3.2. МЕТОДЫ ПРИКЛАДНОЙ СТАТИСТИКИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ ВУЗОМ

Бирюлева Е.П., аспирант;
Лычагина Т.А., к.ф.-м.н., доцент;
Пахомова Е.А., к.т.н., доцент;
Чудина Е.В., аспирант

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Московской области «Международный университет природы, общества и человека «Дубна» (университет «Дубна»), г. Дубна

На основе обзора современной литературы приводится систематизация методов прикладной статистики – методов числовой статистики (параметрических и непараметрических) и методов нечисловой статистики, которые возможно использовать для решения задач управления образовательным учреждением. Приведены примеры использования рассмотренных методов для решения задач управления вузом. Указаны преимущества и недостатки применения различных методов.

ВВЕДЕНИЕ

Основной целью работы является изучение и систематизация основных методов прикладной статистики, которые возможно использовать для решения задач управления образовательным учреждением.

В последнее время человечество сталкивается все больше с глобальными проблемами своего развития. Рост численности населения, увеличение объемов производства и денежных потоков в различных сферах деятельности, дефицит ресурсов – все эти факторы усиливают ответственность специалистов и руководителей за принятые решения и последствия их реализации. Поэтому все актуальнее становится применение точных и адекватных методов анализа данных для оценки различных явлений и процессов.

На современном этапе в сфере образования, и для высших учебных заведений в частности, встает целый ряд проблем:

- проблема эффективного финансирования образования;
- проблема выбора стратегии развития;
- проблема востребованности выпускников вуза и многие другие.

Некоторое время, особенно на этапе становления, эти проблемы можно решать за счет интуиции, личной энергии, и предыдущего опыта. Однако для обеспечения перспективного и стабильного развития, необходимо накапливать и систематизировать информацию об окружающем мире, выделять закономерности из случайностей, необходимо постоянно искать адекватные и обоснованные критерии выбора, позволяющие стандартизировать и упростить процесс принятия решений. Все это помогает осуществить мощный и гибкий аппарат прикладной статистики, созданный многими поколениями выдающихся экономистов и математиков.

Уровень и качество высшего профессионального образования являются предпосылками устойчивого развития, конкурентоспособности вузов, как на национальном, так и на мировых образовательных рынках. Образование является одной из отраслей, функционирование которой формирует структуру экономики в пользу наукоемких отраслей и обеспечивает экономический рост страны.

Однако в настоящее время наблюдается не всегда адекватное реформирование системы образования, присутствуют просчеты и некорректные модернизации.

На практике мы встречаемся с тем, что органы управления не столько занимаются анализом, прогнозом, планированием и управлением развитием образования, сколько рассмотрением уже существующих проблем, появление которых можно было заранее предотвратить. Это объясняется скудностью используемых методов анализа данных, объекта исследования, а также из-за недостатка знаний и опыта применения соответствующего аппарата.

Вот почему методы построения эконометрических, прогностических моделей, различные виды экспертных оценок проектов, программ, решений, и другие методы прикладной статистики выдвигаются на передний план науки и практики.

При написании работы ставятся следующие задачи:

- выделить основные задачи, возникающие в процессе управления вузом;
- исследовать различные методы прикладной статистики – классические и современные, – которые представляются перспективными для теории и практики управления вузом;
- классифицировать методы прикладной статистики, применяемые для решения задач управления вузом;
- обосновать необходимость применения числовых (параметрических и непараметрических) и нечисловых методов;
- привести конкретные примеры возможного применения как классических, так и современных методов прикладной статистики к решению задач управления образовательным учреждением (на примере университета «Дубна» и Московской области).

Следует отметить причины, по которым в данной работе не только систематизируются методы прикладной статистики, которые могут быть использованы для решения задач управления вузом, но и дается их алгоритмическое описание с иллюстрацией их применения.

- Во-первых, на современном этапе рациональный естественно-научный метод проникает в различные социальные науки, тем самым способствуя все большей междисциплинарности исследований.
- Во-вторых, для решения слабо изученных задач, к которым относятся задачи управления вузом (в частности, исследование влияния вуза, находящегося в наукограде, на социально-экономическое развитие региона на примере университета «Дубна», расположенного в г. Дубна Московской области) необходимо формировать целостное представление об изучаемом объекте с целью формирования методологического и аналитического инструментария (здесь мы исходим из идеи целостности живой и неживой природы и единства законов их развития как фундаментальной основы современной научной когнитивной карты реальности).
- В-третьих, в существующем огромном информационном потоке порой сложно ориентироваться, чтобы найти нужный инструмент и разобраться в его применении с целью выяснения возможности адаптации к изучаемому объекту.
- В-четвертых, не всегда существующая информация подается в «дружественной» манере – зачастую авторы пытаются показать свою эрудированность, значимость перед читателем, что не добавляет такой информации полезности с точки зрения комфортного существования [4, с. 2–6] читателя, увеличивая его временные затраты. Этим и объясняется комплексное развернутое представление материала.

МЕТОДЫ ПРИКЛАДНОЙ СТАТИСТИКИ

Методы прикладной статистики – это методы анализа данных. Статистические данные могут иметь различную природу. Можно выделить два класса статистических данных – числовые и нечисловые. Соответственно прикладная статистика разбивается на две части – числовую статистику и нечисловую статистику.

Числовые статистические данные – это числа, вектора, функции. Их можно складывать, умножать на коэффициенты. Поэтому в числовой статистике большое значение имеют разнообразные суммы. Математический аппарат анализа сумм случайных элементов выборки – это (классические) законы больших чисел и центральные предельные теоремы.

Числовая статистика делится на три подобласти:

- статистика числовых случайных величин;
- многомерный статистический анализ;
- статистика временных рядов.

Методы этих дисциплин широко применяются в эконометрике – науке, изучающей социально-экономические явления и процессы. На основе экономической теории при помощи статистики строятся количественные и качественные показатели, характеризующие жизнедеятельность общества, в виде точных, сопоставимых, доступных и содержательных показателей. За счет многомерного статистического анализа строятся модели взаимосвязей между процессами, отражающие экономические концепции в рамках выбранной системы показателей и оцениваются параметры моделей, проверяются гипотезы об их адекватности, значимости взаимосвязей между ними, оценивается неопределенность, вызванная случайными или систематическими ошибками. И, наконец, при помощи инструментария статистики случайных процессов и временных рядов исследуются социально-экономические явления в динамике (во времени), делаются прогнозы.

Многомерный статистический анализ также можно разделить на две подобласти: параметрическая и непараметрическая.

Разработка параметрических методов началась довольно давно и к настоящему времени они являются неотъемлемым рабочим инструментом любого специалиста, так или иначе связанного с информационной сферой. Это методы, основанные на нахождении одного или нескольких параметров. Для получения с помощью этих методов адекватных результатов, необходимо чтобы выполнялся ряд предпосылок (условия Гаусса-Маркова в случае построения регрессии) и требований:

- большой объем;
- нормальность распределения;
- количественный вид исходных данных.

К непараметрическим методам относятся методы, разработанные в течение последних десятилетий – робастные (устойчивые) методы оценивания, методы, свободные от распределения или непараметрические методы [25]. Они имеют гораздо более широкие границы применимости, и успешно работают там, где классические методы, использоваться не могут и дают неверные результаты (в силу своих предпосылок).

Нечисловые статистические данные – это категоризованные данные, бинарные отношения, множества, нечеткие множества и др. Их нельзя складывать и умножать на коэффициенты. Поэтому не имеет смысла говорить о суммах нечисловых статистических данных. Они являются элементами нечисловых математических множеств. Математический аппарат анализа нечисловых статистических данных основан на использовании расстояний между элементами (а также мер близости, показателей различия) в таких пространствах. С помощью расстояний определяются эмпирические и теоретические средние, доказываются законы больших чисел, строятся непараметрические оценки плотности распределения вероятностей, решаются задачи диагностики и кластерного анализа, и т.д. [29, с. 55].

Нами систематизирована информация о методах прикладной статистики на основе обзора существующей литературы [7, 10, 13, 21, 30, 38, 49] (рис. 1).

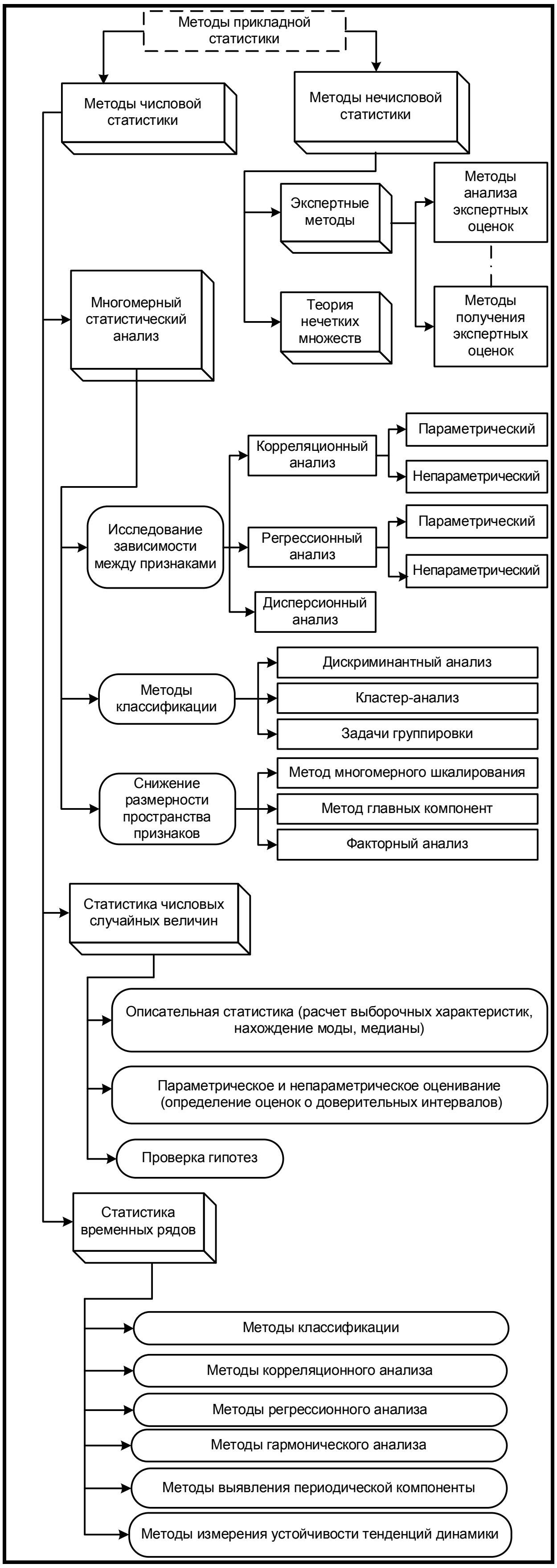

Рис. 1. Методы прикладной статистики

Таким образом, проведена классификация методов прикладной статистики, которые можно применять для решения задач управления университетом. В процессе управления вузом возникает ряд задач. Приведем примерный перечень таких задач в табл. 1 [44, с. 40-48].

Таблица 1

ЗАДАЧИ УПРАВЛЕНИЯ ВУЗОМ

Задачи управления	Применяемые методы
1. Реализация потребностей каждого человека в образовательной сфере, постоянное повышение образовательного уровня населения региона	Числовые методы. Описательная статистика, параметрический и непараметрический корреляционный и регрессионный анализ, построение доверительных интервалов, дисперсионный анализ, методы классификации, факторный анализ, статистика временных рядов
	Нечисловые методы. Экспертные методы, теория нечетких множеств
2. Диагностирование системы обучения и деятельности вуза в целом для выявления слабых сторон с целью дальнейшего совершенствования, а также для определения вектора стратегического развития	Числовые методы. Описательная статистика, параметрический и непараметрический корреляционный и регрессионный анализ, построение доверительных интервалов, дисперсионный анализ, методы классификации, факторный анализ, метод многомерного шкалирования, метод главных компонент, статистика временных рядов
	Нечисловые методы. Экспертные методы, теория нечетких множеств
3. В целях качественного образования разработка программы и обеспечение образовательного процесса в соответствии с государственными стандартами и общественными потребностями	Числовые методы. Описательная статистика, параметрический и непараметрический корреляционный и регрессионный анализ, дисперсионный анализ, методы классификации
	Нечисловые методы. Экспертные методы, теория нечетких множеств
4. Анализ и количественная оценка основных показателей деятельности вуза, их прогнозирование	Числовые методы. Параметрический и непараметрический корреляционный и регрессионный анализ, построение доверительных интервалов, дисперсионный анализ, факторный анализ, метод многомерного шкалирования, метод главных компонент, статистика временных рядов
5. Оценка текущего состояния вуза, например финансовой устойчивости, с целью предотвращения рисков, связанных с неустойчивым состоянием (риск неплатежеспособности)	Числовые методы. Параметрический и непараметрический корреляционный и регрессионный анализ, построение доверительных интервалов, факторный анализ
	Нечисловые методы. Экспертные методы, теория нечетких множеств
6. Оценка экономической эффективности образования в вузе, а также инвестиций в образование, в различные виды деятельности вуза	Числовые методы. Параметрический и непараметрический корреляционный и регрессионный анализ, построение доверительных интервалов, факторный анализ, методы классификации
	Нечисловые методы. Экспертные методы, теория нечетких множеств
7. Широкая (полипрофильная) базисная подготовка обучающихся, позволяющая овладевать методами самосовершенствования путем образования, самовоспитания и саморегуляции, и адаптироваться в новых социально-экономических условиях	Числовые методы. Описательная статистика, параметрический и непараметрический корреляционный и регрессионный анализ, построение доверительных интервалов, дисперсионный анализ, методы классификации, факторный анализ, метод многомерного шкалирования, метод главных компонент, статистика временных рядов
	Нечисловые методы. Экспертные методы, теория нечетких множеств
8. Анализ взаимовлияния вуза на экономику окружающего пространства (на регион, город и т.д.)	Числовые методы. Параметрический и непараметрический корреляционный и регрессионный анализ, построение доверительных интервалов, факторный анализ, статистика временных рядов
9. Создание механизмов привлечения внешних финансовых, материальных и гуманитарных ресурсов для развития вузов посредством формирования привлекательного имиджа учебных заведений и благоприятного инвестиционного климата для бизнес-окружения	Числовые методы. Описательная статистика, параметрический и непараметрический корреляционный и регрессионный анализ, построение доверительных интервалов, дисперсионный анализ, методы классификации, факторный анализ, метод многомерного шкалирования, метод главных компонент
	Нечисловые методы. Экспертные методы, теория нечетких множеств

1. ЧИСЛОВЫЕ МЕТОДЫ

1.1. Параметрические методы и их использование для моделирования социально-экономических процессов

Разработанную в первой трети XX в. теорию называют параметрической (классической) статистикой, поскольку ее основной объект изучения – это выборки из распределений, описываемых одним или небольшим числом параметров [33, с. 52-60]. Методы, используемые в рамках такой статистики, называют параметрическими или классическими.

Для нахождения количественного выражения взаимосвязей экономических явлений и процессов строится параметрическая эконометрическая модель. Ее основные этапы и методы построения систематизированы на основе обзора современной литературы [1, 7, 10, 13, 21, 23, 25, 38, 39, 49] и представлены на рис. 1.1.

К настоящему времени параметрическая теория хорошо развита и включает огромное количество разнообразных взаимодополняющих методов, применяемых на практике. Построенные с помощью таких методов эконометрические модели могут использоваться для описания и объяснения действительности:

- анализа прошлого развития и современного состояния;
- прогнозирования экономических процессов.

Существование огромного количества статистических программ существенно упрощает расчеты и экономит время, что увеличивает привлекательность использования этих методов. Многих проблем, возникающих при использовании одних параметрических методов, можно избежать, если применять альтернативные, схожие по целям методы.

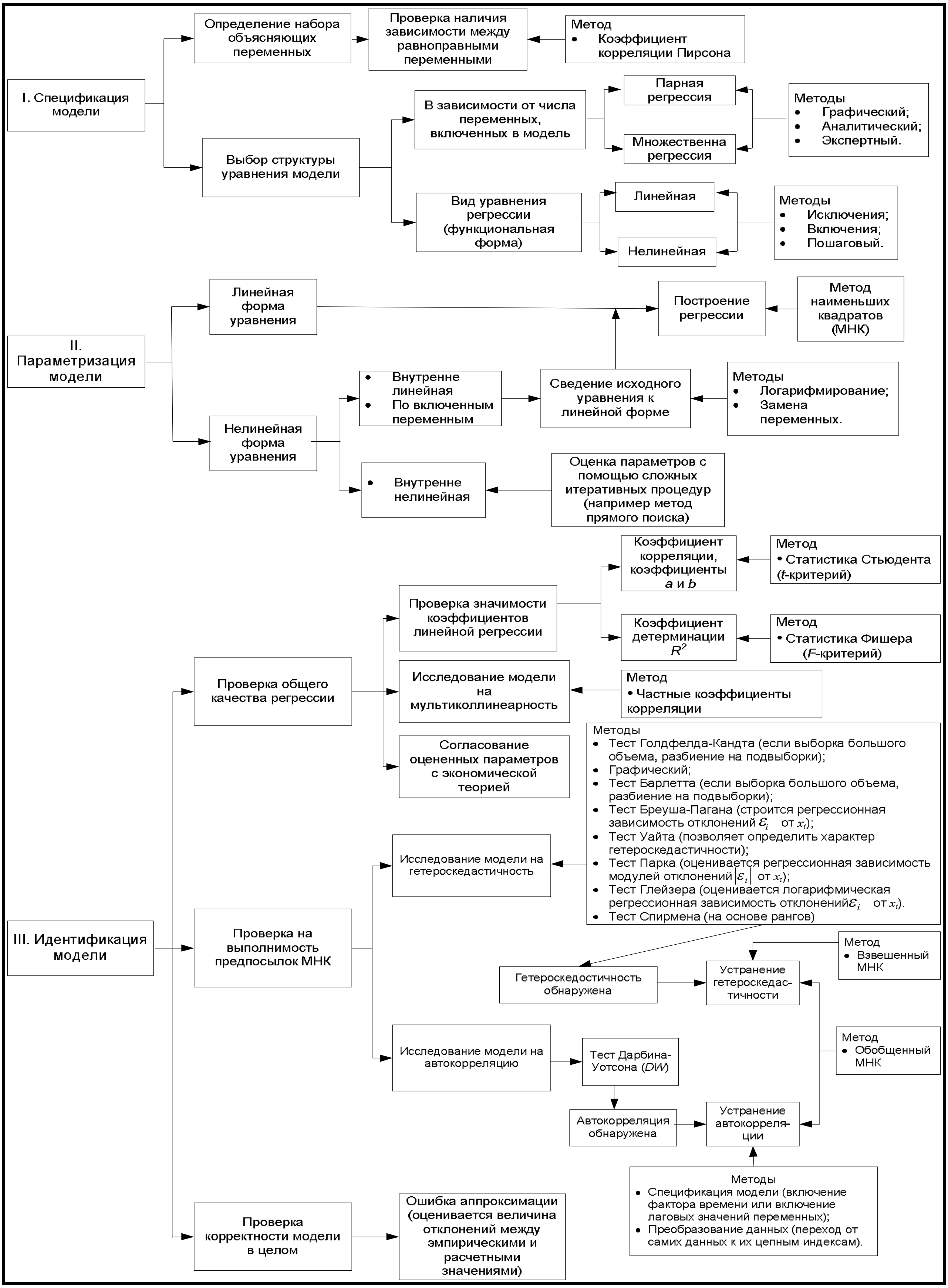

Рис. 1.1. Этапы и методы построения параметрической модели

Так, если в построенных с помощью метода наименьших квадратов (МНК) моделях обнаруживается гетероскедастичность и автокорреляция, то можно решить эту проблему с помощью обобщенного МНК (ОМНК). Если же наблюдается только гетероскедастичность, то необходимо применять взвешенный МНК (ВМНК).

Применение параметрических методов для определения влияния вуза на экономику региона, а также влияние региона на развитие университета

Проанализируем влияние показателей университета «Дубна» на социально-экономическую среду региона и воздействие университета на регион. Для этого возьмем экономические показатели развития региона и университета за 8 лет: с 1999-2006 гг., и на основании данных показателей построим эконометрическую модель [5, с. 15-21], [35, с. 138-151] с учетом рис. 1.1. Исходные данные и обозначения показателей представлены в приложении 1. Для оценки качества и обоснованности каждое из уравнений было проверено на мультиколлинеарность (приложение 2 табл. П3). Оценены скорректированные коэффициенты детерминации $\bar{R}^2$ (в целом значения в диапазоне 0,82–0,98 на уровне значимости не хуже 5%). И хотя в построенной модели присутствуют двухфакторные модели, что необоснованно увеличивает $\bar{R}^2$, при разрыве их на однофакторные скорректированный коэффициент детерминации снижается незначительно, оставаясь в диапозоне 0,8-0,95. Так как данные значения являются довольно высокими, то пренебрегать и отвергать эти явления не стоит.

Значимость коэффициентов (оказались значимы на уровне 5%, приложение 3), на автокорреляцию остатков (оценена статистика DW с результатом либо «не определено», либо «отсутствует», приложение 4), на гетероскедастичность с применением графического метода, теста ранговой корреляции Спирмена и, где возможно, теста Голдфелда-Квандта. Графический метод показал возможное наличие гетероскедастичности, однако тесты гетероскедастичность не выявили, что может объясняться малым размером выборки. В результате построенная модель имеет следующий вид:

$$\begin{cases} N^{у}_{спец} = 16{,}84 + 0{,}008 \cdot N^{у}_{студ.ср} - 0{,}00001 * N^{р}_{ЭА\_безраб}; \\ N^{у}_{НИР} = 7{,}225087 + 0{,}000093 * V^{р}_{ИНВ.ок}; \\ ВРП^{р} = -2651610 + 452 * N^{у}_{студ.ср} + N^{р}_{ЭА\_зан}; \\ V^{р}_{ИНВ.ок} = -55055{,}0 + 450{,}1 \cdot N^{у}_{студ.в} + 0{,}1 * ВРП^{р}; \\ N^{у}_{студ.ср} = -8774{,}94 + 15{,}78 * N^{р}_{ССУЗов}; \\ N^{у}_{студ.ср} = 1136{,}272 + 0{,}13 * Д^{р}_{ср.душ}. \end{cases}$$

По отдельным уравнениям модели можно сделать ряд выводов.

- Число специальностей в университете с одной стороны зависит от численности студентов, а с другой стороны зависит от количества безработных в регионе. То есть, чем больше численность студентов, тем больше новых специальностей можно организовать в университете. При увеличении числа безработных количество специальностей уменьшиться, так как на рынке труда будет существовать избыток рабочей силы, вследствие чего может сократиться прием на соответствующие специальности.
- Количество проведенных научных исследований за год увеличивается при росте объема инвестиций в основной капитал. Это связано с тем, что чем больше мы вкладываем средств в производство (покупаем новое или модернизируем старое оборудование, приобретаем новые технологии и т.п.), тем больше должна быть производительность и лучше качество выпускаемой продукции. Такая модернизация способствует росту прибыли, получаемой предпринимателем. Соответственно дополнительный доход может быть направлен на разработку и проведение научно-исследовательских работ.
- Выявлено положительное влияние численности экономически активного занятого населения и численности студентов университета «Дубна» на ВРП. Влияние первого фактора связано с тем, что повышение уровня заработной платы (в реальном выражении) привлечет в группу населения занятых в экономике региона тех, кто раньше отказывался идти работать только из-за низкого уровня возможной зарплаты. Рассмотрим второй фактор. Чем больше студентов обучается в университете «Дубна», тем больше приток денежных средств от них в регион в виде платы за обучение и расходов на проживание (покупка студентами продуктов питания, одежды, техники, учебных материалов и т.п.). Это ведет к росту спроса на потребительские товары и, как следствие происходит расширение сферы потребления и производства. Все эти факторы вызывают увеличение объема ВРП.
- Объем инвестиций зависит от ВРП и от численности выпускников–специалистов. Влияние первого фактора связано с тем, что с ростом валового регионального продукта увеличивается количество свободных денежных средств, направляемых на развитие различных отраслей промышленности. Рассмотрим второй фактор. Чем больше выпускается специалистов, тем больше людей будут работать, увеличивая при этом ВРП. Кроме этого многие из них могут начать свое дело и вкладывать средства в различные предприятия.
- Увеличение количества средних специальных учебных заведений вызывает увеличение численности студентов, обучающихся в университете. Данный эффект может быть вызван тем, что при создании дополнительных ССУЗов увеличивается соответственно и число учащихся в них. Многие из них после окончания таких заведений решают получить высшее образование и для этого поступают в вузы. Это вызывает рост численности студентов.
- Увеличение доходов населения в регионе влечет за собой увеличение численности студентов университета, т.е. чем больше население зарабатывает, тем больше студентов поступает и обучается. Увеличение численности учащихся в университете (в том числе платных и иногородних) приводит к росту притока денежных средств от студентов в регион. Обучаясь, абитуриенты тратят свои денежные средства на учебу, проживание. Это приводит к увеличению спроса на потребительские товары, что выражается в расширении сферы потребления и производства в регионе, тем самым, вызывая рост экономики. Показателями роста экономики являются валовой региональный продукт (ВРП) и среднедушевой доход в регионе. Кроме того, среднедушевой доход является также показателем качества жизни населения. Его увеличение говорит об улучшении качества жизни населения. Благодаря этому у людей появляется больше возможностей вкладывать денежные средства в образование детей, что приводит к росту численности обучающихся в университете.

По рассматриваемой модели анализ проводился для маленькой выборки (***n* = 8**). Благодаря этому проверить исходные данные на нормальность распределения невозможно. Следовательно, налицо нарушение основных условий для применения параметрических методов. Отсюда возникают сомнения в правомочности такого анализа в целом. Поэтому для получения более обоснованных и объективных результатов были применены непараметрические методы.

1.2. Применение непараметрических методов для моделирования социально-экономических процессов

Во многих практических случаях моделирование экономических зависимостей параметрическими методами дает вполне удовлетворительный результат и может использоваться для анализа и прогноза. Однако ограничиться только их использованием невозможно.

Непараметрические методы не основываются на оценках параметров распределения (такие как, например, среднее или стандартное отклонение), описывающих распределение интересующей выборки. Эти методы иногда называются свободными от параметров или свободными от распределения.

В целом непараметрические методы позволяют обрабатывать данные «низкого качества» из выборок малого объема с переменными, про распределение которых мало или вообще ничего не известно [55].

