А. Н. / Успехи математических наук. 1962. Т. XVII. Вып. 4(106). С. 194.
17. Орлов А. И. / Заводская лаборатория. 1998. Т. 64. № 5. С. 64 – 67.
18. Гнеденко Б. В., Беляев Ю. К., Соловьев А. Д. Математические методы в теории надежности. — М.: Наука, 1965. — 524 с.
19. Гнеденко Б. В. Математика и контроль качества продукции. — М.: Знание, 1978. — 64 с.
20. Орлов А. И. / Заводская лаборатория. 1997. Т. 63. № 3. С. 55 – 62.
21. Орлов А. И. / Заводская лаборатория. 1999. Т. 65. № 11. С. 51 – 55.
22. Орлов А. И. Устойчивость в социально-экономических моделях. — М.: Наука, 1979. — 296 с.
23. Гнеденко Б. В. Введение в специальность математика. — М.: Наука, 1991. — 340 с.
24. Гнеденко Б. В. Очерки истории математики в России. — М.: ГТТИ, 1946. — 247 с.
25. Гнеденко Б. В. / Труды третьего Всесоюзного математического съезда. (Москва, июнь – июль 1956). Т. II. — М.: Изд-во АН СССР, 1956. С. 100 – 101.
26. Гнеденко Б. В. Очерк по истории теории вероятностей. — М.: УРСС, 2001. — 88 с.
27. Гнеденко Б. В., Хинчин А. Я. Элементарное введение в теорию вероятностей. — М.: ГТТИ, 1946. — 128 с.
28. Гнеденко Б. В. О математике. — М.: Эдиториал УРСС, 2000. — 208 с.
29. Гнеденко Б. В., Орлов А. И. / Заводская лаборатория. 1988. Т. 54. № 1. С. 1 – 4.
30. Гнеденко Б. В. / Заводская лаборатория. 1986. Т. 52. № 12. С. 1 – 2.

УДК 519.28

УСТОЙЧИВЫЕ ИНТЕГРАЛЬНЫЕ ИНДИКАТОРЫ С ВЫБОРОМ ОПОРНОГО МНОЖЕСТВА ОПИСАНИЙ ОБЪЕКТОВ¹

© В. В. Стрижов, Т. В. Казакова²

Статья поступила 21 апреля 2006 г.

Приведен алгоритм построения интегрального индикатора множества объектов, устойчивого к выбросам в описаниях объектов. С помощью критерия принадлежности выбирается множество опорных описаний. Интегральный индикатор строится методом “без учителя”. Предложенный алгоритм использован для получения интегрального индикатора уровня загрязнений основных продуктов питания в регионах России.

При построении оценок качества объектов возникает задача агрегирования набора показателей этих объектов. Каждый показатель описывает какую-либо частную сторону понятия “качество”. Интегральный индикатор — число, поставленное в соответствие объекту и рассматриваемое как оценка его качества. Выбор алгоритма построения индикатора зависит от свойств, которыми обладают объекты. Предполагается, что каждый объект описан вектором, компоненты которого являются результатами измерений соответствующих показателей. Все измерения выполнены в линейных шкалах. Говоря о наборе объектов, будем называть интегральным индикатором вектор, компоненты которого поставлены в соответствие сравниваемым объектам.

Распространенным алгоритмом построения интегральных индикаторов для объектов, описанных в линейных шкалах, является линейная комбинация значений показателей [1]. Веса при этом вычисляются исходя из некоторого заданного критерия информативности описаний. Принятый в данной работе критерий

наибольшей информативности, введенный С. Р. Рао, рассмотрен в связи с методом главных компонент. Однако этот метод при наличии выбросов в описаниях объектов вызывает проблему их адекватной сравнимости. Эксперты, определяющие множество объектов, предполагают все объекты сравнимыми и ожидают от алгоритма адекватных значений интегральных индикаторов. Однако если значения показателей некоторых отдельных объектов существенно отличаются от таковых основного числа объектов, то в рамках линейной модели объекты-выбросы имеют большее влияние на веса показателей, чем прочие объекты. При исключении таких объектов можно наблюдать изменение значений индикаторов, существенное не только для линейных, но и для ранговых шкал.

Ранее были предложены алгоритмы получения устойчивых интегральных индикаторов с использованием как линейных [2], так и нелинейных моделей [3, 4].

В данной работе исследуется задача построения устойчивых интегральных индикаторов. Решением ее является алгоритм вычисления индикатора для всего множества объектов, построенный на основе его под-

¹ Работа поддержана грантом РФФИ 04-01-00401.

² Вычислительный центр РАН, Москва, Россия.