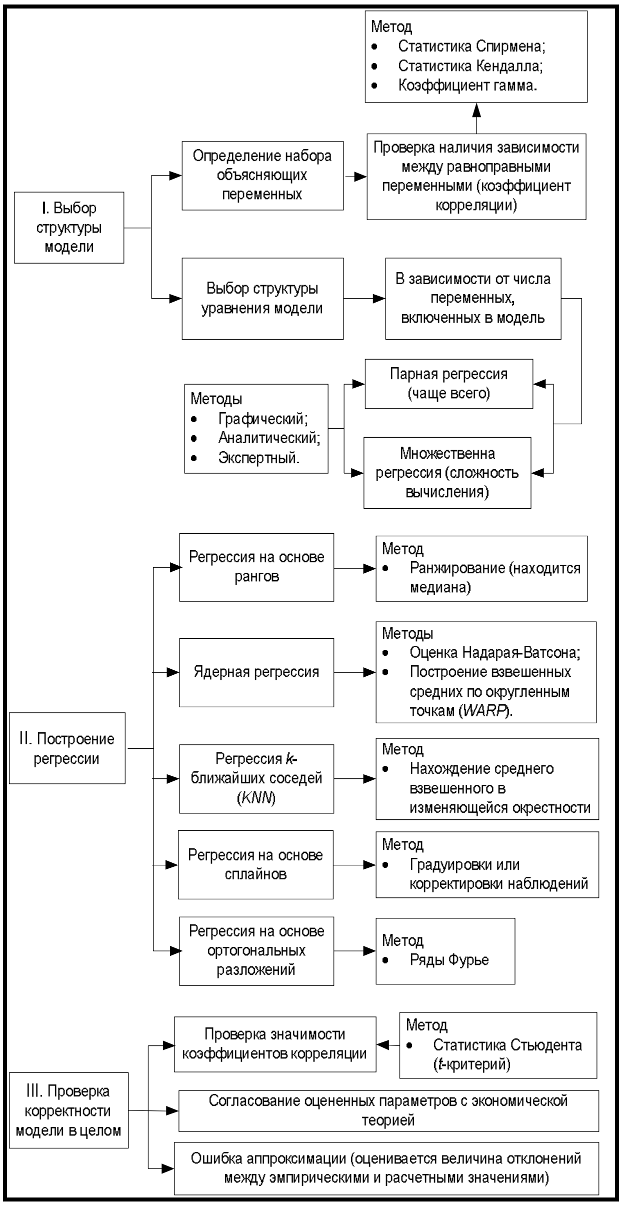

Рис. 1.2. Этапы и методы построения непараметрической модели

Этапы и методы построения непараметрической модели систематизированы на основе обзора литературы [7, 10, 37, 40, 42, 43] и представлены нами в виде схемы (рис. 1.2).

Условия применимости и сравнение параметрических и непараметрических методов

Для получения наиболее обоснованного и качественного результата параметрические методы необходимо применять при выполнении следующих условий:

- исходные данные нормально распределены;
- большой размер выборки;
- данные представлены в количественном виде [25].

Непараметрические методы не имеют таких ограничений как параметрические и применяются в основном, когда необходимые условия применимости классических методов не соблюдаются [45, с. 11-19]. Они используются в следующих нижеперечисленных случаях.

- Не все переменные имеют нормальное распределение: существует множество параметрических тестов, которые основываются на предположении, что анализируемые переменные нормально распределены. Но есть множество переменных, которые распределены не в соответствии с нормальным законом, но представляют большой интерес для исследователей, в том числе и для экономистов.
- Маленький размер выборки: если размер выборки невелик, то прежде чем использовать параметрические тесты, необходимо убедится, что переменные распределены нормально, поскольку в обратном случае результаты, полученные с помощью теста, будут некорректными.
  Однако проблема заключается в том, что как раз маленький объем выборки и не позволяет убедиться в том, что переменная в действительности имеет нормальное распределение. Это означает, что большинство применений критерия Стьюдента (например, в случае проверки на значимость коэффициента корреляции Пирсона), классического регрессионного анализа и других статистических методов, основанных на нормальности данных, не является обоснованным [30, гл. 1.2, с. 58-64]. К тому же, многие методы для проведения расчетов требуют большого количества данных (тесты Голдфелда-Кандта, Барлетта при проверке на наличие гетероскедастичности). Следовательно, маленькая выборка не может дать твердой уверенности в эффективности результатов и обоснованности сделанных выводов.
  В случае большого объема выборки данные могут быть признаны распределенными нормально в соответствии с центральной предельной теоремой. Данная теорема заключается в том, что при возрастании объема выборки, форма выборочного распределения приближается к нормальной, даже если распределение исследуемых переменных не является нормальным.
- Недостаточно информативная шкала измерения: основные тесты, основанные на предположении о нормальности, требуют, чтобы анализируемые переменные были измерены как минимум в интервальной шкале. Это связано с особенностями вычислений применяемых методов. Однако на практике довольно часто приходится сталкиваться со скудностью получаемой информацией (значения переменных представлены в порядковой шкале в виде оценок: «высокий», «средний», «низкий»). Такие значения для анализа представляются в виде рангов. И для выявления связи между такими переменными должны использоваться методы, основанные на рангах (ранговые методы).

Более полный список отличий между параметрическими и непараметрическими методами на основе обзора современной литературы мы попытались представить в виде таблицы (табл. 1.1).

Таблица 1.1

СРАВНЕНИЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ И НЕПАРАМЕТРИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

Критерии	Параметрические методы	Непараметрические методы
Условия применения	Использование для больших выборок	Использование как для малых, так и для больших выборок
	Обязательность нормального распределения данных	Не обязательность нормального распределения данных
	Данные должны быть измерены в шкале отношений и иметь количественные значения	Данные могут быть измерены в порядковой шкале и представлены в виде ранжировок
Способы реализации	Автоматизированный. Наиболее часто используемый способ, так как существует множество статистических программ	Автоматизированный. Существует ограниченное количество программных пакетов, в которых реализованы эти методы (особенно для построения регрессионных моделей)
	Аналитический	Аналитический
Вычисление	Относительно простое	Относительно сложное (построение регрессии) и длительное по времени
Особенности	Чувствительны к изменениям входящих данных	Устойчивы (робастны) к изменениям входящих данных
	Обязательно вычисление различных параметров	Отсутствие оценок параметров распределения
	Необходимо знание спецификации модели	Гибкий функциональный вид кривой регрессии

Рассмотрим подробнее некоторые непараметрические методы.

1.2.1. Непараметрический корреляционный анализ

Непараметрическими аналогами коэффициента корреляции Пирсона является коэффициент ранговой корреляции Спирмена ρ, Кендалла τ и коэффициент гамма γ [18, с. 245-251; 47]. Основой данных методов является замена реальных показателей их рангами, т.е. порядковыми номерами, которые они занимают, если данные расположить в порядке возрастания. Такой способ позволяет исключить элемент субъективизма в случае, если количественная информация об исследуемых объектах отсутствует, либо объекты не поддаются количественной оценке, а известно только их положение в ранговой шкале, например, «лучше – хуже». Если значения объектов равны по своей величине, то такие объекты называют связанными. В этом случае объектам приписывается средний ранг.

Наиболее распространенными для анализа данных являются коэффициенты корреляции рангов Кендалла и Спирмена. Если в данных имеется много совпадающих значений, то можно использовать коэффициент γ, являющийся по этой причине менее употребимым. Он по своей интерпретации и вычислениям близок к статистике Кендалла, за исключением того, что совпадения явно учитываются при расчетах. Критерий γ представляет собой разность между вероятностью того, что ранговый порядок двух переменных совпадает, минус вероятность того, что он не совпадает, деленную на единицу минус вероятность совпадений.

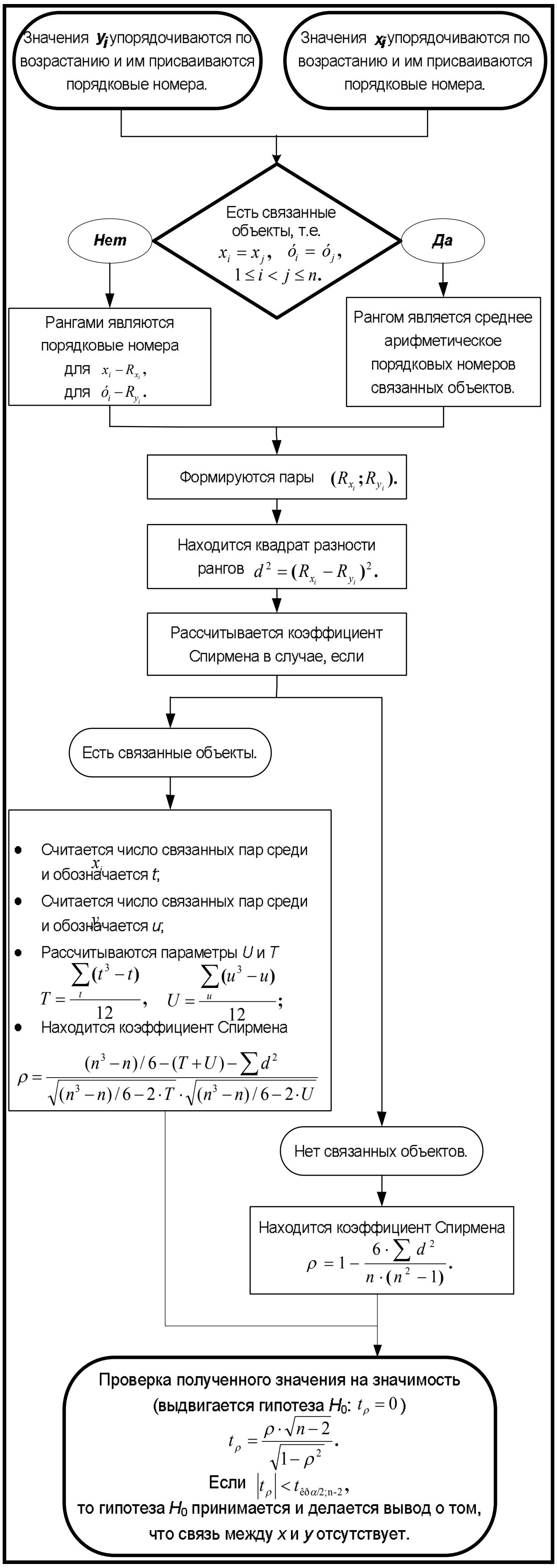

Рис. 1.2.1. Алгоритм Спирмена

Нами представлена процедура вычисления коэффициента корреляции Спирмена схемой «Алгоритма Спирмена» (рис. 1.2.1). Метод расчета коэффициента корреляции Спирмена может так же быть использован для определения гетероскедастичности, при этом оценивается связь между признаком x и величиной регрессионных остатков ε [16, с. 123-127].

Расчет коэффициента корреляции Кендалла основывается на минимальном числе перестановок, которое надо осуществить между соседними объектами, чтобы одно упорядочение объектов превратить в другое. Для его нахождения используют следующую меру различия между величинами $\boldsymbol{x_i}$:

$$\boldsymbol{x' = +1,\ если\ x_i < x_j,}$$

и

$$\boldsymbol{x' = -1,\ если\ x_i > x_j,}$$

где $\boldsymbol{i}$, $\boldsymbol{j}$ – порядковые номера такие, что $\boldsymbol{1 \le i < j \le n}$. Соответственно мера различия между $\boldsymbol{y_i}$:

$$\boldsymbol{y' = +1,\ если\ y_i < y_j,}$$

и

$$\boldsymbol{y' = -1,\ если\ y_i > y_j,\ 1 \le i < j \le n.}$$

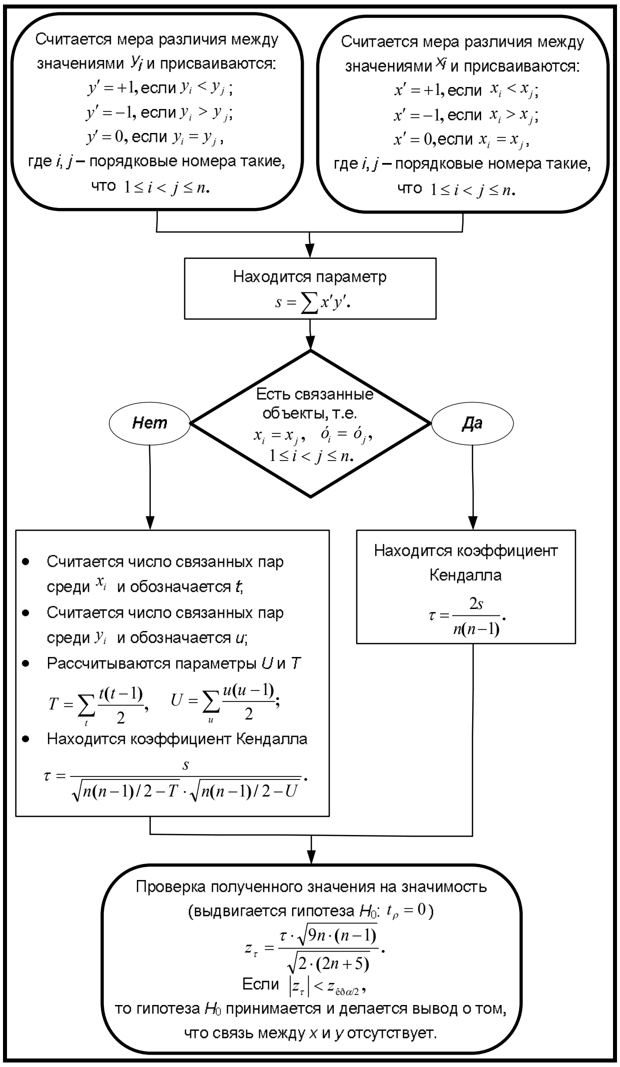

Рис. 1.2.2 Алгоритм Кендалла

Для наглядности алгоритм расчета коэффициента корреляции Кендалла представлен нами схемой «Алгоритм Кендалла» (рис. 1.2.2).

Все коэффициенты корреляции варьируют от +1 до –1. В случае нахождения коэффициента Спирмена для проверки предположения об отсутствии связи между объектами используется t-критерий Стьюдента, в случае нахождения коэффициента Кендалла и гамма коэффициента – z-критерий.

Статистика Кендалла эквивалентна Спирмена по мощности и по выполнению основных предположений [47]. Однако числовые значения Спирмена и Кендалла по-разному интерпретируются:

- коэффициент корреляции Спирмена по своему смыслу аналогичен коэффициенту корреляции Пирсона (ранжировка сомнению не подвергается);
- статистика Кендалла более основана на подсчете вероятностей, поскольку проверяет наличие различий между вероятностями порядка расположения наблюдаемых данных для двух объектов (сомнения в ранжировке).

Применение непараметрического корреляционного анализа для определения взаимовлияния вуза на экономику региона

Оценим взаимосвязь между университетом «Дубна» и социально-экономическим состоянием Московской области с помощью коэффициентов ранговой корреляции Спирмена и Кендалла (приложение 2 табл. П4, П5). Кроме того, сравним полученные значения с коэффициентами, посчитанными по параметрическому методу Пирсона (табл. 1.2.1 и 1.2.1*).

Во многих случаях при расчете коэффициентов Спирмена и Кендалла не произошло значительных изменений по сравнению с коэффициентом Пирсона – результаты, значимые по Пирсону, оставались значимыми по Спирмену и Кендаллу и наоборот. В основном эти изменения коснулись пограничных значений, которые находились в диапазоне 0,56-0,78: результаты, незначимые по Пирсону, могли оказаться значимыми по Спирмену и/или Кендаллу и наоборот (табл. 1.2.1 и 1.2.1*). С помощью непараметрических методов выявлены новые взаимосвязи между регионом и университетом, то есть отсутствие связи по Пирсону заменено связью по Спирмену и/или Кендаллу. Например, незначимая обратная связь между количеством выпускников и количеством безработных в регионе по Пирсону оказалась значимой обратной связью по Спирмену и Кендаллу, что может свидетельствовать о том, что выпускники остаются работать в сфере экономики региона [36, с. 10].

Таблица 1.2.1.

КОЭФФИЦИЕНТЫ КОРРЕЛЯЦИИ ПИРСОНА, СПИРМЕНА, КЕНДАЛЛА МЕЖДУ ПОКАЗАТЕЛЯМИ УНИВЕРСИТЕТА «ДУБНА» И СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Коэффициент между переменными	Незначимое значение по методу Пирсона	Значимое значение по методу Спирмена	Значение Кендалла
$N^{р}_{студ.\ ВУЗов}$ - $N^{у}_{студ.ср}$	0,67	0,80	0,69
$N^{р}_{ЭА\ безраб}$ - $N^{у}_{студ.в}$	-0,63	-0,86	-0,71
$N^{р}_{школ}$ - $N^{у}_{студ.в}$	-0,65	-0,90	-0,79

Коэффициент между переменными	Незначимое значение по методу Пирсона	Значимое значение по методу Спирмена	Значение Кендалла
$N^{p}_{ЭА\ безраб}$ - $N^{y}_{студ.п}$	-0,68	-0,81	-0,64
$N^{p}_{студ.\ ВУЗов}$ - $Д^{p}_{ср.душ}$	0,70	0,80	0,69
$N^{y}_{публ.м}$ - $Д^{p}_{ср.душ}$	0,69	0,81	0,69
$N^{y}_{курсы\ шк.}$ - $N^{y}_{НИР}$	0,49	0,74	0,50
$N^{p}_{ЭА\ зан}$ - $N^{y}_{НИР}$	0,56	0,81	0,57
$N^{p}_{студ.\ ВУЗов}$ - $ВРП^{p}$	0,70	0,80	0,69

Таблица 1.2.1*.

КОЭФФИЦИЕНТЫ КОРРЕЛЯЦИИ ПИРСОНА, СПИРМЕНА, КЕНДАЛЛА МЕЖДУ ПОКАЗАТЕЛЯМИ УНИВЕРСИТЕТА «ДУБНА» И СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Коэффициент между переменными	Значимое значение по методу Пирсона	Незначимое значение по методу Спирмена	Значение Кендалла
$N^{y}_{публ.м}$ - $N^{y}_{ППС}$	0,80	0,58	0,46
$N^{p}_{ЭА\ зан}$ - $N^{y}_{ППС}$	0,78	0,62	0,57
$N^{p}_{ЭА\ безраб}$ - $N^{y}_{публ.м}$	-0,74	-0,64	-0,54
$Д^{p}_{ср.душ}$ - $N^{p}_{ЭА}$	0,73	0,55	0,50
$ВРП^{p}$ - $N^{p}_{ЭА}$	0,77	0,55	0,50

В целом применение данных методов дает хорошее согласие результатов, при этом непараметрические дают более точные результаты, когда возникают сомнения в существовании связи между переменными. Значимые коэффициенты по методу Пирсона показывают наличие линейной связи, при этом подразумевается выполнение требования нормальности данных для подсчета коэффициента Пирсона [45, с. 13-19], а также предполагается, что выделенные связи отражают объективные, глубинные, а потому малоинерционные процессы [46, с. 74-87]. Коэффициенты же, расчитанные по методам Спирмена и Кендалла, отображают просто существующую связь, необязательно линейную. По абсолютной величине коэффициенты оказались расположенными в следующем порядке по возрастанию: «Пирсон незначимый – Кендалл – Спирмен – Пирсон значимый» (табл 1.2.1 и 1.2.1*). Этому можно попытаться дать такую содержательную интерпретацию: в случае надежных количественных данных коэффициент Пирсона самодостаточен, при отсутствии же надежных количественных данных коэффициент Кендалла добавляет информации об их ранжировке, причем последняя может быть подвержена сомнению, а коэффициент Спирмена добавляет уверенности в ранжировке данных.

Такое наше понимание находится в согласии с количественными оценками, представленными в литературе [18, с. 245-251]. Чаще всего, если значения коэффициентов Спирмена ρ, Кендалла τ не слишком близки к 1, то ρ по абсолютной величине примерно на 50% превышает τ. Выведены неравенства, связывающие ρ и τ (Siegel and Castellan, 1988). Например, при больших n можно пользоваться следующим приближенным соотношением:

$$-1 \le 3\tau - 2\rho \le 1,$$

или

$$\frac{1}{2} * \tau^2 + \tau - \frac{1}{2} \le \rho \le \frac{3}{2} * \tau + \frac{1}{2}.$$

Итак, методы хорошо дополняют друг друга, и на практике их можно использовать вместе, особенно когда по методу Пирсона получаются средние по силе (заметные по шкале Чеддока, позволяющей перейти от количественной оценки тесноты связи между переменными к качественной, табл. 1.2.2) коэффициенты корреляции. В нашем примере расчетные коэффициенты по всем трем методам – Пирсону, Спирмену и Кендаллу – попадают в область заметной связи (значимые и незначимые результаты) или высокой (значимые результаты).

Таблица 1.2.2.

ШКАЛА ЧЕДДОКА

Количественная характеристика тесноты связи	Качественная характеристика тесноты связи
0,1-0,3	Слабая
0,3-0,5	Умеренная
0,5-0,7	Заметная
0,7-0,9	Высокая
0,9-0,99	Весьма высокая

1.2.2. Непараметрический регрессионный анализ

Методы непараметрической регрессии являются по своей сути интуитивным визуальным сглаживанием. При визуальном проведении кривой на двумерном графике рассеяния для описания примерного вида зависимости $y(x)$ необходимо учитывать, где лежат значения y_i вблизи некоторой точки x, повторяя характерные пики и впадины кривой регрессии.

Кривая регрессии описывает общую взаимосвязь между объясняющей переменной x и переменной отклика y. При наличии n пар данных $\{(x_i, y_i)\}_{i=1}^{n}$ регрессионное уравнение выглядит следующим образом:

$$y_i = m(x_i) + \varepsilon_i, \quad i = 1,..., n,$$

где

m – неизвестная функция регрессии,

ε_i – ошибки наблюдения.

Цель регрессионного анализа состоит в осуществлении разумной аппроксимации неизвестной функции отклика m за счет уменьшение ошибок наблюдения. Эта процедура аппроксимации обычно называется «сглаживанием». Задачу сглаживания можно представить следующим образом:

$$\sum_{i=1}^{n}(y_i - \hat{m}(x_i))^2 \to \min_{m(x)}.$$

Полученные параметрические оценки регрессии на практике лучше всего дополнять непараметрическими в целях выявления основных дефектов регрессии: неучтенной нелинейности, гетероскедастичности и т.п. [22]. Выделяют следующие виды непараметрической регрессии [42, с. 34-90]:

- регрессия на основе рангов;
- ядерная регрессия;
- регрессия k-ближайших соседей;
- регрессия на основе сплайнов;
- регрессия на основе ортогональных разложений.
- Рассмотрим подробнее некоторые из них.

1.2.2.1. Доверительные интервалы и ранговая оценка

Рассмотрим схему простой линейной регрессии:

$$y_i = a + bx_i + \varepsilon_i,\ i = I,...,n,$$

где $\varepsilon_1,..., \varepsilon_n$ – независимые случайные величины. Оценим зависимость между y и x, исходя из рангов y. В данном случае свободный член a не будем учитывать, так как изменение всех y_i на одну и ту же постоянную величину не изменяет рангов $y_1,..., y_n$. Поэтому будет оцениваться только коэффициент наклона b. Алгоритм такой оценки, составленный нами, представлен на рис. 1.2.3.

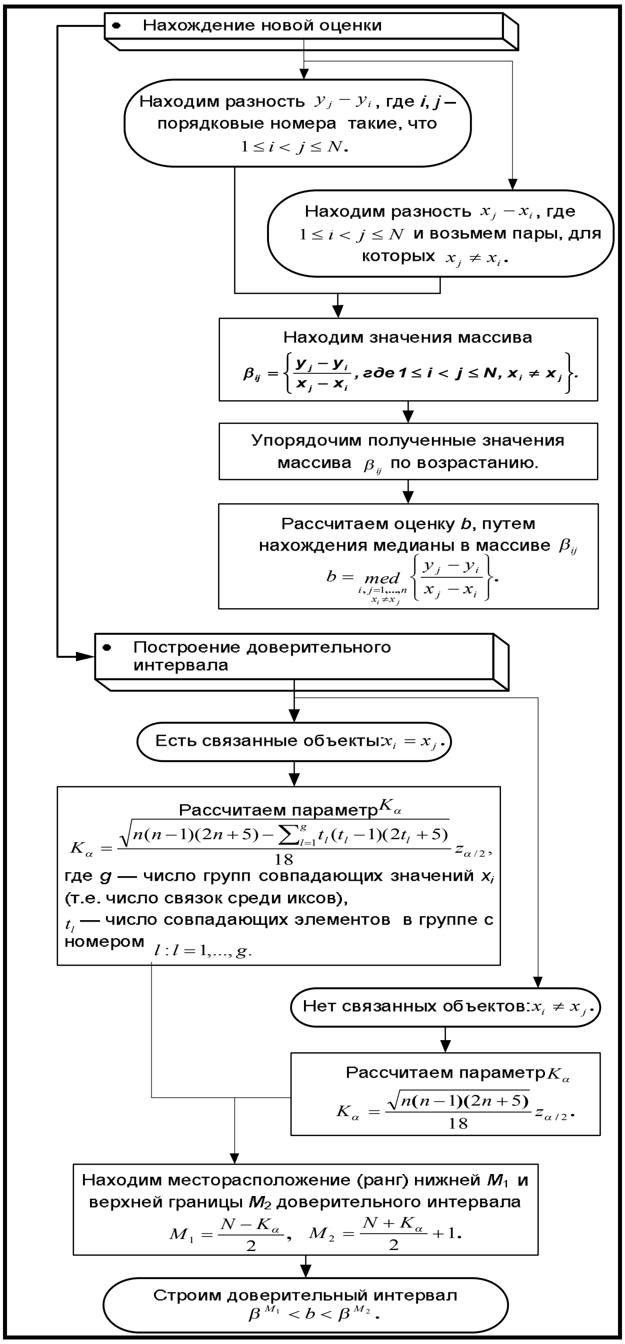

Рис. 1.2.3. Алгоритм оценки регрессии с помощью рангов

Ключевым моментом в ранговой оценке является массив значений β_{ij}, который рассчитывается по формуле:

$$\beta_{ij} = \frac{y_j - y_i}{x_j - x_i},\ где\ 1 \le i < j \le n.$$

Новая оценка коэффициента наклона находится из этого массива по правилу медианы:

$$b = med\ *$$
$$*\left\{ \frac{y_j - y_i}{x_j - x_i},\ все\ 1 \le i < j \le n,\ для\ которых\ x_i \ne x_j \right\}.$$

Для уточнения найденного коэффициента b строятся доверительные интервалы. Данная оценка менее точна в условиях гауссовской (параметрической) модели, но зато она применима в гораздо более широких условиях [40, с. 247-258].

Построение доверительных интервалов для эконометрической модели «Взаимовлияние вуза и региона»

Возьмем ранее рассмотренную модель «Взаимовлияние вуза и региона». Рассмотрим зависимости, которые наиболее интересны для определения взаимовлияния университета «Дубна» на социально-экономическую среду региона с экономической точки зрения. Найдем непараметрические оценку коэффициента наклона b и доверительный интервал и сравним их с параметрическими оценкой и доверительным интервалом для двух уравнений: построенного ранее уравнения:

$$N^{y}_{студ.ср} = 1136{,}272 + 0{,}13 \cdot Д^{p}_{ср.душ}$$

и уравнения взаимосвязи $N^{p}_{эа.безраб} - N^{y}_{студ.в}$, по которому была обнаружена значимая связь по Спирмену и Кендаллу. При этом доверительный интервал для параметрической оценки находился следующим образом:

$$b - \frac{S(\varepsilon)}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2}} * t_{\frac{\alpha}{2},n-2} < b < b + \frac{S(\varepsilon)}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2}} * t_{\frac{\alpha}{2},n-2},$$

где

$t_{\frac{\alpha}{2},n-2}$ – критическое значение распределения Стьюдента с n – 2 степенями свободы;

$S^2(\varepsilon) = \frac{\sum \varepsilon_i^2}{n-2}$ – несмещенная оценка дисперсии по остаткам.

Результаты расчетов представлены в табл. 1.2.3.

Уравнение 1 демонстрирует хорошее согласие результатов, полученных с помощью параметрических и непараметрических методов (интервалы одного знака и небольшое отличие в границах интервалов). Параметрический доверительный интервал оказывается более узким, поэтому параметрическая оценка может быть использована с большей надежностью. Для уравнения 2 непараметрический интервал сохраняет один и тот же знак, в то время как параметрический меняет знак с минуса на плюс. Это говорит о том, что непараметрическая оценка b является более корректной и с большей надежностью может быть использована для анализа. Дадим содержательную интерпретацию полученным уравнениям.

Таблица 1.2.3

ОЦЕНКА КОЭФФИЦИЕНТА НАКЛОНА B И ДОВЕРИТЕЛЬНЫЕ ИНТЕРВАЛЫ

Модель	Метод	Значение оценки *b*	Нижняя граница доверительного интервала	Верхняя граница доверительного интервала	Размер интервала	Ширина интервала
1. $N^{у}_{студ.ср} = 1136{,}272 + 0{,}13 * Д^{р}_{ср.душ}$	Непараметрический	0,1435	0,1065	0,1844	0,078	Меньше, чем в непараметрическом, на 0,025
	Параметрический	0,13	0,1036	0,1564	0,053	
2. $N^{р}_{за.безраб} = 576472 - 1204{,}3 * N^{у}_{студ.в}$	Непараметрический	-724,04	-3023,21	-128,18	2895,03	Меньше, чем в параметрическом, на 112,51
	Параметрический	-1204,3	-2708,071	299,471	3007,54	

1. Увеличение доходов населения в регионе влечет за собой увеличение численности студентов университета, т.е. чем больше население зарабатывает, тем больше студентов поступает и обучается[1]. Увеличение среднедушевого дохода на 100 руб. способствует увеличению количества студентов на 13 человек. Параметрический метод дает более узкий интервал (на 3 человека) по сравнению с непараметрическим.
2. Численность безработных в регионе зависит от численности выпускаемых специалистов. Причем эта связь обратная, т.е. чем больше окончивших университет, тем меньше безработных становится. Во многом это связано с тем, что большинство учащихся не работают и только после окончания университета начинают свой трудовой стаж. К тому же специалистов, получивших высшее образование, берут на работу гораздо охотнее, чем со средним специальным образованием. Довольно часто выпускники приносят свежие идеи, а это в свою очередь способствует расширению фирм и появлению новых вакансий, что уменьшает безработицу. Многие выпускники после окончания решают основать свое собственное дело. Это приводит к появлению новых рабочих мест, к уменьшению безработицы, что в свою очередь расширяет сферу производства и благоприятно сказывается на росте экономике в регионе. При использовании непараметрического метода каждый выпускник способствует в среднем уменьшению количества безработных на 724 человека. С учетом построенного непараметрического доверительного интервала эта величина может варьироваться от 128 до 3023 человек.

В данном случае применение непараметрических методов позволило улучшить конечный результат для уравнения 2. Однако он является далеко не идеальным с экономической точки зрения. Главная причина этого заключается в том, что ранговая регрессия по своей сути является полупараметрическим методом, так как есть оцениваемый параметр – коэффициент наклона b. Поскольку рассматриваемое уравнение является некачественным с параметрической точки зрения, то отсюда возникает неточность в полученных результатах.

1.2.2.2. Регрессия по методу K-ближайших соседей

Метод k-ближайших соседей (KNN – k-Nearest Neighbor) основан на принципе «ближайшего соседа»: отыскивании ***k*** наиболее близко расположенных к точке ***x*** значений. Мерой близости является наименьшее расстояние между точками ***x*** и x_i. Оценка k-ближайших соседей представляет собой средневзвешенное в изменяющейся окрестности. Эта окрестность определяется только теми значениями переменной x_i, которые являются k-ближайшими к точке ***x***. Этапы нахождения регрессии k-ближайших соседей на основе обзора существующей литературы нами представлены на рис. 1.2.4.

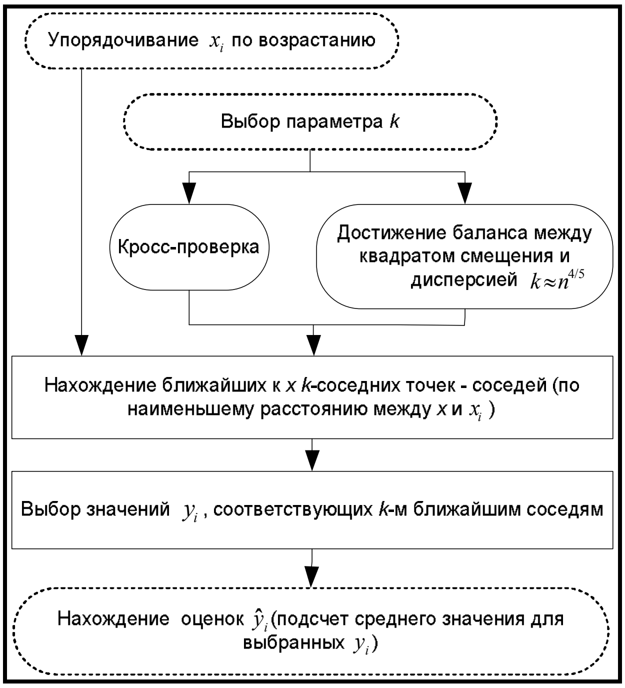

Рис. 1.2.4. Алгоритм метода k-ближайших соседей

Параметр сглаживания ***k*** определяет степень гладкости оценки кривой. Выбор значения параметра ***k*** – ключевое место в построении регрессионной модели. Выбор слишком малого значения ***k*** приведет к сильному разбросу значений (появлению шумов). Напротив, большое значение параметра ***k*** может повлечь сильную смещенность модели (появлению большой ошибки аппроксимации). Существует два метода оценки параметра ***k***:

- метод кросс-проверки;
- метод нахождения баланса между квадратом смешения и дисперсией [42, с. 54-62].

Кросс-проверка – широко признанный метод получения оценок неизвестных параметров модели. Основная идея метода заключается в разбиении выборки данных на v интервалов. На полученных интервалах строится KNN модель и вычисляются оценки при различных k. Затем сравниваются усредненные суммы квадратов отклонений (ошибки) при данных k и выбирается такое значение k, которое соответствует наименьшей ошибке. Существенным недостатком кросс–проверки является ее вычислительная емкость [54].

[1] Более подробная экономическая интерпретация данной связи была сделана при построении эконометрической модели «Взаимовлияние вуза и региона» (п. 1.1).

1.2.2.3. Ядерная регрессия

Суть данного метода заключается во введении «ядра сглаживания» с определенной «шириной окна»: точки, не попадающие в ядро, будут иметь нулевой вес. Благодаря этому процесс сглаживания будет сосредоточен вблизи требуемой точки [22, с. 66-69]. Ядро – это «колоколообразная» функция, которая регулирует, насколько сильно каждое статистическое значение повлияет на рассчитываемое значение выхода. Оптимальное ядро $K_h(u)$,

где h – ширина окна;

$$u = \frac{x_j - x_i}{h};$$

x_j, x_i – точки выборки;

$$\int K(u)du = 1,$$

является непрерывной ограниченной симметричной вещественной функцией и выглядит следующим образом [37, с. 7-56]:

$$K_h(u) = \begin{cases} \dfrac{3}{4\sqrt{5}}\left(1 - \dfrac{1}{5}u^2\right), & -\sqrt{5} \le u \le -\sqrt{5}, \\ 0, & \text{иначе.} \end{cases}$$

Ширина окна может зависеть от числа наблюдений и их разброса. Понятие ядра и его применение в непараметрической регрессии конкретизируется ядерной оценкой Надарая-Ватсона [42, с. 34-53],

где W_i – веса сглаживания, зависящие от x_i:

$$\hat{y} = \frac{\sum_{i=1}^{n} W_i K_h(u)}{\sum_{i=1}^{n} K_h(u)}.$$

Форма весов определяется ядром, размер весов задается шириной окна [22]. Форма построенных регрессий отдаленно напоминает форму ядра. Порядок расчета ядерной регрессии составлен нами на основе анализа современной литературы (рис. 1.2.5) [24, с. 1-6; 42; 52; 53].

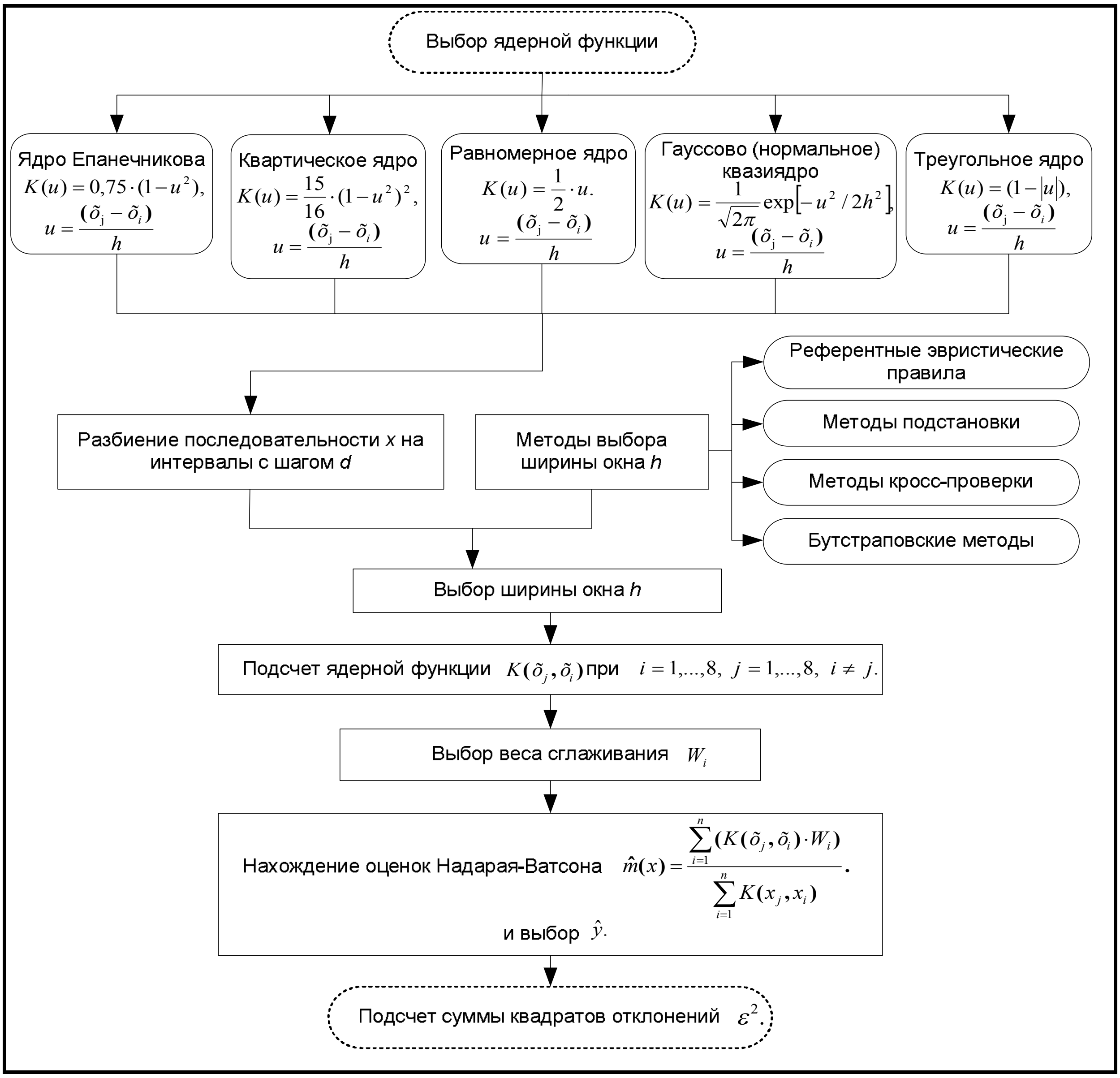

Рисунок 1.2.5. Алгоритм расчета ядерной регрессии

Выделяют следующие виды ядерных функций [42, с. 34-52, 100-204].

- Ядро Епанечникова:

$$K_h(x_j,x_i)=0,75*K\left(1-\frac{(x_j-x_i)^2}{h^2}\right),\ при\ \frac{|x_j-x_i|}{h}\le 1.$$

- Равномерное ядро:

$$K_h(x_j,x_i)=\frac{1}{2}*\frac{(x_j-x_i)}{h},\ при\ \frac{|x_j-x_i|}{h}\le 1.$$

- Треугольное ядро:

$$K_h(x_j,x_i)=\left(1-\left|\frac{x_j-x_i}{h}\right|\right),\ при\ \frac{|x_j-x_i|}{h}\le 1.$$

- Гауссово (нормальное) квазиядро:

$$K_h(x_j,x_i)=\frac{1}{\sqrt{2\pi}}*exp\left(\frac{-(x_j-x_i)^2}{2h^2}\right).$$

В целом практически весь ряд ядерных функций приводит к оценкам с относительной эффективностью. Поэтому можно выбирать ядерную функцию на основе вычислительной сложности. Популярным выбором является ядро Епанечникова и гауссово ядро.

Выбор подходящей ширины окна ***h*** является одним из ключевых аспектов ядерного сглаживания. Выбор слишком малого значения будет означать, что оценка кривой регрессии пройдет через все точки выборки, тогда как слишком большое значение сгладит истинную кривую слишком сильно. Существуют четыре общих подхода к выбору ширины окна:

- референтные эвристические правила;
- методы подстановки;
- методы кросс-проверки:
  - кросс-проверка на основе метода наименьших квадратов;
  - кросс-проверка на основе метода правдоподобия;
- бутстраповские методы [37, с. 7-56].

Кросс-проверка на основе метода наименьших квадратов – это полностью автоматический и диктуемый данными метод выбора сглаживающего параметра. Этот метод основан на принципе минимизации квадрата суммы отклонений, получающейся оценки ε^2. На начальном этапе данного метода осуществляется произвольный выбор значения ширины окна h и считается соответствующий ему квадрат суммы отклонений. Далее выбирается другой параметр ***h*** и находятся также значения ε^2. Данная операция повторяется до тех пор, пока не будет достигнуто наименьшее значение квадрата суммы отклонений. Для других подходов к выбору ширины окна операция нахождения ε^2 единственна (рис. 1.2.5).

Построение непараметрической регрессии для модели, признанной некачественной параметрическими методами

Применим непараметрическую регрессию для модели, которая была признана некачественной в результате применения параметрических методов. Используем для анализа данные по $N^p_{ЭА\ безраб}$ ***(у)*** и $N^y_{студ.\ в}$ ***(х)***. Построенная для них диаграмма рассеивания говорит о необоснованности применения линейной регрессии (наблюдается сильный разброс данных).

Параметрический коэффициент корреляции Пирсона имеет не очень большое значение $r_{xy}=-0,63$ и является не значимым, что говорит об отсутствии линейной связи между переменными. Однако коэффициент ранговой корреляции Спирмена $\rho=-0,86$ значим, т.е. связь между переменными все-таки существует. Эта связь имеет экономическое объяснение, которое было приведено в разделе, посвященном доверительным интервалам.

1. Сначала построим линейную регрессию для имеющихся данных

$$N^p_{эа.безраб}=576472-1204,3\cdot N^y_{студ.в}$$

Данная регрессия не дает наилучшее (в смысле метода наименьших квадратов) приближение к исходным данным, так как не выполняются все необходимые для этого предпосылки. Параметры регрессионного уравнения не значимы, наблюдается низкий скорректированный коэффициент детерминации R^2 = 0,29 (низкое качество построенного уравнения регрессии). И хотя предпосылки метода МНК выполняются (автокорреляция и гетероскедостичность отсутствует), данная регрессия не может считаться качественным инструментом анализа.

2. Построим непараметрическую регрессию с помощью метода KNN в статистическом пакете Xplore (согласно схеме, представленной на рис. 1.2.4). Для анализа был принят параметр **k** = 3.

3. Построим ядерную регрессию с использованием ядра Епанечникова для переменных $N^p_{ЭА\ безраб}$ - $N^y_{студ.\ в}$ в статистическом пакете Xplore (согласно схеме, представленной на рис. 1.2.5). При этом для анализа использовалось значение параметра ***h*** = 100 000, полученное с помощью метода кросс-проверки.

Отобразим на одном графике ядерную, линейную регрессию, исходные данные и регрессию k-ближайших соседей (рис. 1.2.6).

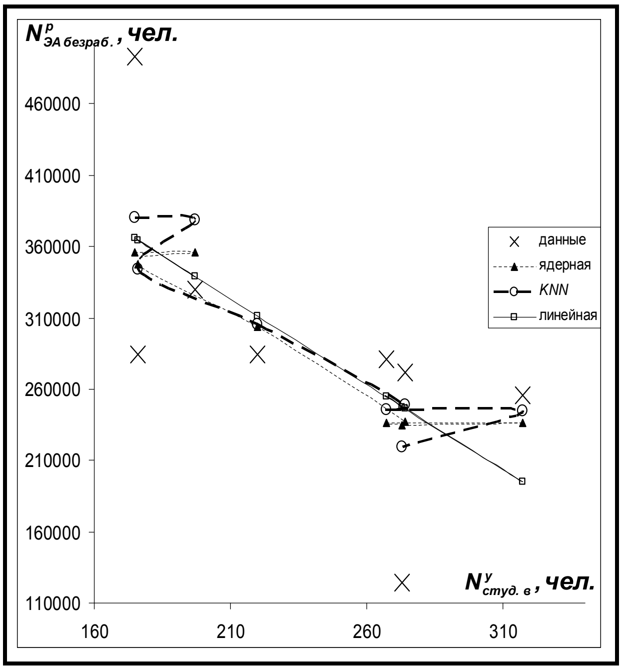

Рис. 1.2.6. Построение непараметрической и линейной регрессии для $N^p_{ЭА\ безраб}$ *(у)* и $N^y_{студ.\ в}$ *(х)*

Оценим сумму квадратов отклонений в получившихся моделях (табл. 1.2.4).

ТАБЛИЦА 1.2.4

СРАВНЕНИЕ СУММ КВАДРАТОВ ОТКЛОНЕНИЙ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДАХ РЕГРЕССИИ

Регрессия	ε^2
Линейная	43 891 908 796
KNN	30 113 125 168
Ядерная	39 717 141 314

Из таблицы видно, что применение непараметрической регрессии дает более качественный результат, чем применение параметрической регрессии. И ядерная, и KNN-регрессия более «близки» к точкам наблюдений (т.к. сумма квадратов отклонений меньше) и точнее описывают теоретические коэффициенты уравнения. Во многом это связано с тем, что между переменными $N^{p}_{ЭА\ безраб}$ - $N^{y}_{студ.в}$ существует связь нелинейного характера. Кроме этого из-за маленького объема выборки мы не можем проверить данные на нормальность распределения. Следовательно, применение в данном случае регрессии, построенной по МНК, не приведет к надежному результату, так как не будут выполнены основные предпосылки. Среди всех рассмотренных методов для исходных переменных лучше использовать KNN-регрессию.

Также непараметрическая регрессия была построена для уравнения $N^{y}_{студ.ср} = 1136,272 + 0,13 \cdot Д^{p}_{ср.душ}$, признанного качественным параметрическими методами (выполняются все предпосылки применения МНК – автокорреляция и гетероскедостичность отсутствует, коэффициенты регрессионного уравнения являются значимыми, большой скорректированный коэффициент детерминации $\bar{R}^2$ = 0,9537). В расчете в программе Excel использовались k = 3, h = 3 999 и гауссово квазиядро.

Вид ядра для зависимости $N^{y}_{студ.ср}$ (y) и $Д^{p}_{ср.душ}$ (x) в точки x_7 = 8023,2 показан на рис. 1.2.7.

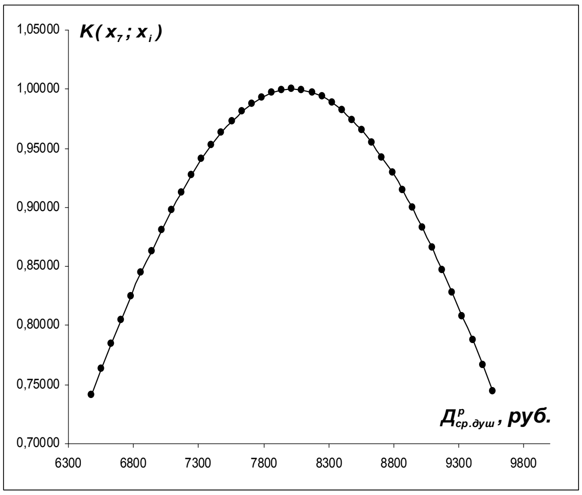

Рис. 1.2.7. Гауссово квазиядро

Результаты по построенным регрессиям отображены графически на рис.1.2.8.

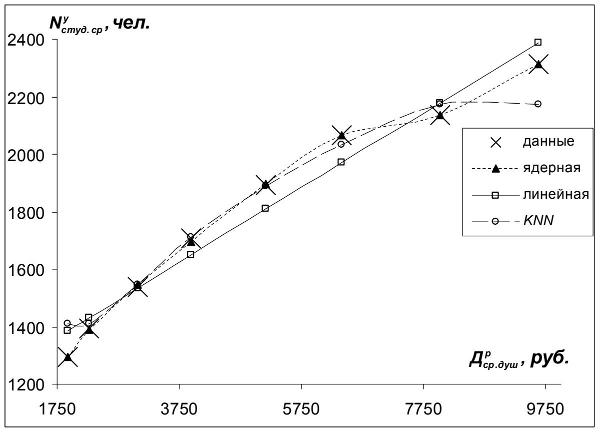

Рис. 1.2.8. Построение непараметрической и линейной регрессии для $N^{y}_{студ.ср}$ (y) и $Д^{p}_{ср.душ}$ (x)

Сумма квадратов отклонений для различных моделей отображена в табл. 1.2.5.

Таблица 1.2.5

СРАВНЕНИЕ СУММ КВАДРАТОВ ОТКЛОНЕНИЙ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДАХ РЕГРЕССИИ

Регрессия	ε^2
Линейная	37 770,96
KNN	35 638,89
Ядерная	254,32

В целом применение непараметрической регрессии дает и в этом случае наилучший с точки зрения МНК результат. Однако линейная регрессия тоже хорошо описывает теоретические коэффициенты уравнения, поэтому для зависимости $N^{y}_{студ.ср}$ (y) и $Д^{p}_{ср.душ}$ (x) наиболее целесообразно применять параметрический регрессионный анализ. Цена применения в данном случае непараметрических методов – трудоёмкость вычислений при неочевидном улучшении содержательности результата.

Итак, если данные изначально «низкого качества» (маленькая выборка, недостаточно информативная шкала измерения – порядковая шкала, присутствуют выбросы и т.д.), что характерно для социально-экономических задач, то непараметрические методы можно предпочесть параметрическим в силу формально некорректного применения последних. Их применение способствует некоторому улучшению результата. Однако при этом выбор используемых методов следует проводить с учетом принципа полного использования полезной информации А.А. Фельдбаума [9], согласно которому полезной считается информация, затраты на получение которой не превышают дополнительно получаемого результата.

Недостатки применения вероятностно-статистических методов

Для обоснованного применения вероятностно-статистических методов, на которых основаны эконометрические методы, в экономических исследованиях, требуется выполнение трех основных аксиом теории вероятности [11, с. 13]:

- события должны быть случайными;
- события должны быть независимыми друг от друга;
- анализируемые числовые данные должны распределяться по нормальному закону.

В реальной действительности эти аксиомы не выполнимы ни в совокупности, ни даже зачастую по отдельности.

Неправомерное использование вероятностно-статистических методов приводит к очень высоким отклонениям (более 15-20%) теоретических величин от эмпирических. Поэтому ни о каких достоверных прогнозах не может быть и речи.

Что же касается нашего конкретного примера применения эконометрических методов к задачам управления ВУЗом, то здесь ситуация еще усложняется тем, что объем располагаемых данных очень мал. В данном случае представляется невозможным, выяснить подчиняются статистические данные нормальному закону или нет.

Еще одним из недостатков является то, что классические методы не приспособлены обрабатывать весь массив неоднородной информации (числовой и нечисловой), которой в реальности намного больше, чем просто числовой. Например, при значительном дефиците статистических данных часто прибегают к различным видам экспертиз или анкетированию, результатами которых могут выступать как числа, так и объекты нечисловой природы.

Отсюда вывод: вероятностно-статистические методы нужно применять с большой осторожностью, требуется поиск принципиально новых методов, которые могли бы использовать всю доступную неоднородную информацию.

2. СТАТИСТИКА НЕЧИСЛОВЫХ ДАННЫХ

Объекты нечисловой природы как статистические данные

Статистика нечисловых данных или, как ее еще называют, статистика объектов нечисловой природы как самостоятельное научное направление была выделена в нашей стране. Термин «статистика объектов нечисловой природы» впервые появился в 1979 г. В том же году была сформулирована программа развития этого нового направления прикладной статистики [29, с. 30]. Со второй половины 80-х годов возрос интерес к этому направлению и у зарубежных исследователей. Это нашло отражение, в частности, на Первом Всемирном Конгрессе Общества математической статистики и теории вероятностей им. Бернулли, состоявшемся в сентябре 1986 г. в Ташкенте.

Объектами нечисловой природы называют элементы пространств, не являющихся линейными. Приведем примерный перечень объектов нечисловой природы [44, с. 40-48]:

- значения качественных признаков, т.е. результаты кодировки объектов с помощью заданного перечня категорий (градаций), например, при оценке знаний;
- упорядочения (ранжировки) экспертами заявок на проведение научных работ (при проведении конкурсов на выделение грантов) или характеристика образованности и воспитанности учащихся;
- классификации, т.е. разбиения объектов на группы, сходных между собой (кластеры), например, по степени успеваемости или выраженности профессиональных качеств;
- толерантности [29, с. 72; 143], т.е. бинарные отношения, описывающие сходство объектов между собой, например, сходства тематики научных работ, оцениваемого экспертами с целью рационального формирования экспертных советов внутри определенной области науки;
- результаты парных сравнений по альтернативному признаку, т.е. последовательности из 0 и 1, например, способен – не способен, сформированы навыки – не сформированы и т.д.;
- множества (обычные или нечеткие);
- слова, предложения, тексты;
- вектора, координаты которых – совокупность значений разнотипных признаков: часть из них носит качественный характер, а часть – количественный;
- ответы на вопросы экспертной, маркетинговой или социологической (психолого-педагогической) анкеты, часть из которой носит количественный характер (возможно, интервальный), часть сводиться к выбору одного из нескольких вариантов, а часть представляет собой тексты; и т.д.

Статистические методы анализа нечисловых данных довольно хорошо приспособлены для применения в экономике, социологии и экспертных оценках, поскольку в этих областях от 50% до 90% данных являются нечисловыми. В отсутствии какой-либо информации часто приходится прибегать к различным видам экспертиз, анкетированию, опросам. Полученная информация в основном носит нечисловой характер. Как показали многочисленные опыты, человек более правильно и с меньшими затруднениями отвечает на вопросы качественного, например сравнительного, характера, чем количественного. Поэтому изучение статистики нечисловых данных является крайне необходимым при решении различных управленческих, аналитических, диагностических задач, а также при прогнозировании и планировании экономических процессов и явлений.

Методы экспертных оценок

Методы экспертных оценок – это методы организации работы со специалистами-экспертами и обработки мнений экспертов [32, с. 2]. Экспертные исследования проводят с целью подготовки информации для принятия решений Лицом, Принимающим Решения (ЛПР). Для проведения работы по методу экспертных оценок создают рабочую группу, которая и организует по поручению ЛПР деятельность экспертов, объединенных формально или по существу в экспертную комиссию.

Ответы экспертов обычно выражены частично в количественной, частично в качественной форме – градации качественных признаков, ранжировки, разбиения, результаты парных сравнений, нечеткие предпочтения и т.д. Эксперт может сравнить два объекта, сказать, какой из двух лучше (метод парных сравнений), дать им оценки типа «плохой», «средний», «хороший», упорядочить несколько объектов по привлекательности, но обычно не может ответить, «во сколько раз» или «на сколько» один объект лучше другого. Довольно часто в процессе оценивания объектам приписываются численные значения – баллы, которые потом обрабатываются как обыкновенные числовые данные. Однако такие действия неправомерны, полученные результаты не имеют никакого отношения к действительности. Например, в школе учащимся выставляют оценки, но вряд ли кто-нибудь будет утверждать, что знания отличника равны сумме знаний двоечника и троечника (хотя 5 = 2 + 3). Другими словами, ответы эксперта являются объектами нечисловой природы.

На основе анализа современной литературы [29] можно предложить следующую систематизацию методов экспертных оценок – выделить среди них методы получения экспертных оценок и методы анализа экспертных оценок. Более подробная систематизация представлена нами на рис. 2.1. Методам получения экспертных оценок ставятся в соответствие методы анализа экспертных оценок, а именно: полученные экспертные оценки проверяются на согласованность (например, с использованием коэффициента конкордации Кендалла для метода ранжировок), после чего формируется итоговое мнение с помощью методов их анализа. В данной работе методы ранжировок и парных сравнений обсуждаются на примерах задач управления вузом.

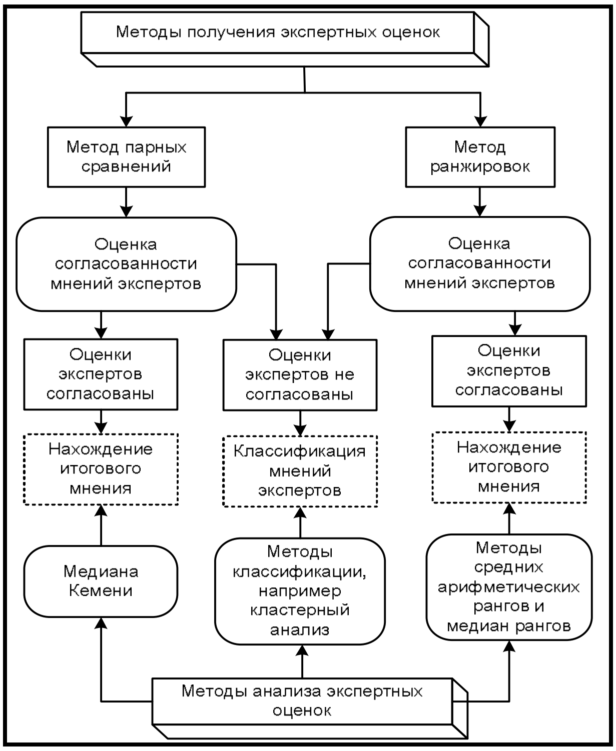

Рис. 2.1. Методы экспертных оценок

Основные требования к алгоритмам анализа данных формулируются в теории измерений так.

- Во-первых, выводы, сделанные на основе данных, измеренных в шкале определенного типа, не должны меняться при допустимом преобразовании шкалы измерения этих данных. Статистические выводы могут быть адекватны реальности только тогда, когда они не зависят от того, какую единицу измерения предпочтет исследователь, т.е. когда они инвариантны относительно допустимого преобразования шкалы.
- Во-вторых, согласно концепции устойчивости [31] рекомендуется использовать различные методы для обработки одних и тех же данных с целью выделить выводы, получаемые одновременно при всех методах. Такие выводы соответствуют реальной действительности, в то время как заключения, меняющиеся от метода к методу, зависят от субъективизма исследователя, выбирающего метод обработки исходных экспертных оценок.

Применение метода ранжировок к решению задач управления вузом (на примере университета «Дубна»)

Многочисленные опыты показали, что человеку проще отвечать на вопросы качественного, например, сравнительного характера, чем количественного. Ему легче сказать какой из нескольких предметов самый большой, какой средний, а какой самый маленький и т.д., чем указать их точный размер. Таким образом, нечисловые данные, получаемые в виде экспертных мнений, выражены в порядковой шкале. Часто при проведении экспертиз экспертов просят дать ранжировку (упорядочение) объектов экспертизы: они должны расположить их в порядке возрастания (или убывания) интенсивности интересующей организаторов экспертизы характеристики. Далее каждому объекту присваивается соответствующий ранг. Ранг – это номер объекта экспертизы в упорядоченном ряду значений характеристик различных объектов. Формально ранги выражаются числами 1, 2, 3, ..., но с этими числами нельзя делать привычные арифметические операции [29, с. 56].

Для определения итогового (усредненного) мнения экспертов внутри согласованной группы используются различные виды средних величин. С помощью математической теории, развитой А.И. Орловым в 70-х годах XX века, удается описать вид допустимых средних в основных шкалах:

- в шкале наименований в качестве среднего возможно использовать только моду;
- из всех средних по Коши в порядковой шкале в качестве среднего используют медиану, но не среднее арифметическое, среднее геометрическое и т.д.;
- в шкале интервалов из всех средних по Колмогорову можно применять только среднее арифметическое;
- в шкале отношений из всех средних по Колмогорову устойчивыми относительно сравнения являются только степенные средние и среднее геометрическое [29, с. 285-294].

Таким образом, для определения итогового мнения комиссии экспертов при оценке проектов будем пользоваться медианой. Однако полностью игнорировать средние арифметические нецелесообразно из-за их привычности и распространенности. Поэтому будем использовать одновременно оба метода – метод средних арифметических рангов (баллов) и метод медианных рангов, что находится в согласии с концепцией устойчивости.

Пусть Министерством образования и науки РФ проводится конкурсный отбор образовательных учреждений высшего профессионального образования, внедряющих инновационные образовательные программы. Целью конкурса является оказание государственной поддержки посредством предоставления субсидий [50]. К примеру, согласно представленной заявке инновационная образовательная программа университета «Дубна» включает восемь различных проектов:

- П1 – «Создание системы обучающих программ и технологий по подготовке высококвалифицированных кадров в области проектирования устойчивого инновационного развития»;
- П2 – «Создание информационно-аналитического обеспечения и пакета обучающих программ для проектирования интенсивного инновационного развития регионов России»;
- П3 – «Создание информационной среды непрерывного образования на основе системы дистанционного обучения»;
- П4 – «Комплекс образовательных технологий Опытной зоны устойчивого природопользования Московской области»;
- П5 – «Организация совместных научно-образовательных программ подготовки кадров в области информационных технологий (Открытый университет информационных технологий)»;
- П6 – «Создание регионального учебно-научного центра информационных технологий в природопользовании и территориальном управлении»;
- П7 – «Разработка научно-образовательного ресурсного центра технологий повышения эффективности поиска и оценки электронной информации (Ресурсный центр Дубна)»;

- П8 – «Разработка интеллектуальных моделей принятия решений в слабо формализованных предметных областях».

Тогда на данном этапе управления может возникнуть следующая проблема: какие из предложенных инновационных проектов следует в первую очередь включить в заявку на участие в конкурсе. Для решения этой проблемы администрация университета организовала комиссию экспертов (например, 12 человек).

В табл. 2.1 приведены ранги восьми проектов, присвоенные им каждым из 12 экспертов в соответствие с представлением экспертов о целесообразности включения проекта в заявку. При этом эксперт присваивает ранг 1 самому лучшему проекту, который обязательно надо включить в заявку, ..., ранг 8 – наиболее сомнительному проекту, который включать в заявку стоит лишь в последнюю очередь.

Таблица 2.1

РАНГИ ПРОЕКТОВ, ПРИСВОЕННЫЕ ЭКСПЕРТАМИ [29, с. 356]

№ эксперта	*П1*	*П2*	*П3*	*П4*	*П5*	*П6*	*П7*	*П8*
1	5	3	1	2	8	4	6	7
2	5	4	3	1	8	2	6	7
3	1	7	5	4	8	2	3	6
4	6	4	2,5	2,5	8	1	7	5
5	8	2	4	6	3	5	1	7
6	5	6	4	3	2	1	7	8
7	6	1	2	3	5	4	8	7
8	5	1	3	2	7	4	6	8
9	6	1	3	2	5	4	7	8
10	5	3	2	1	8	4	6	7
11	7	1	3	2	6	4	5	8
12	1	6	5	3	8	4	2	7

Заметим, что эксперт №4 считает, что проекты ***П3*** и ***П4*** равноценны и должны были бы стоять на втором и третьем местах, уступая лишь проекту ***П6***. Таким образом, проекты ***П3*** и ***П4*** являются связанными объектами, следовательно, им приписывается ранг $(2+3)/2 = 5/2 = 2{,}5$.

Сначала по данным таблицы 2.1 определим, согласованы ли мнения экспертов. Для этого воспользуемся коэффициентом ранговой конкордации Кендалла [2] (рис. 2.1).

Оценка согласованности мнений экспертов с применением коэффициента конкордации Кендалла

В связи с природой данных, которые являются результатами экспертных оценок, для их анализа обычно используются ранговые (непараметрические) методы. В случае если экспертов не два, а более, используется коэффициент конкордации, предложенный Кендаллом:

$$W = \frac{12}{m^2(n^3-n)}S, \qquad (2.1)$$

где

$$S = \sum_{j=1}^{n}\left(\sum_{i=1}^{m}R_{ij} - \frac{m(n+1)}{2}\right)^2;$$

n – количество анализируемых объектов;

m – количество экспертов;

R_{ij} – ранг i-го объекта, который присвоен j-ым экспертом.

При наличии связок (одинаковых значений) формула (2.1) приобретает следующий вид

$$W_{скор} = \frac{12}{m^2(n^3-n) - m\sum_{j=1}^{m}t_j}S, \qquad (2.2)$$

где

$t_j = \sum_{i=1}^{L}(n_{i,j}^3 - n_{i,j})$, при этом L – число связок,

$n_{i,j}$ – количество элементов в i-ой связке для j-го эксперта, S рассчитывается аналогично (2.1).

В рассматриваемом примере m = 12, n = 8, $L = 1$, $n_{1,4} = 1$. Результаты расчетов по формуле 2.2:

$$S = 2809{,}5;\ \sum_{j=1}^{m}t_j = 6\ ;\ W_{скор} = 0{,}464995\ .$$

Следует обратить внимание на отличие значений коэффициента конкордации от коэффициента корреляции: коэффициент конкордации существует в пределах от 0 до 1. Если мнения экспертов полностью противоположны (не согласуются), коэффициент конкордации W = 0 (коэффициент корреляции в этом случае будет равен –1). Сформулируем статистические гипотезы.

- H_0: суждения (оценки) экспертов не согласуются;
- H_1: суждения (оценки) экспертов согласуются.

Нулевая гипотеза отвергается, если $W > W_{кр}$, и принимается, если $W < W_{кр}$. Критическое значение $W_{кр}$ находится по формуле (при n >7):

$$W_{кр} = \chi^2_{\alpha,n-1}/m(n-1),$$

где

α – уровень значимости,

$n-1$ – количество степеней свободы для распределения χ^2 .

Результаты расчета: $\alpha = 0{,}05$; $\chi^2_{0,05;7} = 14{,}0671$; $W_{кр} = 0{,}1675$; $W = 0{,}464995$.

Отсюда делаем вывод: мнения экспертов согласованы.

Нахождение итогового мнения (рис. 2.1) осуществляется с помощью метода средних арифметических рангов и метода медиан рангов.

В первом упомянутом методе итоговое мнение комиссии экспертов находится как среднее арифметическое рангов, присвоенных проектам. В зависимости от того, какой средний арифметический ранг получил каждый из проектов, присуждаем итоговый ранг, исходя из принципа: чем меньше средний арифметический ранг, тем проект лучше (как и ранее, самому перспективному проекту присваиваем ранг 1, …, а самому непривлекательному – 8). Проекты ***П2*** и ***П6*** получили одинаковые средние арифметические ранги и должны были бы стоять на третьем и четвертом местах, следовательно, их итоговый ранг 3,5. Получаем итоговую ранжировку 1: ***П4 < П3 < {П2, П6} < П1 < П7 < П5 < П8***.

Найдем также итоговое мнение комиссии с помощью метода медиан рангов: определим медиану для каждого проекта по ряду оценок экспертов, после чего полученный ряд медиан ранжируем и получаем ранжировку 2: ***П4 < {П2, П3} < П6 < П1 < П7 < П8 <П5***.

В записи ранжировок обозначение типа ***A < B*** означает, что проект ***A*** лучше проекта ***B***; обозначение типа ***{A, B}*** – проекты ***A*** и ***B*** по рассматриваемому методу эквивалентные, поскольку получили одинаковую сумму баллов. Результаты расчетов по указанным методам представлены в табл. 2.2.

Таблица 2.2

РАСЧЕТЫ ПО МЕТОДУ СРЕДНИХ АРИФМЕТИЧЕСКИХ РАНГОВ (САР) И МЕТОДУ МЕДИАН РАНГОВ (МР)

Расчеты по методам САР и МР	Проекты							
	П1	П2	П3	П4	П5	П6	П7	П8
Сумма рангов	60	39	37,5	31,5	76	39	64	85
Среднее арифметическое рангов	5	3,25	3,125	2,625	6,333	3,25	5,333	7,083
Итоговый ранг по среднему арифметическому	5	3,5	2	1	7	3,5	6	8
Медианы рангов	5	3	3	2,25	7,5	4	6	7
Итоговый ранг по медианам	5	2,5	2,5	1	8	4	6	7

Сравнение ранжировки 1 с ранжировкой 2 показывает их близость (похожесть). Можно принять, что проекты ***П3***, ***П2***, ***П6*** упорядочены как ***П3 < П2 < П6***, но из-за погрешностей экспертных оценок в одном методе признаны равноценными проекты ***П2*** и ***П6*** по ранжировке 1, а в другом – проекты ***П3*** и ***П2*** по ранжировке 2. Существенным является только расхождение, касающееся упорядочения проектов ***П8*** и ***П5***: в ранжировке 1 ***П5 < П8***, а в ранжировке 2, наоборот, ***П8 < П5***. Однако эти проекты – наименее привлекательные из восьми рассматриваемых, и при выборе наиболее привлекательных проектов для дальнейшего обсуждения и использования на указанное расхождение можно не обращать внимания.

Рассмотренный пример демонстрирует сходство и различие ранжировок, полученных по методу средних арифметических рангов и по методу медиан, а также пользу от их совместного применения. Для того чтобы результаты сравнения не противоречили правилам рационального экономического поведения, необходима проверка корректности процедуры ранжировок, полученных обоими методами, а именно: монотонность, асимметричность, транзитивность [8, с. 40-41] (приложение 6 табл. П18). Исходные данные к составлению таблицы – данные таблицы 2.1. Здесь запись типа ***A < B*** означает, проект А лучше В. Согласно таблице ***П4< П3, П3 < П2***, следовательно, по свойству транзитивности должно быть ***П4 < П***2. Проверяя последнее утверждение по таблице, получаем, что противоречия нет. Аналогично проверены все возможные комбинации, свойство транзитивности выполняется. Также проводилась проверка выполнения свойства асимметричности. В результате полученные ранжировка 1 и ранжировка 2 обладают свойствами транзитивности и асимметричности.

Проверка на корректность усиливает концепцию устойчивости, согласно которой оба метода лучше использовать в совокупности – каждый из них в отдельности может давать некую неопределенность в «несовпадающих» частях ранжированной последовательности (например, ***П5 < П8*** и ***П8 <П5***), а сравнение результатов проверки обоих методов на корректность может устранять эту неопределенность (например, П5 и П8 оказываются равноценными).

Заметим, что, например, в парадоксе Кондорсе [9, с. 93-94] свойства асимметричности и транзитивности не выполняются, хотя тоже проверяются по большинству голосов. Различие состоит в следующем: в парадоксе Кондорсе по большинству голосов осуществлялся выбор лучшей ранжировки, а в процедуре ранжировок – формировалась итоговая (усредненная) ранжировка.

Применение метода парных сравнений к решению задач управления вузом (на примере университета «Дубна»)

Часто на практике выясняется, что эксперту гораздо легче на каждом шагу сравнивать только два объекта, чем представлять уже готовую ранжировку, поэтому целесообразно рассмотреть данный метод как наиболее информативный. К тому же теория парных сравнений позволяет решать более сложные задачи, чем статистика ранжировок или разбиений.

После сбора экспертных мнений, представленных в виде результатов парных сравнений, проверяется их согласованность. Если мнения экспертов согласованы, то для нахождения итогового мнения используют медиану Кемени, по имени американского математика Джона Кемени [20], [29, с. 372-377]. При отсутствии согласованности экспертов естественно разбить их на группы сходных по мнению. Это можно сделать различными методами статистики объектов нечисловой природы, относящимися к кластерному анализу (рис. 2.1).

Пусть мнения комиссии экспертов или какой-то ее части признаны согласованными. Итоговое (среднее, общее) мнение комиссии согласно идее Джона Кемени следует найти как решение оптимизационной задачи, а именно: надо минимизировать суммарное расстояние от кандидата в среднее до мнений экспертов. Найденное таким способом среднее мнение называют «медианой Кемени». Математическая сложность состоит в том, что мнения экспертов лежат в некотором пространстве объектов нечисловой природы. В общей теории подобного усреднения [29, с. 162-281] в частности, показано, что в силу обобщения закона больших чисел среднее мнение при увеличении числа экспертов, чьи мнения независимы и одинаково распределены, приближается к некоторому пределу, который естественно назвать математическим ожиданием случайного элемента, имеющего то же распределение, что и ответы экспертов. В конкретных пространствах нечисловых мнений экспертов вычисление медианы Кемени может быть достаточно сложным.

Продолжим решать задачу о включении проектов в заявку на участие в конкурсе. Пусть теперь исходные данные представлены не в виде ранжировок каждого эксперта, а в виде бинарных отношений, которыми являются результаты парных сравнений. Найдем итоговое мнение комиссии. Ответы экспертов ***A***, ***B***, ***C***, ***D***, ***E*** будем записывать в квадратных матрицах соответственно $\|a_{ij}\|$, $\|b_{ij}\|$, $\|c_{ij}\|$, $\|d_{ij}\|$, $\|e_{ij}\|$, которые строятся следующим образом: если эксперт предпочел ***i***-й проект ***j***-му, то $x_{ij} = 1$ и $x_{ji} = 0$, а если эти проекты равноценны, то $x_{ij} = x_{ji} = 1/2$. Таким образом, для любых различных ***i*** и ***j*** верно равенство $x_{ij} + x_{ji} = 1$. При этом элементы на главной диагонали принимаются равными нулю или совсем не учитываются. Количество возможных пар для сравнения рассчитывается как число сочетаний:

$$C_n^2 = \frac{n!}{2!(n-2)!} = \frac{n(n-1)}{2}.$$

Для упрощения примера возьмем $n = 3$ и $m = 5$, т.е. пятью экспертами будут сравниваться следующие проекты:

- ***П1*** – «Создание системы обучающих программ и технологий по подготовке высококвалифицированных кадров в области проектирования устойчивого инновационного развития»;
- ***П2*** – «Создание информационно-аналитического обеспечения и пакета обучающих программ для проектирования интенсивного инновационного развития регионов России»;
- ***П3*** – «Создание информационной среды непрерывного образования на основе системы дистанционного обучения».

Тогда пар для сравнения будет:

$$C_3^2 = \frac{3(3-1)}{2} = 3 .$$

Результаты парных сравнений представим таблицей, в которой запись типа $A \vee B \to B$ означает, что при сравнении проектов ***A*** и ***B*** предпочтение отдается проекту В (табл. 2.3).

Таблица 2.3

РЕЗУЛЬТАТЫ ПАРНЫХ СРАВНЕНИЙ

Эксперт	Матрицы парных сравнений	Сравнение проектов
A	$\lVert a_{ij} \rVert = \begin{pmatrix} - & 0 & 0 \\ 1 & - & 0 \\ 1 & 1 & - \end{pmatrix}$	1 пара: $П1 \vee П2 \to П2;$ 2 пара: $П1 \vee П3 \to П3;$ 3 пара: $П2 \vee П3 \to П3$
B	$\lVert b_{ij} \rVert = \begin{pmatrix} - & 1/2 & 0 \\ 1/2 & - & 0 \\ 1 & 1 & - \end{pmatrix}$	1 пара: $П1 \vee П2 \to П1$ и $П2;$ 2 пара: $П1 \vee П3 \to П3;$ 3 пара: $П2 \vee П3 \to П3$
C	$\lVert c_{ij} \rVert = \begin{pmatrix} - & 0 & 0 \\ 1 & - & 1 \\ 1 & 0 & - \end{pmatrix}$	1 пара: $П1 \vee П2 \to П2;$ 2 пара: $П1 \vee П3 \to П3;$ 3 пара: $П2 \vee П3 \to П2$
D	$\lVert d_{ij} \rVert = \begin{pmatrix} - & 0 & 0 \\ 1 & - & 1/2 \\ 1 & 1/2 & - \end{pmatrix}$	1 пара: $П1 \vee П2 \to П2;$ 2 пара: $П1 \vee П3 \to П3;$ 3 пара: $П2 \vee П3 \to П2$ и $П3$
E	$\lVert e_{ij} \rVert = \begin{pmatrix} - & 1 & 0 \\ 0 & - & 1 \\ 1 & 0 & - \end{pmatrix}$	1 пара: $П1 \vee П2 \to П1;$ 2 пара: $П1 \vee П3 \to П3;$ 3 пара: $П2 \vee П3 \to П2$

Определение 2.1.

Расстоянием Кемени между бинарными отношениями А и В, описываемыми матрицами $\lVert a_{ij} \rVert$ и $\lVert b_{ij} \rVert$ соответственно, называется число:

$$d(A,B) = \sum_{i,j} \left| a_{ij} - b_{ij} \right|,$$

где суммирование производится по всем ***i*** и ***j***, т.е. расстояние Кемени между бинарными отношениями равно сумме модулей разностей элементов, стоящих на одних и тех же местах в соответствующих им матрицах.

Расстояние Кемени – это число несовпадающих элементов в матрицах $\lVert a_{ij} \rVert$ и $\lVert b_{ij} \rVert$ [29, с. 372-377]. Например, расстояние между бинарными отношениями ***A*** и ***B***:

$$d(A,B) = \sum_{i,j} \left| a_{ij} - b_{ij} \right| =$$

$$= \sum_{i,j} \left| \begin{pmatrix} - & 0 & 0 \\ 1 & - & 0 \\ 1 & 1 & - \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} - & 1/2 & 0 \\ 1/2 & - & 0 \\ 1 & 1 & - \end{pmatrix} \right| =$$

$$= \sum_{i,j} \left| \begin{pmatrix} - & (-1/2) & 0 \\ 1/2 & - & 0 \\ 0 & 0 & - \end{pmatrix} \right| = \left| -1/2 \right| + \left| 1/2 \right| = 1 .$$

Находим расстояния Кемени между каждыми двумя бинарными отношениями, предполагая выполнение симметричности [29, с. 99], например, $d(A,B) = d(B,A)$, $d(A,C) = d(C,A)$ и т.д. Результаты расчетов представлены в табл. 2.4.

Таблица 2.4

МАТРИЦА РАССТОЯНИЙ КЕМЕНИ

Эксперты	*A*	*B*	*C*	*D*	*E*
A	0	1	2	1	4
B	1	0	3	2	3
C	2	3	0	1	2
D	1	2	1	0	3
E	4	3	2	3	0

Определение 2.2.

Медиана Кемени – это значение ***X***, при котором достигает минимума сумма расстояний Кемени от каждого значения множества до значения ***X***: $\min\limits_X C(X)$, где

$$C(X) = \sum_{I=A}^{E} d(I,X) .$$

Проведем расчеты, в которых роль ***X*** играют ***A***, ***B*** и т.д.:

$$C(A) = d(A,A) + d(B,A) + d(C,A) + d(D,A) + \\ + d(E,A) = 0 + 1 + 2 + 1 + 4 = 8;$$

$$C(B) = d(A,B) + d(B,B) + d(C,B) + d(D,B) + \\ + d(E,B) = 1 + 0 + 3 + 2 + 3 = 9;$$

$$C(C) = d(A,C) + d(B,C) + d(C,C) + \\ + d(D,C) + d(E,C) = 2 + 3 + 0 + 1 + 2 = 8;$$

$$C(D) = d(A,D) + d(B,D) + d(C,D) + \\ + d(D,D) + d(E,D) = 1 + 2 + 1 + 0 + 3 = 7;$$

$$C(E) = d(A,E) + d(B,E) + d(C,E) + \\ + d(D,E) + d(E,E) = 4 + 3 + 2 + 3 + 0 = 12.$$

Из всех вычисленных сумм наименьшая равна 7, и достигается она при ***X = D***, следовательно, медиана Кемени – матрица парных сравнений $\lVert d_{ij} \rVert$ эксперта ***D***. Значит, среднее мнение комиссии описывается квадратной матрицей $\lVert d_{ij} \rVert$, которая свидетельствует о том, что из трех предложенных проектов лучшими являются ***П2*** – «Создание информационно-аналитического обеспечения и пакета обучающих программ для проектирования интенсивного инновационного развития регионов России» и ***П3*** – «Создание информационной среды непрерывного образования на основе системы дистанционного обучения». К тому же, по мнению комиссии, они имеют одинаковую ценность. В общем случае минимальное значение может быть сформулировано двумя и более экспертами в случае, когда $C(X = A) =$

$= C(X = B) = ...$, тогда итоговое решение будет состоять из двух и более матриц парных сравнений.

Теория нечетких множеств (необходимость применения)

Нечеткие множества – частный вид объектов нечисловой природы. Поэтому при обработке выборки, элементами которой являются нечеткие множества, могут быть использованы различные методы нечисловой статистики.

Обширный опыт отечественных и зарубежных исследователей убедительно свидетельствует о том, что вероятностный подход не может быть признан надежным и адекватным инструментом решения слабоструктурированных задач, к которым относятся и задачи управления вузом. В принципе, любая попытка использования статистических методов для решения такого рода задач есть не что иное, как переход к хорошо структурированным (хорошо формализованным) задачам, при этом такого рода переход существенно искажает исходную постановку задачи.

По мнению многих ученых, ограничения и недостатки применения «классических» формальных методов при решении слабоструктурированных задач являются следствием сформулированного основоположником теории нечетких множеств Л.А. Заде [17] «принципа несовместимости»: «...чем ближе мы подходим к решению проблем реального мира, тем очевиднее, что при увеличении сложности системы наша способность делать точные и уверенные заключения о ее поведении уменьшается до определенного порога, за которым точность и уверенность становятся почти взаимоисключающими понятиями».

Основные определения теории нечетких множеств

Введем основные понятия теории нечетких множеств [26, с. 226-227], [48, с. 8-9].

- Определение 2.1. Носитель $U = \{u\}$ – это универсальное множество, к которому относятся все результаты наблюдений в рамках оцениваемой статистики.
- Определение 2.2. Нечеткое множество ***A*** – это множество значений носителя, такое, что каждому значению носителя u сопоставлена степень принадлежности (соответствия) этого значения множеству ***A***. Нечеткое множество представляет собой совокупность элементов произвольной природы, относительно которых нельзя с полной определенностью утверждать, принадлежит ли тот или иной элемент рассматриваемой совокупности данному множеству или нет.
- Определение 2.3. Функция принадлежности $\mu_A(u)$ – это функция, областью определения которой является носитель ***U***, $u \in U$, а областью значений – единичный интервал [0,1]. Чем выше $\mu_A(u)$, тем выше оценивается степень принадлежности элемента носителя ***u*** нечеткому множеству ***A***.
- Определение 2.4. Лингвистической переменной называется переменная, значениями которой могут быть слова или словосочетания некоторого естественного языка.
- Определение 2.5. Терм-множеством ***T*** называется множество всех возможных значений лингвистической переменной.
- Определение 2.6. Терм-элементом (термом) называется любой элемент терм-множества ***T***.

Заде Л. [17, с. 7] определяет лингвистическую переменную так:

$\Omega = (\omega, T, U, M)$,

где ω – название переменной;

T – терм-множество значений, т.е. совокупность ее лингвистических значений;

U – носитель;

M – алгоритм (правило, формула), по которому каждому значению носителя ***u*** сопоставляется степень принадлежности этого значения каждому элементу терм-множества $T = \{T_1, T_2, \ldots\}$.

С помощью определенного алгоритма находятся значения $\mu_{T1}(u)$, $\mu_{T2}(u)$, ... Значения носителя u могут быть точечными или интервальными.

Одним из наиболее распространенных типов нечетких чисел, формируемых на основе экспертных оценок, являются трапециевидные нечеткие числа (существуют и другие типы нечетких чисел, например, треугольные). Используемый тип нечетких чисел определяет вид функции принадлежности.

Построение функций принадлежности трапециевидного вида

Если мы оцениваем параметр качественно, например, высказавшись «Это значение параметра является средним», необходимо ввести уточняющее высказывание типа «Среднее значение – это примерно от a до b», которое и есть предмет экспертной оценки (нечеткой классификации), и тогда можно использовать для моделирования нечетких классификаций трапециевидные числа. На самом деле, это самый естественной способ неуверенной классификации [26, с. 227-230].

Каждому значению терм-множества можно задать трапециевидные ***T***-числа $\gamma(a_1, a_2, a_3, a_4)$. Например, терму «среднее (низкое, высокое и т.д.) значение параметра ***X***» соответствует ***T***-число с координатами $\gamma(0.2; 0.4; 0.6; 0.8)$, причем 0.2 и 0.8 – абсциссы нижнего основания, а 0.4 и 0.6 – абсциссы верхнего основания трапеции (рис. 2.2).

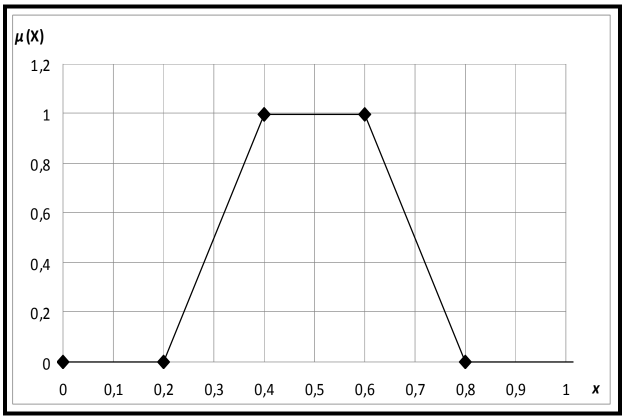

Рис. 2.2. Функция принадлежности трапециевидного нечеткого числа

Зададим лингвистическую переменную ***Ω*** «Значение параметра ***X***», где ***X*** – множество значений универсального носителя ***U***.

Пусть терм-множество состоит из пяти термов, таких как:

- T_1 – «очень низкое значение параметра X»;
- T_2 – «низкое значение параметра X»;
- T_3 – «среднее значение параметра X»;
- T_4 – «высокое значение параметра X»;
- T_5 – «очень высокое значение параметра X».

Тогда лингвистическую переменную Ω «Значение параметра X» и пять ее термов можно изобразить графически (рис. 2.3) и аналитически [29, с. 238]:

$$\mu_1(X)=\begin{cases}1, & 0\le X\le 0{,}15;\\ 10(0{,}25 - X), & 0{,}15<X<0{,}25;\\ 0, & 0{,}25\le X\le 1;\end{cases}$$

$$\mu_2(X)=\begin{cases}0, & 0\le X\le 0{,}15;\\ 10(X-0{,}25), & 0{,}15<X<0{,}25;\\ 1, & 0{,}25\le X\le 0{,}35;\\ 10(0{,}45-X), & 0{,}35<X<0{,}45;\\ 0, & 0{,}45\le X\le 1;\end{cases}$$

$$\mu_3(X)=\begin{cases}0, & 0\le X\le 0{,}35;\\ 10(X-0{,}35), & 0{,}35<X<0{,}45;\\ 1, & 0{,}45\le X\le 0{,}55;\\ 10(0{,}65-X), & 0{,}55<X<0{,}65;\\ 0, & 0{,}65\le X\le 1;\end{cases}$$

$$\mu_4(X)=\begin{cases}0, & 0\le X\le 0{,}55;\\ 10(X-0{,}55), & 0{,}55<X<0{,}65;\\ 1, & 0{,}65\le X\le 0{,}75;\\ 10(0{,}85-X), & 0{,}75<X<0{,}85;\\ 0, & 0{,}85\le X\le 1;\end{cases}$$

$$\mu_5(X)=\begin{cases}0, & 0\le X\le 0{,}75;\\ 10(X-0{,}75), & 0{,}75<X<0{,}85;\\ 1, & 0{,}85\le X\le 1.\end{cases}$$

Таким образом, представлена нечеткая классификация параметра X по качественному уровню.

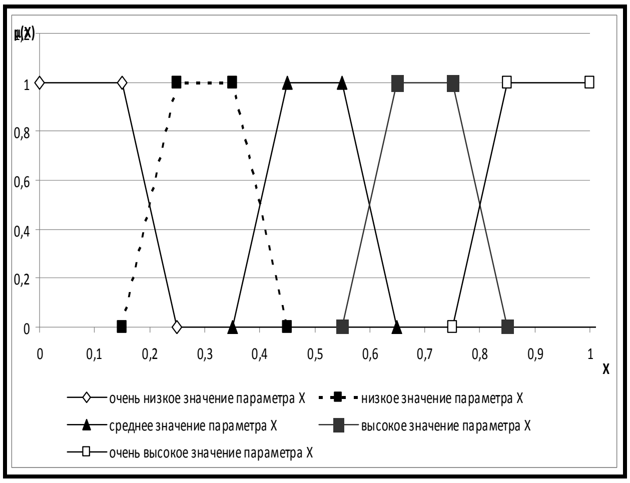

Рис. 2.3. Лингвистическая переменная Ω «Значение параметра *X*» и ее пять термов – очень низкий, низкий, средний, высокий, очень высокий

Построение функций принадлежности на основе экспертного опроса

Функции принадлежности строятся на основе обработки мнений экспертов. Приведем пример построения функций принадлежности путем статистической обработки результатов опроса группы экспертов. Задача построения функций принадлежности ставится следующим образом [48, с. 15-17]. Задана лингвистическая переменная Ω. Даны два множества: терм-множество $T=\{T_1,T_2,\dots,T_n\}$ и универсальное множество $U=\{u_1,u_2,\dots,u_n\}$, элементы которого являются областью определения функций принадлежности. Необходимо определить степени принадлежности элементов множества U к элементам из терм-множества T, т.е. найти $\mu_{T_j}(u_i)$ для всех $j=1,\dots,m$ и $i=1,\dots,n$.

Пусть каждый эксперт заполняет анкету, в которой указывает свое мнение о наличии у элементов u_i $(i=1,\dots,n)$ свойств терма T_j $(j=1,\dots,m)$. Введем обозначения:

K – количество экспертов;

$b^k_{j,i}$ – мнение k-го эксперта о наличии у элемента u_i свойств терма T_j, $k=1,\dots,K,\ i=1,\dots,n,\ j=1,\dots,m.$

Анкета для k-го эксперта представлена в табл.2.5.

Таблица 2.5

ФОРМА АНКЕТЫ ДЛЯ К-ГО ЭКСПЕРТА

Терм T	Элемент U					
	u_1	u_2	...	u_i	...	u_n
T_1	$b_{1,1}$	$b_{1,2}$	...	$b_{1,i}$	...	$b_{1,n}$
T_2	$b_{2,1}$	$b_{2,2}$	...	$b_{2,i}$	...	$b_{2,n}$
...	...	...	...	...	...	...
T_j	$b_{j,1}$	$b_{j,2}$	...	$b_{j,i}$	...	$b_{j,n}$
...	...	...	...	...	...	...
T_m	$b_{m,1}$	$b_{m,2}$	...	$b_{m,i}$	...	$b_{m,n}$

Экспертные оценки могут быть бинарными, т.е.

$b^k_{j,i}\in\{0;1\}$,

где 1 указывает на наличие у элемента u_i свойств терма T_j, а 0 – на их отсутствие.

Тогда степени принадлежности $\mu_{T_j}(u_i)$, то есть соответствие элемента u_i терму T_j, рассчитываются так:

$$\mu_{T_j}(u_i)=\frac{1}{K}\sum_{k=1}^{K}b^k_{j,i}\ ,\ i=1,\ \dots,\ n. \qquad (2.3)$$

Пусть задана лингвистическая переменная Ω «Уровень показателя X» (например, коэффициент абсолютной ликвидности вуза), универсальное множество U – это множество значений X, представленных в виде нескольких интервалов (интервалы значений коэффициента абсолютной ликвидности для вуза), а T – это терм-множество, состоящее из трех термов:

- T_1 – «Низкий уровень значений показателя X»;
- T_2 – «Средний уровень значений показателя X»;
- T_3 – «Высокий уровень значений показателя X».

Тогда результаты опроса экспертов представлены в табл. 2.6.

Таблица 2.6

РЕЗУЛЬТАТЫ ОПРОСА ЭКСПЕРТОВ

Эксперты	Терм	u_i						
		[0, 0.15)	[0.15, 0.3)	[0.3, 0.45)	[0.45, 0.6)	[0.6, 0.75)	[0.75, 0.9)	[0.9, ∞)
Эксперт 1	Низкий	1	1	1	0	0	0	0
	Средний	0	0	1	1	1	0	0
	Высокий	0	0	0	0	1	1	1
Эксперт 2	Низкий	1	1	1	0	0	0	0
	Средний	0	0	1	1	1	1	0
	Высокий	0	0	0	0	0	1	1
Эксперт 3	Низкий	1	1	0	0	0	0	0
	Средний	0	0	1	1	1	1	0
	Высокий	0	0	0	0	1	1	1

Экс-перты	Терм	u_i						
		[0, 0.15)	[0.15, 0.3)	[0.3, 0.45)	[0.45, 0.6)	[0.6, 0.75)	[0.75, 0.9)	[0.9, ∞)
Экс-перт 4	Низкий	1	1	0	0	0	0	0
	Средний	0	0	1	1	1	0	0
	Высокий	0	0	0	0	0	1	1
Экс-перт 5	Низкий	1	1	1	0	0	0	0
	Средний	0	0	0	1	1	1	0
	Высокий	0	0	0	0	0	0	1
Экс-перт 6	Низкий	1	0	0	0	0	0	0
	Средний	0	1	1	1	0	0	0
	Высокий	0	0	0	1	1	1	1

Результаты обработки экспертных мнений сведены в табл. 2.7. Числа над пунктирной линией соответствуют количеству голосов, отданных экспертами за принадлежность нечеткому множеству соответствующего элемента универсального множества. Числа под пунктирной линией – степени принадлежности, рассчитанные по формуле (2.3). Графики функций принадлежности показаны на рис. 2.4.

Таблица 2.7

РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАБОТКИ ЭКСПЕРТНЫХ МНЕНИЙ

Терм	u_i						
	[0, 0.15)	[0.15, 0.3)	[0.3, 0.45)	[0.45, 0.6)	[0.6, 0.75)	[0.75, 0.9)	[0.9, ∞)
Низкий	6	5	3	0	0	0	0
	1	0,83	0,5	0	0	0	0
Средний	0	1	5	6	5	3	0
	0	0,17	0,83	1	0,83	0,5	0
Высокий	0	0	0	1	3	5	6
	0	0	0	0,17	0,5	0,83	1

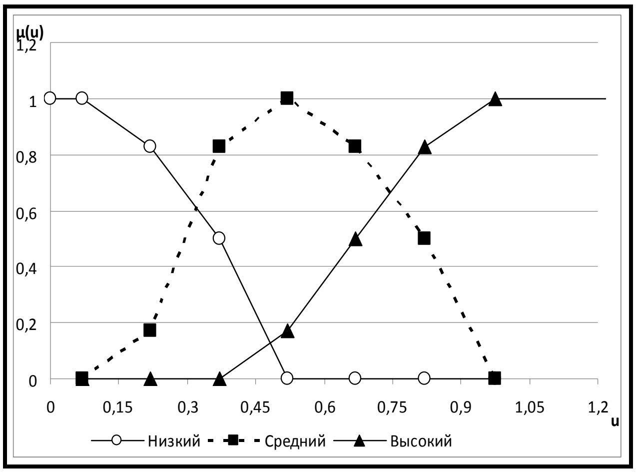

Рис. 2.4. Вид функций принадлежности, описывающих лингвистическую переменную Ω «Уровень показателя X» и ее терм-множество

Отметим, что существуют и другие способы построения функций принадлежности, например, на основе парных сравнений, проводимых одним экспертом [48, с. 17-20].

Методика построения, а вместе с тем и тип (вид), функций принадлежности на основе экспертных мнений может быть различными. Это зависит, прежде всего, от:

- целей, задач исследования (например, для определения количественных параметров финансовой модели используются треугольные нечеткие числа, а для оценки финансовой устойчивости хозяйствующего субъекта – трапециевидные нечеткие числа);
- способа получения экспертных оценок (анкетирование, парные сравнения, классификации одного или группы экспертов);
- способа моделирования;
- вида располагаемых данных, и т.д.

Область применения рассмотренной методики анализа экспертных мнений велика. В тех случаях, когда числовых данных нет, и не представляется возможным их получить, прибегают к проведению различного рода экспертиз, а также опросам, анкетированию [34].

Применение аппарата теории нечетких множеств для оценки финансовой устойчивости вуза

При сложившейся экономической ситуации, когда бюджетного финансирования недостаточно для покрытия расходов, связанных с организацией учебного процесса в ВУЗе, когда на рынке образовательных услуг существует жесткая конкуренция, перед руководством учебных заведений остро встает вопрос о решении различных проблем, связанных как с новыми формами обучения, так и с оптимизацией хозяйственных процессов в вузе [19, с. 43-45].

Оценка финансовой устойчивости образовательных учреждений и, в частности вузов в настоящее время является недостаточно разработанной проблемой. Несмотря неоднократные ссылки на необходимость повышения финансовой устойчивости образовательных учреждений, указания на отрицательные последствия ее снижения вследствие недостаточного ресурсного обеспечения со стороны учредителя-государства, ее относят главным образом к финансированию образовательных учреждений.

Финансовая устойчивость является главным компонентом экономической устойчивости образовательных учреждений, так как является характерным индикатором его стабильного функционирования [6, с. 9-12].

Финансовая устойчивость вуза – это такое состояние его финансовых ресурсов, их распределение и использование, которые обеспечивает осуществление основной деятельности и развитие вуза на основе роста капитала за счёт бюджетных и внебюджетных поступлений при сохранении платежеспособности в условиях допустимого уровня риска. При этом стоит понимать, что это определение также подчёркивает конкурентоспособность вуза, которая заключается в его успешном функционировании и развитии

Повышение качественных характеристик образовательных программ и внедрение инновационных технологий возможно только при дополнительных вложениях. Это изначально снижает финансовую устойчивость вуза, но впоследствии повышение конкурентоспособности приводит к привлечению внебюджетных средств, что укрепляет финансовую устойчивость. Оценка финансовой устойчивости необходима при открытии новых направлений образовательной деятельности, она позволяет оценить наличие собственных источников и потребность в привлечении новых.

Для анализа нужно выбрать ряд отдельных финансовых показателей, о которых можно сказать, что они наилучшим образом характеризуют отдельные стороны деятельности вуза и при этом образуют некую законченную совокупность, дающую представление об учебном заведении как о целом. Выбор системы показателей для анализа – искусство, оттачиваемое долгим опытом анализа. Каждый хозяйствующий субъект уникален и не существует двух вузов, для которых одинаково хорошо подходили бы одни и те же показатели. В этом состоит неопределенность задачи оценки финансовой устойчивости. Поэтому перед экспертом встает трудная задача отбора и ранжирования факторов анализа. При решении задач, в которых неопределенность характеризуется отсутствием хорошо определенных критериев, позволяющих однозначно судить о принадлежности элементов тому или иному классу, эффективным может оказаться подход на основе теории нечетких множеств. Рассмотрим пример применения аппарата теории нечетких множеств по методике, разработанной А.О. Недосекиным совместно с О.Б. Максимовым [26, 27, 28] и адаптированной нами для оценки финансовой устойчивости вуза.

Постановка задачи комплексной оценки степени финансовой устойчивости вуза

1. Пусть заданы два временных интервала I и II, по которым проводится сопоставительный финансовый анализ. Пусть образовательное учреждение в каждом из периодов характеризуется набором N финансовых показателей, построенных на основании бухгалтерской отчетности за период. В периоде I это показатели $X_1, \dots, X_N$ со значениями $x_1^I, \dots, x_N^I$, в периоде II – те же показатели со значениями $x_1^{II}, \dots, x_N^{II}$, причем предполагается, что система показателей $\{X\}$ достаточна для достоверного анализа (для классификации и сопоставления состояний вуза).

2. Лингвистическая переменная А «Финансовая устойчивость вуза» имеет пять терм-значений:

- A_1 – «Кризисное финансовое состояние»;
- A_2 – «Неустойчивое финансовое состояние»;
- A_3 – «Среднее финансовое состояние»;
- A_4 – «Нормальная финансовая устойчивость»;
- A_5 – «Абсолютная финансовая устойчивость».

Под «средним финансовым состоянием» в рамках данной работы понимается некое пограничное состояние вуза, при котором нельзя его оценить ни как «Нормальная финансовая устойчивость», ни как «Неустойчивое финансовое состояние».

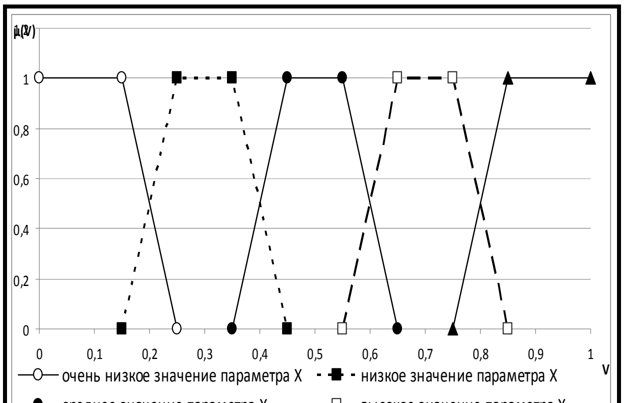

Рис. 2.5. Функции принадлежности $\mu_{A1\text{-}A5}(V)$ лингвистической переменной *A* «Финансовая устойчивость вуза»

Таким образом, терм-множество лингвистической переменной ***A*** «Финансовая устойчивость вуза» состоит из пяти компонентов. Каждому из термов $A_1 \dots A_5$ соответствуют свои функции принадлежности $\mu_{A1}(V), \dots, \mu_{A5}(V)$, где ***V*** – комплексный показатель финансового состояния вуза, причем чем выше ***V***, тем «выше» финансовая устойчивость. Графики этих функций $\mu_k(V)$, $k = A1, \dots, A5$ выбраны на основе анализа опыта различных классификаций лингвистических переменных подобного вида [26] и представлены на рис. 2.5. Этим функциям принадлежности отвечает пятерка ***T***-чисел $\{\beta\}$ вида:

- $\beta_{A1}(0.0, 0.0, 0.15, 0.25)$;
- $\beta_{A2}(0.15, 0.25, 0.35, 0.45)$;
- $\beta_{A3}(0.35, 0.45, 0.55, 0.65)$;
- $\beta_{A4}(0.55, 0.65, 0.75, 0.85)$;
- $\beta_{A5}(0.75, 0.85, 1.0, 1.0)$.

3. Вернемся к комплексному показателю V. Ясно, что он функционально или алгоритмически связан с набором исходных финансовых показателей:

$$V_I = \psi(x_1^I, \dots, x_N^I);$$
$$V_{II} = \psi(x_1^{II}, \dots, x_N^{II}),$$

но вид ψ неизвестен и подлежит установлению.

В отношении каждого показателя $X_1, \dots, X_N$ известно, как его изменение влияет на изменение ***V*** через коэффициент δ_i:

$$\delta_i = \begin{cases} 1, \text{если} \uparrow X_i \Rightarrow \uparrow V; \\ -1, \text{если} \uparrow X_i \Rightarrow \downarrow V. \end{cases} \qquad (2.4)$$

Если рост показателя X_i ведет к увеличению комплексного показателя ***V***, то $\delta_i = 1$, и наоборот, если рост показателя ведет к уменьшению комплексного показателя ***V***, то $\delta_i = -1$.

Замечание. В финансовом анализе обычно рост финансового показателя сопровождается улучшением состояния предприятия ($\delta_i = 1$). Однако есть и исключения: например, рост соотношения обязательств и собственных средств указывает на потерю финансовой устойчивости и зависимость от внешних источников средств.

Задача комплексного анализа финансовой устойчивости вуза может быть сформулирована следующим образом.

Определить процедуру ψ (функцию или алгоритм), связывающую набор показателей $\{X\}$ с комплексным показателем ***V***. По мере получения количественных значений ***V*** и на основании функций $\{\mu\}$ конструируется следующее утверждение: лингвистическая переменная ***A*** «Финансовая устойчивость вуза» принимает одно из следующих значений:

- «Кризисное финансовое состояние» с уровнем соответствия $\mu_{A1}(V)$;
- «Неустойчивое финансовое состояние» с уровнем соответствия $\mu_{A2}(V)$;
- «Среднее финансовое состояние» с уровнем соответствия $\mu_{A3}(V)$;
- «Нормальная финансовая устойчивость» с уровнем соответствия $\mu_{A4}(V)$;
- «Абсолютная финансовая устойчивость» с уровнем соответствия $\mu_{A5}(V)$.

Это утверждение придает определенный вес каждой из гипотез принадлежности текущего состояния предприятия к одному из нечетких подмножеств $\{A\}$. ***ЛПР*** в отношении вуза, может удовлетвориться той гипотезой, для которой значение $\mu(V)$ максимально, и таким образом для себя качественно оценить состояние вуза.

Определить, улучшилось или ухудшилось положение образовательного учреждения за период II по отношению к периоду I. Эта задача решается попутно с предыдущей:

- если $V_{II} > V_I$, то состояние улучшилось;
- если $V_{II} < V_I$, то ухудшилось.

Качественно положительная или отрицательная динамика предприятия распознается с анализом изменений значений $\{\mu\}$, переместился ли максимум $\{\mu\}$ из подмножества в подмножество, и если да, то в каком направлении.

Комплексная оценка финансовой устойчивости вуза (на примере Новосибирского государственного технического университета (НГТУ))

Выбор системы финансовых показателей для оценки

В качестве примера мы воспользуемся данными по НГТУ за два года – 1 января 2004 г. и 1 января 2005 г. [3, с. 84-88] (соответственно, периоды I и II анализа). Нами отобраны и расположены в порядке убывания их значимости для анализа пять стандартных финансовых показателей (табл. 2.8). В этой таблице также приведены коэффициенты δ_i, которые согласно формуле (2.4) могут принимать значения $\{-1; +1\}$, в зависимости от того, как рост показателя X_i влияет на изменение комплексного показателя V.

Таблица 2.8

ЗНАЧЕНИЯ ФИНАНСОВЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НГТУ

Показатель X_i	Наименование показателя X_i	Значение X_i в период I x_i^I	Значение X_i в период II x_i^{II}	Коэффициент δ_i
X_1	Коэффициент абсолютной ликвидности	0,44	0,24	+1
X_2	Коэффициент автономии	0,92	0,90	+1
X_3	Коэффициент соотношения обязательств и собственных средств	0,09	0,11	-1
X_4	Коэффициент обеспеченности собственными средствами	0,49	0,44	+1
X_5	Коэффициент маневренности	0,08	0,09	+1

Характеристика каждого показателя, а также их нормативные значения представлены в табл. 2.9 [3, с. 85-86].

Таблица 2.9

ФИНАНСОВЫЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ ФИНАНСОВОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ (ОТНОСИТЕЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ)

Коэффициент	Характеристика	Расчет	Норматив
1. Коэффициент абсолютной ликвидности	Является наиболее жестким критерием платежеспособности. Показывает, какую часть краткосрочной задолженности учебное учреждение может погасить в ближайшее время	Отношение денежных средств вуза (средств учреждений) к обязательствам вуза	0,2 - 0,5. Превышение верхней границы для вуза не означает неэффективное использование средств, как обычно это принято понимать при анализе коммерческих предприятий
2. Коэффициент автономии	Показывает долю собственных средств в общей сумме средств предприятия	Отношение источников собственных средств к сумме всех средств предприятия	Минимальное значение 0,5. Это означает, что вуз покрывает все обязательства. Значение более 0,5 указывает на рост финансовой независимости
3. Коэффициент соотношения обязательств и собственных средств	Показывает долю обязательств на каждый рубль собственных средств	Отношение всех обязательств к собственным средствам	Менее 0,7. Превышение указывает на потерю финансовой устойчивости и зависимость от внешних источников средств
4. Коэффициент обеспеченности собственными оборотными средствами	Показывает наличие собственных оборотных средств у вуза, необходимых для его финансовой устойчивости	Отношение собственных оборотных средств к общей величине оборотных средств	Больше или равен 0,1. Чем выше показатель, тем лучше финансовое состояние
5. Коэффициент маневренности	Способность поддерживать уровень собственного оборотного капитала и пополнять оборотные средства за счет собственных источников	Отношение собственных оборотных средств к общей величине собственных средств	0,2-0,5

Определение системы весов показателей для комплексной оценки

Сопоставим каждому показателю X_i уровень его значимости для анализа p_i. Чтобы оценить этот уровень, нужно расположить все показатели по порядку убывания значимости так, чтобы выполнялось правило:

$$p_1 \geq p_2 \geq \ldots \geq p_N . \qquad (2.5)$$

Если система показателей проранжирована в порядке убывания их значимости, то значимость i-го показателя p_i следует определять по правилу Фишберна [26]:

$$p_i = \frac{2(N-i+1)}{(N+1)N} . \qquad (2.6)$$

Например, для системы с N = 5 для целей нашего анализа веса p_i имеют следующие значения: p_1 = 0,33; p_2 = 0,27; p_3 = 0,2; p_4 = 0,13; p_5 = 0,07.

Правило Фишберна отражает тот факт, что об уровне значимости показателей неизвестно ничего кроме (2.5).

Если же все показатели обладают равной значимостью (равнопредпочтительны или системы предпочтений нет), тогда: $p_i = 1/N$.

Классификация значений показателей

Определим лингвистическую переменную В «Уровень показателя X_i» с введением пяти термов:

- B_1 – «очень низкий уровень показателя X_i»;
- B_2 – «низкий уровень показателя X_i»;
- B_3 – «средний уровень показателя X_i»;
- B_4 – «высокий уровень показателя X_i»;
- B_5 – «очень высокий уровень показателя X_i».

Задача описания терм-множества $\{B\}$ – это задача формирования соответствующих функций принадлежности $\lambda_{B1\text{-}B5}(X_i)$ (рис. 2.6, а также рисунки в приложении 5). К примеру, способ классификации уровня показателя X_1 представлен табл. 2.10.

Таблица 2.10

КЛАССИФИКАЦИЯ УРОВНЯ ЗНАЧЕНИЙ КОЭФФИЦИЕНТА АБСОЛЮТНОЙ ЛИКВИДНОСТИ (X_1)

Интервал значений	Классификация уровня показателя	Функция принадлежности (аналитический вид)
$0 \le X_1 \le 0.10$	«Очень низкий»	1
$0.10 < X_1 < 0.20$	«Очень низкий»	$\lambda_{B1} = 10\ (0.20 - X_1)$
	«Низкий»	$1 - \lambda_{B1} = \lambda_{B2}$
$0.20 \le X_1 \le 0.25$	«Низкий»	1
$0.25 < X_1 < 0.30$	«Низкий»	$\lambda_{B2} = 20\ (0.30 - X_1)$
	«Средний»	$1 - \lambda_{B2} = \lambda_{B3}$
$0.30 \le X_1 \le 0.45$	«Средний»	1
$0.45 < X_1 < 0.50$	«Средний»	$\lambda_{B3} = 20\ (0.50 - X_1)$
	«Высокий»	$1 - \lambda_{B3} = \lambda_{B4}$
$0.50 \le X_1 \le 0.60$	«Высокий»	1
$0.60 < X_1 < 0.70$	«Высокий»	$\lambda_{B4} = 10\ (0.70 - X_1)$
	«Очень высокий»	$1 - \lambda_{B4} = \lambda_{B5}$
$X_1 \ge 0.70$	«Очень высокий»	1

Этой таблице соответствуют графики функций принадлежности (рис. 2.6).

Рис. 2.6. Функции принадлежности $\lambda_{B1\text{-}B5}(X_1)$ лингвистической переменной «Уровень значений коэффициента абсолютной ликвидности»

Таким образом, набор функций $\lambda_{B1\text{-}B5}\ (X_i)$ по каждому параметру X_i, построенный как развернутая экспертная оценка, является индивидуальной квалификацией объекта исследования, учитывающей не только специфику хозяйствующего субъекта, но и специфику периода, за который проводится анализ.

Классификации остальных показателей соответственно представлены в таблицах в приложении 6.

В результате получаем табл. 2.11, в клетках которой стоят *T*-числа $\{\gamma\}$, характеризующие соответствующие функции принадлежности.

Таблица 2.11

РЕЗУЛЬТАТЫ КЛАССИФИКАЦИИ УРОВНЯ ЗНАЧЕНИЙ ПОКАЗАТЕЛЕЙ X_I

X_i	*T*-числа $\{\gamma\}$ для значений лингвистической переменной *B* «Уровень показателя X_i»: «Очень низкий»	«Низкий»	«Средний»	«Высокий»	«Очень высокий»
X_1	(0,0,0.1,0.2)	(0.1,0.2,0.25, 0.3)	(0.25,0.3,0.4, 0.5)	(0.4,0.5,0.6,0.7)	(0.6,0.7,∞,∞)
X_2	(0,0,0.2,0.3)	(0.2,0.3,0.4,0.5)	(0.4,0.5,0.6,0.7)	(0.6,0.7,0.8,0.9)	(0.8,0.9,1,1)
X_3	(0,0,0.1,0.3)	(0.1,0.3,0.4,0.5)	(0.4,0.5,0.6,0.7)	(0.6,0.7,0.8,0.9)	(0.8,0.9,∞,∞)
X_4	(0,0,0.15, 0.25)	(0.15,0.25,0.35, 0.45)	(0.35,0.45,0.55, 0.65)	(0.55,0.65,0.75, 0.85)	(0.75,0.85,1,1)
X_5	(0,0,0.1,0.2)	(0.1,0.2,0.3,0.4)	(0.3,0.4,0.5,0.6)	(0.5,0.6,0.7,0.8)	(0.7,0.8,1,1)

Распознавание уровня показателей

На основе рис. 2.6, приложения 5, табл. 2.10, приложения 6, а также табл.2.8, в которой представлены численные значения показателей, осуществляется расчет значений функций принадлежности $\lambda_t(x_i^{I,II})$ для $t = B_1, B_2, \ldots, B_5$ и распознавание уровня показателей в первом периоде (табл. 2.12) и во втором периоде (табл. 2.12*) для нашего примера.

Таблица 2.12

РАСПОЗНАВАНИЕ УРОВНЯ ЗНАЧЕНИЙ ПОКАЗАТЕЛЕЙ X_I ДЛЯ ПЕРВОГО ПЕРИОДА

Показатель X_i	Функции принадлежности λ: $\lambda_{B1}(x_i^I)$	$\lambda_{B2}(x_i^I)$	$\lambda_{B3}(x_i^I)$	$\lambda_{B4}(x_i^I)$	$\lambda_{B5}(x_i^I)$
X_1	0	0	1	0	0
X_2	0	0	0	0	1
X_3	1	0	0	0	0
X_4	0	0	1	0	0
X_5	1	0	0	0	0

Таблица 2.12*

РАСПОЗНАВАНИЕ УРОВНЯ ЗНАЧЕНИЙ ПОКАЗАТЕЛЕЙ X_I ДЛЯ ВТОРОГО ПЕРИОДА

Показатель X_i	Функции принадлежности λ: $\lambda_{B1}(x_i^{II})$	$\lambda_{B2}(x_i^{II})$	$\lambda_{B3}(x_i^{II})$	$\lambda_{B4}(x_i^{II})$	$\lambda_{B5}(x_i^{II})$
X_1	0	1	0	0	0
X_2	0	0	0	0	1
X_3	0.95	0.05	0	0	0
X_4	0	0.10	0.90	0	0
X_5	1	0	0	0	0

Расчет комплексного показателя *V* и определение степени финансовой устойчивости вуза

1. Рассчитаем промежуточный коэффициент Y_t, $t = B_1, B_2, \ldots, B_5$ по следующей формуле [27]:

$$Y_t = \frac{\sum_{i=1}^{N} \delta_i p_i \lambda_t(x_i)}{\sum_{i=1}^{N} \delta_i p_i}, \qquad (2.7)$$

где *t* указывает на соответствующий элемент из терм-множества лингвистической переменной *B* «Уровень значений показателя X_i»;

δ_i определяется из табл. 2.8;

p_i рассчитывается по формуле (2.6);

$\lambda_t(x_i)$ находится в табл. 2.12.

Произведем расчеты по нашему примеру:

$$Y_{B1}^I = \frac{-1 * 0.2 * 1 + 1 * 0.07 * 1}{1 * 0.33 + 1 * 0.27 - 1 * 0.2 + 1 * 0.13 + 1 * 0.07} = \frac{-0.13}{0.6} = -0.22;$$

$$Y_{B3}^I = \frac{1 * 0.33 * 1 + 1 * 0.13 * 1}{1 * 0.33 + 1 * 0.27 - 1 * 0.2 + 1 * 0.13 + 1 * 0.07} = \frac{0.46}{0.6} = 0.77;$$

$$Y_{B5}^I = \frac{1 * 0.27 * 1}{1 * 0.33 + 1 * 0.27 - 1 * 0.2 + 1 * 0.13 + 1 * 0.07} = \frac{0.27}{0.6} = 0.45;$$

$$Y^{II}_{B1} = \frac{-1*0.2*0.95+1*0.07*1}{1*0.33+1*0.27-1*0.2+1*0.13+1*0.07} = \frac{-0.12}{0.6} = -0.2;$$

$$Y^{II}_{B2} = \frac{1*0.33*1-1*0.2*0.05+1*0.13*0.1}{1*0.33+1*0.27-1*0.2+1*0.13+1*0.07} = \frac{0.33}{0.6} = 0.56;$$

$$Y^{II}_{B3} = \frac{1*0.13*0.9}{1*0.33+1*0.27-1*0.2+1*0.13+1*0.07} = \frac{0.12}{0.6} = 0.20;$$

$$Y^{II}_{B5} = \frac{1*0.27*1}{1*0.33+1*0.27-1*0.2+1*0.13+1*0.07} = \frac{0.27}{0.6} = 0.45;$$

$$Y^{I}_{B2} = 0, Y^{I}_{B2} = 0, Y^{I}_{B4} = 0, Y^{II}_{B4} = 0 .$$

2. Рассчитаем комплексный показатель V по следующей формуле:

$$V = Y_{B1} \otimes \beta_{A1} + Y_{B2} \otimes \beta_{A2} + Y_{B3} \otimes \beta_{A3} + Y_{B4} \otimes \beta_{A4} + Y_{B5} \otimes \beta_{A5},$$

где знак « $\otimes$ » выражает операцию умножения действительного числа на нечеткое число, значения Y_t при $t = B_1, B_2, \dots, B_5$ вычисляются по формуле (2.7), ***T***-числа ***{β}*** описывают функции принадлежности лингвистической переменной ***A*** «Финансовая устойчивость вуза» (рис. 2.5). Таким образом, при расчете показателя ***V*** участвуют две введенные лингвистические переменные: лингвистическая переменная ***A*** «Финансовая устойчивость вуза» и лингвистическая переменная ***B*** «Уровень показателя X_i». Заметим, что в данном случае $k = t = 5$, где $k = A_1, A_2, \dots, A_5$, а $t = B_1, B_2, \dots, B_5$, однако могло быть и иначе.

Примечание. Операции с нечеткими числами [26, с. 230-231] вводятся следующим образом. Операция умножения действительного числа на ***T***-число есть операция умножения этого действительного числа на каждый компонент ***T***-числа, результатом которой является ***T***-число. Операция сложения ***T***-чисел есть операция стандартного покомпонентного сложения действительных чисел.

Рассчитаем комплексные показатели V_I и V_{II}:

$$V_I = (-0.22)*(0.0,0.0,0.15,0.25) + 0.77 * (0.35,0.45,0.55,0.65) + 0.45*(0.75,0.85,1.0,1.0) = (0.0,0.0,-0.03,-0.05) + (0.27,0.35,0.42,0.49) + (0.34,0.38,0.45,0.45) = (0.61,0.73,0.81,0.93);$$

$$V_{II} = (-0.2)*(0.0,0.0,0.15,0.25) + 0.56 * (0.15,0.25,0.35,0.45) + 0.2*(0.35,0.45,0.55,0.65) + 0.45 \cdot (0.75,0.85,1.0,1.0) = (0.0,0.0,-0.03,-0.05) + (0.08,0.14,0.19,0.25) + (0.07,0.09,0.11,0.13) + (0.34,0.38,0.45,0.45) = (0.49,0.61,0.72,0.78).$$

Переход от нечеткого числа ***V*** к действительному виду (дефаззификация), пригодному для использования ЛПР, можно осуществить следующим образом [27]:

$$V = \tilde{\beta}(a_1, a_2, a_3, a_4) = \frac{a_2 + a_3}{2}. \qquad (2.8)$$

С учетом (2.8):

$$V_I = \frac{0.73+0.81}{2} = 0.77;$$

$$V_I = \frac{0.61+0.72}{2} = 0.67 .$$

Существуют и другие способы [48, с. 12] перехода от нечеткого числа ***V*** к действительному виду.

3. Проведем распознавание степени устойчивости вуза. По графикам функций принадлежности ***{μ}*** (рис. 2.5) формируем табл. 2.13, на основании которой анализируем числовые значения V_I и V_{II} и с определенной степенью уверенности делаем вывод о степени финансовой устойчивости вуза.

Таблица 2.13

УРОВНИ ФИНАНСОВОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ВУЗА

Интервал значений	Классификация уровня показателя	Степень оценочной уверенности (функция принадлежности)
$0 \le V \le 0.15$	«Кризисное финансовое состояние»	1
$0.15 < V < 0.25$	«Кризисное финансовое состояние»	$\lambda_{B1} = 10\ (0.25 - V)$
	«Неустойчивое финансовое состояние»	$1 - \lambda_{B1} = \lambda_{B2}$
$0.25 \le V \le 0.35$	«Неустойчивое финансовое состояние»	1
$0.35 < V < 0.45$	«Неустойчивое финансовое состояние»	$\lambda_{B2} = 10\ (0.45 - V)$
	«Среднее финансовое состояние»	$1 - \lambda_{B2} = \lambda_{B3}$
$0.45 \le V \le 0.55$	«Среднее финансовое состояние»	1
$0.55 < V < 0.65$	«Среднее финансовое состояние»	$\lambda_{B3} = 10\ (0.65 - V)$
	«Нормальная финансовая устойчивость»	$1 - \lambda_{B3} = \lambda_{B4}$
$0.65 \le V \le 0.75$	«Нормальная финансовая устойчивость»	1
$0.75 < V < 0.85$	«Нормальная финансовая устойчивость»	$\lambda_{B4} = 10\ (0.85 - V)$
	«Абсолютная финансовая устойчивость»	$1 - \lambda_{B4} = \lambda_{B5}$
$0.85 \le V \le 1.0$	«Абсолютная финансовая устойчивость»	1

Результат распознавания сведен в табл. 2.14.

Финансовая устойчивость НГТУ на 1 января 2004 г. признается нормальной с уровнем соответствия μ_4 = 0,80 (т.е. на 80 % лингвистическая переменная «Финансовая устойчивость вуза» принадлежит терм-множеству «Нормальная финансовая устойчивость»), а также признается абсолютной с уровнем соответствия лишь μ_5 = 0,20. На 1 января 2005 г. степень финансовой устойчивости признается нормальной со 100% уверенностью. Сравнивая V_I и V_{II}, делаем вывод, что финансовое состояние вуза ухудшилось, т.к. $V_I > V_{II}$.

Недостатком метода является субъективизм (часто не совсем обоснованный) экспертов при классификации показателей, построении функций принадлежности. Эксперт исходит из собственных соображений, экономических или иных предпочтений, которые могут быть деформированы искаженными ожиданиями и пристрастиями.

Таблица 2.14

РАСПОЗНАВАНИЕ УРОВНЯ ФИНАНСОВОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ВУЗА

Значение комплексного показателя *V* для двух периодов	Интервал значений, в который попадает комплексный показателя *V* для двух периодов	Классификация уровня показателя	Степень оценочной уверенности
$V_I = 0.77$	$0.75 < V_I < 0.85$	«Нормальная финансовая устойчивость»	$\mu_{A4} = 10 * (0.85 - 0.77) = 0.80$
		«Абсолютная финансовая устойчивость»	$\mu_{A5} = 1 - 0.80 = 0.20$
$V_{II} = 0.67$	$0.65 \le V_{II} \le 0.75$	«Нормальная финансовая устойчивость»	1

Ниже перечислены основные преимущества применения методов нечетких множеств для решения слабо формализованных задач, к которым можно отнести и задачи управления вузом [12].

- Данный подход позволяет использовать всю доступную неоднородную информацию (детерминированную, интервальную, статистическую, лингвистическую), что повышает достоверность и качество принимаемых стратегических решений.
- Данный метод позволяет получить оценку как в виде точечного значения, так и в виде множества интервальных значений со своим распределением возможностей, характеризующимся функцией принадлежности соответствующего нечеткого числа, что позволяет оценить интегральную меру возможности получения отрицательных результатов, т.е. помогает получить степень риска принятия неправильных решений, вложений в неэффективные инвестиционные проекты, программы и т.д.
- Нечеткий подход не требует абсолютно точного задания функций принадлежности. Результат, получаемый на основе аппарата теории нечетких множеств, характеризуется низкой чувствительностью (высокой робастностью, т.е. устойчивостью) к изменению вида функций принадлежности исходных нечетких чисел, что в реальных условиях низкого качества исходной информации делает применение данного метода более привлекательным.
- Вычисление оценок на основе нечетких множеств оказывается эффективным в ситуациях, когда исходная информация основана на малых статистических выборках, т.е. в случаях, когда вероятностные оценки не могут быть получены, что всегда имеет место при последующем перспективном анализе, проводимом при отсутствии достаточной информационной базы.
- Реализация нечеткого подхода на основе интервальной арифметики предоставляет широкие возможности для применения данного метода в инвестиционном анализе, что обусловлено фактически отсутствием конкурентоспособных подходов к созданию надежного (в смысле гарантированности) инструментального средства для решения численных задач.
- Нечетко-множественный подход учитывает все возможные сценарии развития событий в отличие от других подходов, например, от схемы Гурвица, настроенной на конечное дискретное множество сценариев.
- Характеризуется простотой выявления экспертных знаний.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе обобщена и структурирована содержащаяся в различной литературе информация о современных и классических методах прикладной статистики. Сделана попытка применить числовые и нечисловые методы к решению конкретных задач, которые могут возникнуть в процессе управления вузом.

Задачи управления вузом – это слабо структурированные, мало исследуемые и трудно решаемые задачи. Недостаток работ и исследований в этой области, а также отсутствие своевременной, актуальной и достоверной информации вынуждает руководителя принимать решения в условиях неопределенности и риска.

Для решения задач управления образованием, в частности вузом, можно применять самые различные методы прикладной статистики – все зависит от вида и качества исходных данных.

Эконометрические методы довольно широко применяются на практике для решения задач управления вузом. Но как показали многочисленные исследования, далеко не все методы правомерно использовать. Существующие ограничения по применению параметрических методов не всегда позволяют получить обоснованный, точный и адекватный результат. Поэтому всю большую роль начинают играть современные методы оценивания – непараметрические.

Параметрические методы – методы, основанные на параметрах, для которых необходимы данные «высокого качества» из выборок большого объема. Непараметрические методы – методы, для которых не нужны параметры, они свободны от распределения данных и имеют менее жесткие ограничения.

Одновременное применение непараметрических и параметрических методов исследования обеспечивает более полное и реалистичное понимание сущности и динамики протекающих процессов в экономике, образовании, социологии, психологии и т.д.

В настоящее время наблюдается бурный рост исследований, посвященных поиску новых, альтернативных методов анализа, прогнозирования. Применение различных экспертных систем сегодня незаменимы при решении сложных задач оценивания и выбора стратегий развития социальных объектов, в том числе системы образования, при анализе и прогнозировании ситуаций с большим числом значимых факторов – всюду, когда необходимо привлечение знаний, интуиции и опыта многих высококвалифицированных специалистов-экспертов.

Нечетко-множественный подход – еще одно современное направление науки и практики. Он позволяет решать различные слабо формализованные задачи, к которым и относятся задачи управления вузом. Методы теории нечетких множеств используют всю доступную информацию, как количественную, так и качественную, что очень важно, т.к. человеку не свойственно мыслить числами, ему гораздо привычнее давать оценки качественного характера.

Однако методы, основанные на экспертных знаниях и оценках, также имеют свои недостатки. Один из них – это появление субъективизма. Возникает проблема достоверности субъективных оценок эксперта. Эксперт исходит из собственных соображений, экономических или иных предпочтений, которые могут быть деформированы искаженными ожиданиями и пристрастиями.

Применение широкого спектра методов числовой и нечисловой статистики к социально-экономическому объекту, сильно подверженному влиянию человеческого фактора – вузу, наводит на следующие размышления.

Предвосхищая возможную критику сложности и неоднозначности применения громоздких методов для анализа социально-экономических связей «вуз – регион», отметим, что их использование есть в некоторой степени проявление интеграции общественно-гуманитарного и естественно-научного знания, о котором говорил ещё Ч. Сноу в 1959г. в своей лекции «Две культуры и научная революция». Возможное их неприятие можно объяснить последствиями разрыва «двух культур», выражающееся в разрыве технологий (и естествознания как теоретической базы технологий) и образованностью народа [14, с. 17]. Кстати, этот тезис как нельзя лучше актуализирует исследования в области образования.

Отсюда вывод – для того, чтобы осознать необходимость применения сложных методов, следует попытаться их применить, поскольку без конкретных количественных данных, описывающих функционирование объекта, не всегда возможно определить практическую значимость применяемых методов, даже если целью является выявление преимущественно качественных закономерностей [41, с. 67]. Это объясняется разделением концептуального и прикладного аспектов инструментария, применяемого для социально-экономических исследований: первичной является содержательная составляющая, определяющая постановку задачи и ключевые предпосылки, а математически выраженный результат интересен только с позиции его экономической интерпретации [10, с. 4].

Применение широкого спектра методов, в том числе громоздких с вычислительной точки зрения, как это ни покажется странным, приводит к осознанию важности интуитивных, внелогических элементов теории, упомянутых К.Геделем в теореме о неполноте (1931 г.), утверждающей, что описание мира не исчерпывается формальными построениями математического языка, а человеческий разум способен формулировать и не доказанные строго предположения, которые постепенно приближаются к описанию природы [14, с. 19]. Созвучное, хотя и более узкое по смыслу, утверждение имеется и у современных эконометристов: «Если в стохастической системе удается строить прогнозы, то это только означает, что нащупана (выделено авт.) детерминированная структура, суть или стержень системы или процесса, и эта суть прогнозируется (экстраполируется «назад» или «вперед») в море случайностей (временных, пространственных, структурных). Таким образом, прогнозирование базируется на неявном детерминизме существа объекта или процесса, «прорывающегося» сквозь случайно проявляющиеся и измеряемые параметры [10, с. 18]. «Постепенность приближения» к реальности напрашивается рассматривать в смысле концепции «третьего мира» К. Поппера о несводимости научных теорий к их эмпирическому базису, в которой рост знания как объективный процесс рассматривается как выдвижение проблем и нахождение их пробных решений [4, с. 20]. В этом случае пробные решения должны быть хотя бы правдоподобными, справедливость которых подтверждена только опытом, практикой применения, а не выведена из других, более общих истинных или признающихся истинными утверждений (например, аксиома рационального экономического поведения). Каждый результат, подтверждающий такое утверждение, одновременно в большей или меньшей степени увеличивает степень его правдоподобия [9, с. 95]. Например, в нашем случае, на основании проведенных расчетов и с учетом признающегося истинным принципа полного использования полезной информации А.А. Фельдбаума возможно усомниться в преимуществах применения непараметрических регрессий перед стандартной, даже при нарушении требований к применению последней, а, значит, подходить к выбору методов крайне осторожно – возможно, соотнося эффект от содержательной составляющей с допускаемой некорректностью в формальной составляющей.

Приложение 1

Статистические данные, используемые для построения моделей

Таблица П1

ДАННЫЕ ПО МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Год	Показатель										
	$N^p_{ч.нас}$,	$N^p_{ЭА}$,	$N^p_{ЭА\ безраб}$,	$N^p_{ЭА\ зан}$,	$Д^p_{ср.душ}$,	$N^p_{школ}$,	$N^p_{ССУЗов}$,	$N^p_{ВУЗов}$,	$N^p_{студ.\ ВУЗов}$	$ВРП^p$,	$V^p_{ИНВ\ ок.}$,
	Чел	Чел	Чел	Чел	Руб.	Уч з.	Уч з.	Уч з.	Тыс. чел	Млн. руб	Млн. руб
1999	6 653 499	3 364 009	493 500	2 870 509	1 927,96	1702	645	29	122,38	136 781,6	37 124
2000	6 628 173	3 377 054	329 572	3 047 482	2 281,1	1657	649	31	132,9	180 221,3	50 729
2001	6 613 469	3 228 035	284 195	2 943 840	3 062	1639	644	31	154,8	237 456,8	52 701
2002	6 609 152	3 295 705	284 561	3 011 144	3 947,2	1636	676	29	131	312 869,4	71 787
2003	6 616 879	3 341 121	271 633	3 069 488	5 170,4	1627	674	28	134,4	412 231,8	105 176,1
2004	6 622 017	3 369 573	280 878	3 088 695	6 410,3	1631	673	29	143,8	543 150,1	135 993,7
2005	6 629 703	3 431 481	256 087	3 175 395	8 023,2	1615	697	31	155,4	715 646,1	162 016,5
2006	6 628 107	3 532 118	124 331	3 407 788	9 636,1	1543	697	31	155,4	942 924,1	162 016,5

Обозначения использованных показателей: $ВРП^p$ – валовый региональный продукт; $N^p_{ч.нас}$ – численность населения региона на начало года; $N^p_{ЭА}$ – численность экономически активного населения региона; $N^p_{ЭА\ безраб}$ – численность экономически активного безработного населения региона; $N^p_{ЭА\ зан}$ – численность экономически активного занятого населения региона; $Д^p_{ср.душ}$ – среднедушевые денежные доходы населения региона в месяц; $V^p_{ИНВ\ ок.}$ – инвестиций в основной капитал; $N^p_{школ}$ – количество школ в регионе; $N^p_{ССУЗов}$ – численность учебных заведений среднего профессионального образования в регионе; $N^p_{ВУЗов}$ – число ВУЗов в регионе; $N^p_{студ.\ ВУЗов}$ – средняя численность студентов всех ВУЗов региона за год.

Таблица П2

ДАННЫЕ ПО УНИВЕРСИТЕТУ «ДУБНА»

Год	Показатель									
	$N^y_{студ.ср}$	$N^y_{студ.в}$	$N^y_{студ.п}$	$N^y_{ППС}$	$N^y_{спец}$	$N^y_{публ.у}$	$N^y_{публ.м}$	$N^y_{п..вс}$	$N^y_{к\ шк.}$	$N^y_{НИР}$
1999	1295	175	384	187	21	10	1	11	353	6
2000	1393	197	383	307	24	7	3	10	425	10
2001	1538	176	385	389	26	25	5	30	350	17
2002	1706	220	434	338	28	26	6	32	423	15
2003	1893	274	393	353	29	25	5	30	450	18
2004	2067	267	496	376	30	10	8	18	470	24
2005	2135	317	459	383	32	21	6	27	814	21
2006	2312	273	511	461	34	22	6	28	884	19

Обозначения использованных показателей: $N^{у}_{студ.ср}$ – численность студентов на начало учебного года; $N^{у}_{студ.в}$ – численность выпускников–специалистов за год; $N^{у}_{студ.п}$ – число студентов, поступивших в данном году на первый курс университета; $N^{у}_{ППС}$ – численность профессорско–преподавательского состава на начало учебного года; $N^{у}_{спец}$ – количество специальностей, по которым проводится обучение в университете; $N^{у}_{публ.\,у}$ – количество учебников и учебных пособий, изданных университетом за календарный год, измеряется без учета тиража и объема; $N^{у}_{п..вс}$ – все издания университета за год, измеряются без учета тиража и объема; $N^{у}_{публ.\,м}$ – количество монографий, выпущенных университетом за календарный год, измеряется без учета тиража и объема; $N^{у}_{НИР}$ – число проведенных научных исследований за год; $N^{у}_{к\,шк.}$ – количество школьников, прошедших обучение на курсах для поступления в данный ВУЗ в течение года.

Приложение 2

Корреляционные матрицы для оценки взаимовлияния университета и региона

Таблица П3

КОРРЕЛЯЦИОННАЯ МАТРИЦА ПИРСОНА (ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД)

Показатели	Nст_ср	Nст_в	Nст_п	NППС	Nспец	Nп_у	Nп_м	Nп_вс	Nк_шк	Nнир	N нас	Nэа	Nэа без	Nэа_зан	Дср_душ	Nшк	Nссуз	Nвуз	Nст_вуз	ВРП	Vинвок
Nст_ср	1,00	0,90	0,87	0,81	0,98	0,37	0,80	0,52	0,82	0,85	-0,27	0,62	-0,83	0,86	0,98	-0,87	0,92	0,10	0,67	0,96	0,98
Nст_в	0,90	1,00	0,68	0,59	0,86	0,27	0,66	0,39	0,77	0,76	-0,16	0,59	-0,63	0,72	0,87	-0,65	0,91	-0,02	0,49	0,83	0,94
Nст_п	0,87	0,68	1,00	0,66	0,83	0,08	0,75	0,25	0,74	0,71	-0,10	0,66	-0,68	0,79	0,88	-0,75	0,80	0,15	0,54	0,88	0,86
NППС	0,81	0,59	0,66	1,00	0,89	0,53	0,80	0,66	0,65	0,82	-0,61	0,32	-0,97	0,78	0,78	-0,92	0,66	0,41	0,86	0,78	0,73
Nспец	0,98	0,86	0,83	0,89	1,00	0,48	0,82	0,62	0,82	0,85	-0,41	0,56	-0,91	0,88	0,96	-0,92	0,92	0,19	0,72	0,94	0,94
Nп_у	0,37	0,27	0,08	0,53	0,48	1,00	0,38	0,98	0,23	0,38	-0,63	-0,20	-0,53	0,22	0,32	-0,48	0,41	-0,04	0,40	0,30	0,24
Nп_м	0,80	0,66	0,75	0,80	0,82	0,38	1,00	0,58	0,41	0,95	-0,67	0,12	-0,74	0,53	0,69	-0,65	0,65	0,00	0,61	0,64	0,72
Nп_вс	0,52	0,39	0,25	0,66	0,62	0,98	0,58	1,00	0,30	0,56	-0,72	-0,15	-0,65	0,32	0,45	-0,58	0,52	-0,04	0,50	0,42	0,38
Nк_шк	0,82	0,77	0,74	0,65	0,82	0,23	0,41	0,30	1,00	0,49	0,08	0,85	-0,71	0,91	0,91	-0,82	0,87	0,47	0,66	0,93	0,87
Nнир	0,85	0,76	0,71	0,82	0,85	0,38	0,95	0,56	0,49	1,00	-0,55	0,19	-0,73	0,56	0,76	-0,67	0,67	0,04	0,72	0,71	0,81
N нас	-0,27	-0,16	-0,10	-0,61	-0,41	-0,63	-0,67	-0,72	0,08	-0,55	1,00	0,43	0,57	-0,12	-0,13	0,38	-0,20	0,05	-0,32	-0,09	-0,13
Nэа	0,62	0,59	0,66	0,32	0,56	-0,20	0,12	-0,15	0,85	0,19	0,43	1,00	-0,44	0,83	0,73	-0,60	0,67	0,29	0,28	0,77	0,70
Nэа без	-0,83	-0,63	-0,68	-0,97	-0,91	-0,53	-0,74	-0,65	-0,71	-0,73	0,57	-0,44	1,00	-0,87	-0,81	0,97	-0,74	-0,36	-0,75	-0,81	-0,75
Nэа_зан	0,86	0,72	0,79	0,78	0,88	0,22	0,53	0,32	0,91	0,56	-0,12	0,83	-0,87	1,00	0,91	-0,94	0,83	0,38	0,62	0,94	0,85
Дср_душ	0,98	0,87	0,88	0,78	0,96	0,32	0,69	0,45	0,91	0,76	-0,13	0,73	-0,81	0,91	1,00	-0,88	0,93	0,22	0,70	1,00	0,98
Nшкол	-0,87	-0,65	-0,75	-0,92	-0,92	-0,48	-0,65	-0,58	-0,82	-0,67	0,38	-0,60	0,97	-0,94	-0,88	1,00	-0,79	-0,36	-0,73	-0,90	-0,80
Nссуз	0,92	0,91	0,80	0,66	0,92	0,41	0,65	0,52	0,87	0,67	-0,20	0,67	-0,74	0,83	0,93	-0,79	1,00	0,08	0,50	0,91	0,92
Nвуз	0,10	-0,02	0,15	0,41	0,19	-0,04	0,00	-0,04	0,47	0,04	0,05	0,29	-0,36	0,38	0,22	-0,36	0,08	1,00	0,65	0,28	0,16
Nст_вуз	0,67	0,49	0,54	0,86	0,72	0,40	0,61	0,50	0,66	0,72	-0,32	0,28	-0,75	0,62	0,70	-0,73	0,50	0,65	1,00	0,70	0,66
ВРП	0,96	0,83	0,88	0,78	0,94	0,30	0,64	0,42	0,93	0,71	-0,09	0,77	-0,81	0,94	1,00	-0,90	0,91	0,28	0,70	1,00	0,96
Vинвок	0,98	0,94	0,86	0,73	0,94	0,24	0,72	0,38	0,87	0,81	-0,13	0,70	-0,75	0,85	0,98	-0,80	0,92	0,16	0,66	0,96	1,00

Таблица П4

КОРРЕЛЯЦИОННАЯ МАТРИЦА СПИРМЕНА (НЕПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД)

Показатели	Nст_ср	Nст_в	Nст_п	NППС	Nспец	Nп_у	Nп_м	Nп_вс	Nк_шк	Nнир	N нас	Nэа	Nэа без	Nэа_зан	Дср_душ	Nшкол	Nссуз	Nвуз	Nст_вуз	ВРП	Vинвок
Nст_ср	1,00	0,86	0,93	0,76	1,00	0,23	0,81	0,29	0,88	0,88	-0,10	0,55	-0,95	0,93	1,00	-0,98	0,83	0,16	0,80	1,00	0,99
Nст_в	0,86	1,00	0,67	0,48	0,86	0,20	0,60	0,25	0,83	0,76	-0,02	0,48	-0,86	0,86	0,86	-0,90	0,84	-0,04	0,62	0,86	0,89
Nст_п	0,93	0,67	1,00	0,69	0,93	0,27	0,90	0,32	0,76	0,83	-0,17	0,43	-0,81	0,79	0,93	-0,86	0,74	0,03	0,65	0,93	0,91
NППС	0,76	0,48	0,69	1,00	0,76	0,35	0,58	0,40	0,48	0,71	-0,26	0,24	-0,83	0,62	0,76	-0,74	0,38	0,48	0,93	0,76	0,74
Nспец	1,00	0,86	0,93	0,76	1,00	0,23	0,81	0,29	0,88	0,88	-0,10	0,55	-0,95	0,93	1,00	-0,98	0,83	0,16	0,80	1,00	0,99
Nп_у	0,23	0,20	0,27	0,35	0,23	1,00	0,25	0,99	-0,17	0,07	-0,78	-0,57	-0,29	-0,07	0,23	-0,33	0,25	-0,24	0,11	0,23	0,22
Nп_м	0,81	0,60	0,90	0,58	0,81	0,25	1,00	0,33	0,61	0,85	-0,36	0,25	-0,64	0,68	0,81	-0,70	0,62	0,01	0,54	0,81	0,82
Nп_вс	0,29	0,25	0,32	0,40	0,29	0,99	0,33	1,00	-0,12	0,16	-0,83	-0,55	-0,34	-0,01	0,29	-0,37	0,28	-0,24	0,16	0,29	0,28
Nк_шк	0,88	0,83	0,76	0,48	0,88	-0,17	0,61	-0,12	1,00	0,74	0,26	0,83	-0,81	0,98	0,88	-0,86	0,83	0,16	0,63	0,88	0,87
Nнир	0,88	0,76	0,83	0,71	0,88	0,07	0,85	0,16	0,74	1,00	-0,12	0,38	-0,83	0,81	0,88	-0,81	0,54	0,07	0,78	0,88	0,90
N нас	-0,10	-0,02	-0,17	-0,26	-0,10	-0,78	-0,36	-0,83	0,26	-0,12	1,00	0,67	0,10	0,12	-0,10	0,12	0,02	0,26	0,00	-0,10	-0,07
Nэа	0,55	0,48	0,43	0,24	0,55	-0,57	0,25	-0,55	0,83	0,38	0,67	1,00	-0,48	0,76	0,55	-0,50	0,59	0,44	0,47	0,55	0,54
Nэа без	-0,95	-0,86	-0,81	-0,83	-0,95	-0,29	-0,64	-0,34	-0,81	-0,83	0,10	-0,48	1,00	-0,88	-0,95	0,98	-0,73	-0,20	-0,87	-0,95	-0,95
Nэа_зан	0,93	0,86	0,79	0,62	0,93	-0,07	0,68	-0,01	0,98	0,81	0,12	0,76	-0,88	1,00	0,93	-0,90	0,80	0,25	0,75	0,93	0,92
Дср_душ	1,00	0,86	0,93	0,76	1,00	0,23	0,81	0,29	0,88	0,88	-0,10	0,55	-0,95	0,93	1,00	-0,98	0,83	0,16	0,80	1,00	0,99
Nшкол	-0,98	-0,90	-0,86	-0,74	-0,98	-0,33	-0,70	-0,37	-0,86	-0,81	0,12	-0,50	0,98	-0,90	-0,98	1,00	-0,85	-0,10	-0,78	-0,98	-0,97
Nссуз	0,83	0,84	0,74	0,38	0,83	0,25	0,62	0,28	0,83	0,54	0,02	0,59	-0,73	0,80	0,83	-0,85	1,00	0,07	0,47	0,83	0,83
Nвуз	0,16	-0,04	0,03	0,48	0,16	-0,24	0,01	-0,24	0,16	0,07	0,26	0,44	-0,20	0,25	0,16	-0,10	0,07	1,00	0,58	0,16	0,16
Nст_вуз	0,80	0,62	0,65	0,93	0,80	0,11	0,54	0,16	0,63	0,78	0,00	0,47	-0,87	0,75	0,80	-0,78	0,47	0,58	1,00	0,80	0,81
ВРП	1,00	0,86	0,93	0,76	1,00	0,23	0,81	0,29	0,88	0,88	-0,10	0,55	-0,95	0,93	1,00	-0,98	0,83	0,16	0,80	1,00	0,99
Vинвок	0,99	0,89	0,91	0,74	0,99	0,22	0,82	0,28	0,87	0,90	-0,07	0,54	-0,95	0,92	0,99	-0,97	0,83	0,16	0,81	0,99	1,00

Таблица П5

КОРРЕЛЯЦИОННАЯ МАТРИЦА КЕНДАЛЛА (НЕПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД)

Показатели	Nст_ср	Nст_в	Nст_п	NППС	Nспец	Nп_у	Nп_м	Nп_вс	Nк_шк	Nнир	N нас	Nэа	Nэа без	Nэа_зан	Дср_душ	Nшкол	Nссуз	Nвуз	Nст_вуз	ВРП	Vинвок
Nст_ср	1,00	0,71	0,79	0,71	1,00	0,15	0,69	0,18	0,79	0,71	0,00	0,50	-0,86	0,86	1,00	-0,93	0,62	0,13	0,69	1,00	0,98
Nст_в	0,71	1,00	0,50	0,43	0,71	0,15	0,46	0,18	0,64	0,57	0,00	0,36	-0,71	0,71	0,71	-0,79	0,69	-0,04	0,47	0,71	0,76
Nст_п	0,79	0,50	1,00	0,50	0,79	0,22	0,77	0,25	0,57	0,64	-0,07	0,29	-0,64	0,64	0,79	-0,71	0,55	0,04	0,47	0,79	0,76
NППС	0,71	0,43	0,50	1,00	0,71	0,22	0,46	0,25	0,50	0,57	-0,14	0,21	-0,71	0,57	0,71	-0,64	0,33	0,39	0,84	0,71	0,69
Nспец	1,00	0,71	0,79	0,71	1,00	0,15	0,69	0,18	0,79	0,71	0,00	0,50	-0,86	0,86	1,00	-0,93	0,62	0,13	0,69	1,00	0,98
Nп_у	0,15	0,15	0,22	0,22	0,15	1,00	0,12	0,98	-0,07	-0,15	-0,67	-0,37	-0,15	0,00	0,15	-0,22	0,19	-0,18	0,04	0,15	0,11
Nп_м	0,69	0,46	0,77	0,46	0,69	0,12	1,00	0,16	0,46	0,77	-0,31	0,15	-0,54	0,54	0,69	-0,62	0,47	0,00	0,47	0,69	0,71
Nп_вс	0,18	0,18	0,25	0,25	0,18	0,98	0,16	1,00	-0,04	-0,11	-0,69	-0,33	-0,18	0,04	0,18	-0,25	0,22	-0,18	0,07	0,18	0,15
Nк_шк	0,79	0,64	0,57	0,50	0,79	-0,07	0,46	-0,04	1,00	0,50	0,21	0,71	-0,64	0,93	0,79	-0,71	0,69	0,13	0,62	0,79	0,76
Nнир	0,71	0,57	0,64	0,57	0,71	-0,15	0,77	-0,11	0,50	1,00	0,00	0,21	-0,71	0,57	0,71	-0,64	0,40	0,04	0,62	0,71	0,76
N нас	0,00	0,00	-0,07	-0,14	0,00	-0,67	-0,31	-0,69	0,21	0,00	1,00	0,50	0,00	0,14	0,00	0,07	-0,04	0,22	0,04	0,00	0,04
Nэа	0,50	0,36	0,29	0,21	0,50	-0,37	0,15	-0,33	0,71	0,21	0,50	1,00	-0,36	0,64	0,50	-0,43	0,40	0,39	0,33	0,50	0,47
Nэа без	-0,86	-0,71	-0,64	-0,71	-0,86	-0,15	-0,54	-0,18	-0,64	-0,71	0,00	-0,36	1,00	-0,71	-0,86	0,93	-0,62	-0,13	-0,69	-0,86	-0,84
Nэа_зан	0,86	0,71	0,64	0,57	0,86	0,00	0,54	0,04	0,93	0,57	0,14	0,64	-0,71	1,00	0,86	-0,79	0,62	0,22	0,69	0,86	0,84
Дср_душ	1,00	0,71	0,79	0,71	1,00	0,15	0,69	0,18	0,79	0,71	0,00	0,50	-0,86	0,86	1,00	-0,93	0,62	0,13	0,69	1,00	0,98
Nшкол	-0,93	-0,79	-0,71	-0,64	-0,93	-0,22	-0,62	-0,25	-0,71	-0,64	0,07	-0,43	0,93	-0,79	-0,93	1,00	-0,69	-0,04	-0,62	-0,93	-0,91
Nссуз	0,62	0,69	0,55	0,33	0,62	0,19	0,47	0,22	0,69	0,40	-0,04	0,40	-0,62	0,62	0,62	-0,69	1,00	0,04	0,33	0,62	0,63
Nвуз	0,13	-0,04	0,04	0,39	0,13	-0,18	0,00	-0,18	0,13	0,04	0,22	0,39	-0,13	0,22	0,13	-0,04	0,04	1,00	0,49	0,13	0,13
Nст_вуз	0,69	0,47	0,47	0,84	0,69	0,04	0,47	0,07	0,62	0,62	0,04	0,33	-0,69	0,69	0,69	-0,62	0,33	0,49	1,00	0,69	0,70
ВРП	1,00	0,71	0,79	0,71	1,00	0,15	0,69	0,18	0,79	0,71	0,00	0,50	-0,86	0,86	1,00	-0,93	0,62	0,13	0,69	1,00	0,98
Vинвок	0,98	0,76	0,76	0,69	0,98	0,11	0,71	0,15	0,76	0,76	0,04	0,47	-0,84	0,84	0,98	-0,91	0,63	0,13	0,70	0,98	1,00

Приложение 3

Параметры модели «Взаимовлияние вуза и региона»

1. $N^{у}_{спец} = 16{,}84 + 0{,}008 * N^{у}_{студ.ср} - 0{,}00001 * N^{р}_{ЭА\_безраб}$.

Скорректированный коэффициент детерминации $\overline{R}^2$ = 0,9845

Таблица П6

РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНИВАНИЯ УРАВНЕНИЯ 1

Regression Summary for Dependent Variable: Nспец, Adjusted R^2= 0,98453487, F(2,5) = 223,82				
Составляющие спецификации	Оценки параметров	Std.Err.	t(5)	p-level
Intercept	16,84025	2,649073	6,35703	0,001423
Nстуд_ср	0,00832	0,000967	8,60444	0,000350
Nэа безраб	-0,00001	0,000004	-3,67512	0,014366

2. $N^{у}_{НИР} = 7{,}225087 + 0{,}000093 * V^{р}_{ИНВ.ок}$.

Скорректированный коэффициент детерминации $\overline{R}^2$ = 0,61

Таблица П7

РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНИВАНИЯ УРАВНЕНИЯ 2

Regression Summary for Dependent Variable: Nнир, Adjusted R^2= 0,60470273, F(1,6) = 11,708 p				
Составляющие спецификации	Оценки параметров	Std.Err.	t(6)	p-level
Intercept	7,225087	2,940610	2,457003	0,049320
Vинвок	0,000093	0,000027	3,421724	0,014114

3. $ВРП^{р} = -2651610 + 452 \cdot N^{у}_{студ.ср} + N^{р}_{ЭА\_зан}$.

Скорректированный коэффициент детерминации $\overline{R}^2$ = 0,95

Таблица П8

РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНИВАНИЯ УРАВНЕНИЯ 3

Regression Summary for Dependent Variable: ВРП, Adjusted R^2= 0,95315741, F(2,5) = 72,218				
Составляющие спецификации	Оценки параметров	Std.Err.	t(5)	p-level
Intercept	-2 651 610	682927,1	-3,88271	0,011610
Nстуд_ср	452	123,9	3,64998	0,014749
Nэа_зан	1	0,3	2,63162	0,046443

4. $V^{р}_{ИНВ.ок} = -55055{,}0 + 450{,}1 * N^{у}_{студ.в} + 0{,}1 * ВРП^{р}$.

Скорректированный коэффициент детерминации $\overline{R}^2$ = 0,98

Таблица П9

РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНИВАНИЯ УРАВНЕНИЯ 4

Regression Summary for Dependent Variable: Vинвок, Adjusted R^2 = 0,97731300, F(2,5)=151,77				
Сос-ие спецификации	Оценки параметров	Std.Err.	t(5)	p-level
Intercept	-55055,0	17550,82	-3,13689	0,025756
Nстуд_в	450,1	98,38	4,57532	0,005973
ВРП	0,1	0,02	5,67930	0,002357

5. $N^{у}_{студ.ср} = -8774{,}94 + 15{,}78 * N^{р}_{ССУЗов}$.

Скорректированный коэффициент детерминации $\overline{R}^2$ = 0,83

Таблица П10

РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНИВАНИЯ УРАВНЕНИЯ 5

Regression Summary for Dependent Variable: Nстуд_ср, Adjusted R^2= 0,82806720, F(1,6)=34,714				
Сос-ие спецификации	Оценки параметров	Std.Err.	t(6)	p-level
Intercept	-8773,36	1794,103	-4,89011	0,002738
Nссуз	15,78	2,679	5,89182	0,001061

6. $N^{у}_{студ.ср} = 1136{,}272 + 0{,}13 * Д^{р}_{ср.душ}$.

Скорректированный коэффициент детерминации $\overline{R}^2$ = 0,95

Таблица П11

РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНИВАНИЯ УРАВНЕНИЯ 6

Regression Summary for Dependent Variable: Nстуд_ср, Adjusted R^2= 0,95373426, F(1,6)=145,30				
Сос-ие спецификации	Оценки параметров	Std.Err.	t(6)	p-level
Intercept	1136,272	61,23037	18,55732	0,000002
Дср_душ	0,130	0,01076	12,05404	0,000020

Приложение 4

Проверка модели «Взаимовлияние вуза и региона» на автокорреляцию остатков по методу Дарбина-Уотсона

Таблица П12

ВЕРХНИЕ И НИЖНИЕ ЗНАЧЕНИЯ ГРАНИЦ

n	m = 1				m = 2			
	d_l	d_u	$4 - d_u$	$4 - d_l$	d_l	d_u	$4 - d_u$	$4 - d_l$
n = 8	0,763	1,332	2,668	3,237	0,359	1,777	2,223	3,641

Таблица П13

ПОЛУЧЕННЫЕ ЗНАЧЕНИЯ СТАТИСТИКИ ДАРБИНА-УОТСОНА И ПРОВЕРКА НА АВТОКОРРЕЛЯЦИЮ

Уравнения регрессии	DW	Наличие автокорреляции (α = 1%)
1. $N^{у}_{спец} = 16,84 + 0,008 * N^{у}_{студ.ср} - 0,00001 * N^{р}_{ЭА\_безраб}$	2,63469	Неопределенность
2. $N^{у}_{НИР} = 7,225087 + 0,000093 * V^{р}_{ИНВ.ок}$	1,372613	Отсутствует
3. $ВРП^{р} = -2651610 + 452 * N^{у}_{студ.ср} + N^{р}_{ЭА\_зан}$	1,796226	Отсутствует
4. $V^{р}_{ИНВ.ок} = -55055,0 + 450,1 * N^{у}_{студ.в} + 0,1 * ВРП^{р}$	2,497195	Неопределенность
5. $N^{у}_{студ.ср} = -8774,94 + 15,78 * N^{р}_{ССУЗов}$	2,685232	Неопределенность
6. $N^{у}_{студ.ср} = 1136,272 + 0,13 * Д^{р}_{ср.душ}$	0,779371	Неопределенность

Приложение 5

Функции принадлежности показателей финансовой устойчивости вуза

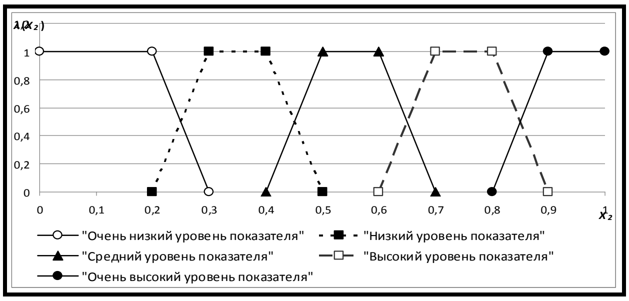

Рис. П1. Функции принадлежности $\lambda_{B1\text{-}B5}(X_2)$ уровня коэффициента автономии

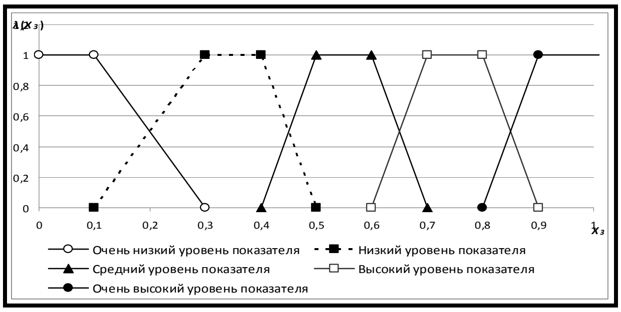

Рис. П2. Функции принадлежности $\lambda_{B1\text{-}B5}(X_3)$ уровня коэффициента соотношения обязательств и собственных средств

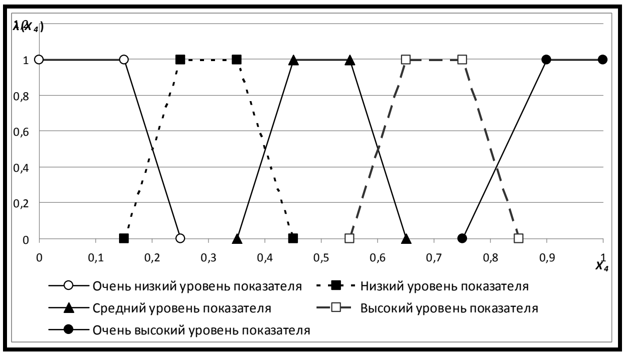

Рис. П3. Функции принадлежности уровня $\lambda_{B1\text{-}B5}(X_4)$ коэффициента обеспеченности собственными средствами

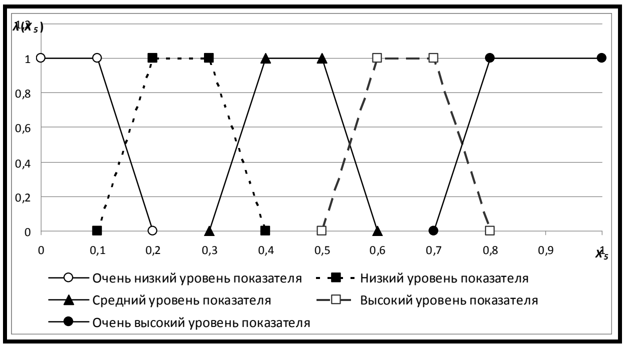

Рис. П4. Функции принадлежности $\lambda_{B1\text{-}B5}(X_5)$ уровня коэффициента маневренности

Приложение 6

Нечеткая классификация уровней показателей финансовой устойчивости вуза

Таблица П14

КЛАССИФИКАЦИЯ УРОВНЯ КОЭФФИЦИЕНТА АВТОНОМИИ (X_2)

Интервал значений	Классификация уровня показателя	Функция принадлежности
$0 \leq X_2 \leq 0.20$	«Очень низкий»	1
$0.20 < X_2 < 0.30$	«Очень низкий»	$\lambda_{B1} = 10\ (0.30 - X_2)$
	«Низкий»	$1 - \lambda_{B1} = \lambda_{B2}$
$0.30 \leq X_2 \leq 0.40$	«Низкий»	1
$0.40 < X_2 < 0.50$	«Низкий»	$\lambda_{B2} = 10\ (0.50 - X_2)$
	«Средний»	$1 - \lambda_{B2} = \lambda_{B3}$
$0.50 \leq X_2 \leq 0.60$	«Средний»	1
$0.60 < X_2 < 0.70$	«Средний»	$\lambda_{B3} = 10\ (0.70 - X_1)$
	«Высокий»	$1 - \lambda_{B3} = \lambda_{B4}$
$0.70 \leq X_2 \leq 0.80$	«Высокий»	1
$0.80 < X_2 < 0.90$	«Высокий»	$\lambda_{B4} = 10\ (0.90 - X_1)$
	«Очень высокий»	$1 - \lambda_{B4} = \lambda_{B5}$
$0.90 \leq X_2 \leq 1.0$	«Очень высокий»	1

Таблица П15

КЛАССИФИКАЦИЯ УРОВНЯ КОЭФФИЦИЕНТА СООТНОШЕНИЯ ОБЯЗАТЕЛЬСТВ И СОБСТВЕННЫХ СРЕДСТВ (X_3)

Интервал значений	Классификация уровня показателя	Функция принадлежности
$0 \leq X_3 \leq 0.10$	«Очень низкий»	1
$0.10 < X_3 < 0.30$	«Очень низкий»	$\lambda_{B1} = 5\ (0.30 - X_3)$
	«Низкий»	$1 - \lambda_{B1} = \lambda_{B2}$

Интервал значений	Классификация уровня показателя	Функция принадлежности
$0.30 \le X_3 \le 0.40$	«Низкий»	1
$0.40 < X_3 < 0.50$	«Низкий»	$\lambda_{B2} = 10\ (0.50 - X_3)$
	«Средний»	$1 - \lambda_{B2} = \lambda_{B3}$
$0.50 \le X_3 \le 0.60$	«Средний»	1
$0.60 < X_3 < 0.70$	«Средний»	$\lambda_{B3} = 10\ (0.70 - X_3)$
	«Высокий»	$1 - \lambda_{B3} = \lambda_{B4}$
$0.70 \le X_3 \le 0.80$	«Высокий»	1
$0.80 < X_3 < 0.90$	«Высокий»	$\lambda_{B4} = 10\ (0.90 - X_3)$
	«Очень высокий»	$1 - \lambda_{B4} = \lambda_{B5}$
$X_3 \ge 0.90$	«Очень высокий»	1

Таблица П16

КЛАССИФИКАЦИЯ УРОВНЯ УРОВНЯ КОЭФФИЦИЕНТА ОБЕСПЕЧЕННОСТИ СОБСТВЕННЫМИ СРЕДСТВАМИ (X_4)

Интервал значений	Классификация уровня показателя	Функция принадлежности
$0 \le X_4 \le 0.15$	«Очень низкий»	1
$0.15 < X_4 < 0.25$	«Очень низкий»	$\lambda_{B1} = 10\ (0.25 - X_4)$
	«Низкий»	$1 - \lambda_{B1} = \lambda_{B2}$
$0.25 \le X_4 \le 0.35$	«Низкий»	1
$0.35 < X_4 < 0.45$	«Низкий»	$\lambda_{B2} = 10\ (0.45 - X_4)$
	«Средний»	$1 - \lambda_{B2} = \lambda_{B3}$
$0.45 \le X_4 \le 0.55$	«Средний»	1
$0.55 < X_4 < 0.60$	«Средний»	$\lambda_{B3} = 10\ (0.65 - X_4)$
	«Высокий»	$1 - \lambda_{B3} = \lambda_{B4}$
$0.65 \le X_4 \le 0.75$	«Высокий»	1
$0.75 < X_4 < 0.85$	«Высокий»	$\lambda_{B4} = 10\ (0.85 - X_4)$
	«Очень высокий»	$1 - \lambda_{B4} = \lambda_{B5}$
$0.85 \le X_4 \le 1.0$	«Очень высокий»	1

Таблица П17

КЛАССИФИКАЦИЯ УРОВНЯ КОЭФФИЦИЕНТА МАНЕВРЕННОСТИ (X_5)

Интервал значений	Классификация уровня показателя	Функция принадлежности
$0 \le X_5 \le 0.10$	«Очень низкий»	1
$0.10 < X_5 < 0.20$	«Очень низкий»	$\lambda_{B1} = 10\ (0.20 - X_5)$
	«Низкий»	$1 - \lambda_{B1} = \lambda_{B2}$
$0.20 \le X_5 \le 0.3$	«Низкий»	1
$0.30 < X_5 < 0.40$	«Низкий»	$\lambda_{B2} = 10\ (0.40 - X_5)$
	«Средний»	$1 - \lambda_{B2} = \lambda_{B3}$
$0.40 \le X_5 \le 0.50$	«Средний»	1
$0.50 < X_5 < 0.60$	«Средний»	$\lambda_{B3} = 10\ (0.60 - X_5)$
	«Высокий»	$1 - \lambda_{B3} = \lambda_{B4}$
$0.60 \le X_5 \le 0.70$	«Высокий»	1
$0.70 < X_5 < 0.80$	«Высокий»	$\lambda_{B4} = 10\ (0.80 - X_5)$
	«Очень высокий»	$1 - \lambda_{B4} = \lambda_{B5}$
$0.80 \le X_5 \le 1.0$	«Очень высокий»	1

Таблица П18

ВЫБОР ПРОЕКТОВ ПО БОЛЬШИНСТВУ ГОЛОСОВ

№	Сравнение двух проектов	Выбор проекта	Количество экспертов
1	П1 ∨ П2	П1	3
		П2	9
2	П1 ∨ П3	П1	2
		П3	10
3	П1 ∨ П4	П1	2
		П4	10
4	П1 ∨ П5	П1	7
		П5	5
5	П1 ∨ П6	П1	2
		П6	10
6	П1 ∨ П7	П1	10
		П7	2
7	П1 ∨ П8	П1	10
		П8	2
8	П2 ∨ П3	П2	5
		П3	7
9	П2 ∨ П4	П2	5
		П4	7
10	П2 ∨ П5	П2	11
		П5	1
11	П2 ∨ П6	П2	7
		П6	5
12	П2 ∨ П7	П2	9
		П7	3
13	П2 ∨ П8	П2	11
		П8	1
14	П3 ∨ П4	П3	3
		П4	9
15	П3 ∨ П5	П3	10
		П5	2
16	П3 ∨ П6	П3	7
		П6	5
17	П3 ∨ П7	П3	9
		П7	3
18	П3 ∨ П8	П3	12
		П8	0
19	П4 ∨ П5	П4	10
		П5	2
20	П4 ∨ П6	П4	8
		П6	4
21	П4 ∨ П7	П4	9
		П7	3
22	П4 ∨ П8	П4	12
		П8	0
23	П5 ∨ П6	П5	1
		П6	11
24	П5 ∨ П7	П5	3
		П7	9
25	П5 ∨ П8	П5	6
		П8	6
26	П6 ∨ П7	П6	10
		П7	2
27	П6 ∨ П8	П6	12
		П8	0
28	П7 ∨ П8	П7	10
		П8	2

Литература

1. Айвазян С.А. Эконометрика. Краткий курс [Текст] : учеб. пособие / С.А. Айвазян, С.С. Иванова. – М. : Маркет ДС, 2007. – 104 с.
2. Бабич П.Н. Оценка согласованности мнений экспертов с применением коэффициента конкордации [Электронный ресурс] / П.Н. Бабич, А.В. Чубенко, С.Н. Лапач // Статистика в науке и бизнесе. URL: www.biostat.kiev.ua/konkord.php.
3. Баитов А.С. Финансовая система как фактор финансовой устойчивости вуза [Текст] / А.С. Баитов // Стратегическое управление университетом: материалы междунар. конф. – Тамбов : ТГТУ, 2006. – С. 84-88.
4. Баксанский О.Е.,Естествознание: Современные когнитивные концепции [Текст] : учеб. пособие / О.Е. Баксанский,

Е.Н. Гнатик, Е.Н. Кучер ; под общ. и научн. ред. В.Р. Ириной. – М. : ЛКИ, 2008. – 224 с.

5. Баша О.С. Методологический подход к решению задачи развития образовательного учреждения, наукограда и региона (на примере университета «Дубна» и г. Дубна Московской области) [Текст] / О.С. Баша, Е.А. Пахомова, Е.Н. Солодова // Инновационные технологии организации обучения в техническом ВУЗе: на пути к новому качеству образования : материалы междунар. научно-методической конф. – Пенза : Изд-во ПГУАС, 2008. – С. 15-21.
6. Беляков С.А. Анализ и оценка экономической устойчивости вузов [Тест] / С.А. Беляков, Н.С. Беляков, Т.Л Клячко – М. : МАКС Пресс, 2008. – 187 с.
7. Бородич С.А. Эконометрика [Текст] : учеб. пособие / С.А. Бородич. – Минск : Новое знание, 2006. – 408 с.
8. Виленский П.Л. Оценка эффективности инвестиционных проектов [Текст] : учебно-практическое пособие / П.Л. Виленский, В.Н. Лившиц, Е.Р. Орлова, С.А. Смоляк. – М. : Дело, 1998. – 248 с.
9. Виленский П.Л. Оценка эффективности инвестиционных проектов: теория и практика [Текст] : учеб. пособие / П.Л. Виленский, В.Н. Лившиц, С.А. Смоляк. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Дело АНХ, 2008. – 1104 с.
10. Гладилин А.В. Эконометрика [Текст] : учеб. пособие / А.В. Гладилин, А.Н. Герасимов, Е.И. Громов. – М. : КНОРУС, 2006. – 232 с.
11. Гольц Г.Г. Методы преобразования массива социально-экономических показателей на региональном и федеральном уровнях [Текст] / Г.Г. Гольц, Г.А. Гольц, Г.Г. Картавенко // Известия РАН. – Серия географическая. – 2008. – №2. – С. 13-26.
12. Деревянко П.М. Применение теории нечетких множеств в оценке экономической эффективности и риска инвестиционных проектов в условиях неопределенности [Электронный ресурс] / П.М. Деревянко // Теория нечетких множеств : официальный сайт. URL: http://fuzzylib.narod.ru.
13. Доугерти К. Введение в эконометрику [Текст] : учеб. / Кристофер Доугерти : пер. с англ. ; под общ. ред. О.О. Замков. – 2-е изд. – М. : ИНФРА-М, 2007. – 432 с.
14. Дубнищева Т.Я. Концепции современного естествознания [Текст] / Т.Я. Дубнищева : основной курс в вопросах и ответах. – Новосибирск : изд-во Сибирского ун-та, 2005. – 592 с.
15. Дубров А.М. Многомерные статистические методы [Текст] / А.М. Дубров, В.С. Мхитарян, Л.И. Трошин. – М. : Финансы и статистика, 2003. – 352 с.
16. Елисеева И.И. Практикум по эконометрике [Текст] : учеб. пособие для вузов / И.И. Елисеева, С.В. Курышева, Н.М. Гордеенко. – 2-е изд. – М. : Финансы и статистика, 2006. – 232 с.
17. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и ее применение к принятию приближенных решений [Текст] / Л. Заде ; пер. с англ. ; под ред. Н.Н. Моисеева и С.А. Орловского. – М. : Мир, 1976. – 166 с.
18. Иванова В.М. Математическая статистика [Текст] : учебник для учащихся сред. спец. учеб. заведений / В.М. Иванова, В.Н. Калинина, Л.А. Нешумова, И.О. Решетникова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Высшая школа, 1981. – 368 с.
19. Кельчевская Н.Р. Анализ финансово-хозяйственной деятельности государственного вуза как основа инновационных решений и программ (на примере УГТУ-УПИ) [Электронный ресурс] / Н.Р. Кельчевская, М.В. Павлова // Университетское управление. – 2000. – №4(15). – С. 43-45. URL: http://ecsocman.edu.ru/univman/msg/145207.html.
20. Кемени Дж. Кибернетическое моделирование: некоторые приложения [Текст] / Дж. Кемени, Дж. Снелл ; пер. с англ. – М. : Советское радио, 1972. – 192 с.
21. Колемаев В.А. Эконометрика [Текст] : учеб. / В.А. Колемаев. – М. : Инфра-М, 2007. – 160 с.
22. Колеников С.О. Прикладной эконометрический анализ в статистическом пакете Stata [Электронный ресурс] : электронный учеб. / С.О. Колеников // Российская экономическая школа. URL: http://www.nes.ru/russian/research/pdf/2001/Kolenikov.pdf .
23. Кремер Н.Ш. Эконометрика [Текст] : учеб. для вузов / Н.Ш. Кремер, Б.А. Путко. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2002. – 311 с.
24. Крил М. Некоторые ловушки параметрической инференции [Электронный ресурс] / М. Крил // Квантиль. –2008. – №4. – С. 1-6. URL: http://quantile.ru.
25. Кулаичев А.П. Методы и средства комплексного анализа данных [Текст] : учеб. пособие / А.П. Кулаичев. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Форум: ИНФРА-М, 2006. – 512 с.
26. Недосекин А.О. Методологические основы моделирования финансовой деятельности с использованием нечетко-множественных описаний [Электронный ресурс] : дис. д-р экон. наук / А.О. Недосекин. – СПб : СПбГУЭФ, 2004. URL: http://www.mirkin.ru/_docs/doctor005.pdf.
27. Недосекин А.О. Применение теории нечетких множеств к задачам управления финансами [Электронный ресурс] / А.О. Недосекин // Аудит и финансовый анализ. – №2. – 2000. URL: http://auditfin.com/fin/2000/2/upr_fin/uprfin1.asp
28. Недосекин А.О. Простейшая комплексная оценка финансового состояния предприятия [Электронный ресурс] / А.О. Недосекин, О.Б. Максимов // Алексей Недосекин и его персональная страница : официальный сайт. URL: http://sedok.narod.ru/s_files/2003/Art_090103.doc.
29. Орлов А.И. Нечисловая статистика [Электронный ресурс] : электронный учеб. / А.И. Орлов // Высокие статистические технологии : официальный сайт. URL: http://orlovs.pp.ru.
30. Орлов А.И. Прикладная статистика [Электронный ресурс] : электронный учеб. / А.И. Орлов // Высокие статистические технологии : официальный сайт. URL: http://orlovs.pp.ru.
31. Орлов А.И. Устойчивость в социально-экономических моделях [Текст] / А.И. Орлов. – М.: Наука, 1979. – 296 с.
32. Орлов А.И. Экспертные оценки [Электронный ресурс] : электронный учеб. / А.И. Орлов // Высокие статистические технологии : официальный сайт. URL: http://orlovs.pp.ru/stat.php#k4
33. Орлов А.И. Современная прикладная статистика [Электронный ресурс] / А.И. Орлов // Заводская лаборатория. – 1999. – №7. URL: http://orlovs.pp.ru/stat.php#s2p9.
34. Пахомова Е.А. Анализ ситуаций «с проектом» и «без проекта» для разработки методики оценки влияния ВУЗа на экономическое развитие региона (на примере университета «Дубна») [Текст] / Е.А. Пахомова, Ю.В. Крупнева, А.Ю. Сергиенко // Производственная инфраструктура в стационарной и нестационарной экономике : сборник трудов третьей междунар. науч. конф. – М., 2008.
35. Пахомова Е.А. Комплексный подход к анализу взаимовлияния учреждений высшего профессионального образования на экономическое развитие наукограда и региона (на примере университета «Дубна» и города Дубна Московской области) [Текст] / Е.А. Пахомова, Е.Н. Солодова // Аудит и финансовый анализ. – 2008. – №5. – С. 138-151.
36. Прох В.Э. Наша цель – сохранить достигнутое и развиваться дальше / В.Э. Прох // Встреча. – 2009. – №9. – С. 10.
37. Расин Д. Непараметрическая эконометрика: вводный курс [Электронный ресурс] / Д. Расин // Квантиль. –2008. – №4. – С. 7-56. URL: http://quantile.ru.
38. Салманов О.Н. Эконометрика [Текст] : учеб. пособие / О.Н. Салманов. – М. : Экономистъ, 2006. – 320 с.
39. Сошникова Л.А. Многомерный статистический анализ в экономике [Текст] / Л. А. Сошникова, В. Н. Тамашевич, Г. Уебе, М. Шефер. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 1999. – 598 с.
40. Тюрин Ю.Н. Анализ данных на компьютере [Текст] / Ю.Н. Тюрин, А.А. Макаров. – 3-е изд., перераб. и доп. ; под ред. В.Э. Фигурнова. – М. : ИНФРА-М, 2003. – 544 с.
41. Уотшем Т. Дж., Паррамоу К. Количественные методы в финанасах [Текст] : учеб. пособие для вузов / Т. Дж. Уотшем, К. Паррамоу ; пер. с англ. ; под ред. М.Р. Ефимовой. – М. : Финансы, ЮНИТИ, 1999. – 527 с.
42. Хардле В. Прикладная непараметрическая регрессия [Текст] / В. Хардле ; пер. с англ. ; под ред. М.Б. Малютова. – М. : Мир, 1993. – 349 с.
43. Холлендер М. Непараметрические методы статистики [Текст] / М. Холлендер, Д. Вулф ; пер. с англ. ; под ред.

Ю.П. Адлера и Ю.Н. Тюрина. – М. : Финансы и статистика, 1983. – 518 с.
44. Хридина Н.Н. Методы прикладной статистики как инструмент решения задач управления образованием [Текст] / Н.Н. Хридина // Вестник УГТУ-УПИ. – 2003. – №1. – С. 40-48.
45. Чураков Е. П. Математические методы обработки экспериментальных данных в экономике [Текст] : учеб. пособие / Е.П. Чураков. – М. : Финансы и статистика, 2004. – 240 с.
46. Шапот Д.В. Двухсекторная имитационная модель прогнозирования развития экономики [Текст] / Д.В. Шапот, А.В. Осипов // Проблемы прогнозирования. – 2001. – №4. – С. 74-87.
47. Шитиков В.К. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации [Электронный ресурс] : электронный учеб. / В.К. Шитиков, Г.С. Розенберг, Т.Д. Зинченко // Экостат : официальный сайт. URL: http://62.213.7.177/kiril/Library/Book1/content0/content0.htm#Ref.
48. Штовба С.Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB [Текст] / С.Д. Штовба. – М. : Горячая линия – Телеком, 2007. – 288 с.
49. Яновский Л.П. Введение в эконометрику [Текст] : учеб. пособие / Л.П. Яновский, А.Г. Буховец. – М. : Кнорус, 2007. – 256 с.
50. Университет «Дубна» [Электронный ресурс] : официальный сайт. – Режим доступа: http://www.uni-dubna.ru/application_form.
51. Росстат РФ [Электронный ресурс] : официальный сайт. – Режим доступа: http://www.gks.ru.
52. Explore [Электронный ресурс] : официальный сайт. – Режим доступа: http://www.xplore-stat.de.
53. Домашняя страница Kardi Teknomo's [Электронный ресурс] : официальный сайт. – Режим доступа: http://people.revoledu.com/kardi/tutorial/index.html.
54. StatSoft [Электронный ресурс] : официальный сайт. – Режим доступа: http://www.spc-consulting.ru.
55. StatSoft [Электронный ресурс] : электронный учеб. по статистике : официальный сайт. – Режим доступа: http://www.statsoft.ru/home/textbook/default.htm.

Ключевые слова

Прикладная статистика; задачи управления вузом; методы числовой статистики; методы нечисловой статистики; параметрические методы; непараметрические методы, корреляционный анализ; регрессионный анализ; методы экспертных оценок; теория нечетких множеств; Московская область; университет «Дубна».

Бирюлёва Екатерина Петровна;
Лычагина Татьяна Анатольевна;
Пахомова Елена Анатольевна;
Чудина Екатерина Владимировна

РЕЦЕНЗИЯ

Статья интересная с научной точки зрения, полезная практически и довольно большая по размеру. Интересная потому, что в ней дается довольно комплексное и корректное решение нетривиальной научной задачи – совершенствование управления ВУЗом на основе применения математического инструментария, в частности методов прикладной математической статистики. Полезная практически потому, что задача эта важна и относительно слабо изучена. Большая (74 стр.) потому, что авторы попытались не только перечислить и указать содержание ряда частных задач управления ВУЗом и связи между ними, а также проиллюстрировать подходы к их числовому решению на основе использования известных методов прикладной математической статистики, но во многом и изложить алгоритмически сами эти методы. Все это придает работе комплексный характер и является ее достоинством с точки зрения облегчения понимания читателями и использования статьи. В месте с тем, учитывая, что АФиА – научный журнал довольно высокого ранга (входит в список рекомендованных ВАК) следовало бы во введении указать причины, по которым в статью было целесообразно включать описание алгоритмов, ряд которых можно найти в известных монографиях и учебниках по прикладной статистике. Представляется, что эти описания лучше сохранить, но во-первых дать разъяснение по этому поводу, а во вторых дать, где они отсутствуют, ссылки на литературу, в которой соответствующие положения изложены. Вообще, порою нелегко понять, где оригинальный авторский материал, которого кстати немало, а где сопутствующий текст. Например, схемы структуризации и алгоритмизации, приведенные на рис.1., 1.2.1., 1.2.2., 2.1.1. и др. – это авторские? Полезно прояснить. Имеются и другие замечания, указанные на полях рукописи (с. 10, 24 и др.), которые легко можно исправить.

В целом считаю, что рассматриваемая статья после внесения по существу редакторских исправлений заслуживает опубликования в журнале Аудит и Финансовый анализ.

Лившиц В.Н., д.э.н., профессор, Заслуженный деятель науки России, зав. отделом Института системного анализа РАН

3.2. METHODS OF APPLIED STATISTICS TO SOLVE THE PROBLEMS OF HIGH SCHOOL ON THE EXAMPLE OF THE UNIVERSITY OF «DUBNA» AND THE MOSCOW REGION

E.P. Biryuleva, the Postgraduate Student of Economic;
T.A. Lychagina, Candidate of Science (Physics and Math), Associate Professor of Economic;
E.A. Pakhomova, Candidate of Science (Technical), associate professor of economic;
E.V. Chudina, the Postgraduate Student of Economic

Dubna International University for Nature, Society, and Man

The systematization of methods of applied statistics have been given on the basis of the modern literature — methods of numerical statistics (parametric and nonparametric methods) and methods of non-numerical statistics, which can be used to solve the problems of educational institutions management. The examples of using of learned methods to solve problems of management of educational institution have been given in this work. The advantages and the lacks of application of different methods have been specified in this work.

Literature

1. S.A. Aivazian Econometrics. Short-course [text] : learning manual / S.A. Ayvazyan, S.S. Ivanov. – M.: Market DS, 2007. – 104 p.
2. Babich P.N. Evaluation of consistency of opinion of experts at a rate of konkordatsii [electronic resource] / P.N. Babich, A.V. Chubenko, S.N. Lapach // Statistics for Science and Business. URL: www.biostat.kiev.ua / konkord.php.
3. A.S. Baitov. The financial system as a factor in the financial sustainability of the university [text] / A.S. Bait // strategic management of the university: proceedings of Intern. Conf. – Tambov : TSTU, 2006. – P. 84-88.
4. O.E. Baksansky. Science: Modern cognitive vision [text] : learning manual / O.E. Baksan-Volga, E.N. Gnatik, E.N. Kucher ; general and science editorship by V.R. Irina. – M. : LKI, 2008. – 224 p.
5. O.S. Basha. Methodological approach to solution of problem on progress higher educational establishment, development science town and region(by the example of Moscow region, science town Dubna and university «Dubna») [Text] / O.S. Basha, E.A. Pakhomova, E.N. Solodova // Innovative technology training in a technical university: towards a new quality of education: materials International scientific and technical conference. – Penza: PGUAS, 2008. – P. 15-21.
6. S.A. Belyakov. Analysis and assessment of the economic sustainability of universities [Test] / S.A. Belyakov, N.S. Belyakov, T.L. Klyachko – M. : MAKS Press, 2008. – 187 p.
7. S.A. Borodich. Econometrics [text] : learning manual / S.A. Borodich. – Minsk : New Knowledge, 2006. – 408 p.

8. P.L. Vilensky. Evaluating the effectiveness of investment projects [text] : a practical training manual / P.L. Vilensky, V.N. Livshits, E.R. Orlova, S.A. Smolyak. – M. : Case, 1998. – 248 p.
9. Vilensky P.L. Evaluating the effectiveness of investment projects: the theory and practice [text] : learning manual / P.L. Vilensky, V.N. Livshits, S.A. Smolyak. – 4-th edition, revised and updated – M. : Case ANH, 2008. – 1104 p.
10. A.V. Gladilin. Econometrics [text] : learning manual / A.V. Gladilin, A.N. Gerasimov, E.I. Gromov. – M. : KNORUS, 2006. – 232 p.
11. G.G. Goltz. Methods for transforming an array of socio-economic indicators at the regional and Federal levels [Text] / G.G. Goltz, G.A. Goltz, G.G. Kartavenko // Izvestiya RAN. – A series of geographical setting. – 2008. – №2. – P. 13-26.
12. P.M. Derevyanko. Application of the theory of fuzzy sets to assess the cost-effectiveness and risk of investment projects under conditions of uncertainty [electronic resource] / P.M. Derevyanko // The theory of fuzzy sets: the official site. URL: http://fuzzylib.narod.ru.
13. C. Dougherty. Introduction to econometrics [Text] : learning. / Christopher Dougherty: trans. to English ; general editorship by O.O. Castles. – 2-nd edition. – M. : INFRA-M, 2007.
14. T.Y. Dubnischeva. Concepts of Modern Natural Science [text] / T.Y. Dubnischeva : basic course in question and Regulations replies. – Novosibirsk: Publishing House of the Siberian University Press, 2005. – 592 p.
15. A.M. Dubrov. Multidimensional statistical methods [text] / A.M. Dubrov, V.S. Mkhitaryan, L.I. Troshin. – Moscow : Finances and Statistics, 2003. – 352 p.
16. I.I. Eliseeva. Workshop on econometrics [Text] : learning allowance for universities / I.I. Eliseeva, S.V. Kurysheva, N.M. Gordeenko. – 2-nd edition. – Moscow : Finances and Statistics, 2006. – 232 p.
17. L. Zadeh. The concept of linguistic variable and its application to the adoption of the approximate solutions [text] / L. Zadeh : trans. to English ; general editorship by Ed. N.N. Moiseev, and S.A. Orlovsky. – M. : Mir, 1976. – 166 p.
18. V.M. Ivanova. Mathematical Statistics [text] : a textbook for secondary students. Spec. training institutions / V.M. Ivanov, V.N. Kalinina, L.A. Neshumova, I.O. Reshetnikova. – 2-nd edition, revised and updated. – M. : Higher School, 1981. – 368 p.
19. N.R. Kelchevskaya. Analysis of financial and economic activities of the state university as a basis for innovative solutions and programs (for example, USTU UPI) [electronic resource] / N.R. Kelchevskaya, M.V. Pavlowa // University administration. – 2000. – №4(15). – P. 43-45. URL: http://ecsocman.edu.ru/univman/msg/145207.html.
20. J. Kemeney. Cybernetic modeling: some applications [text] / Kemeney J., J. Snell, trans. to English. – Moscow : Soviet radio, 1972. – 192 p.
21. V.A. Kolemaev. Econometrics [text] : learning / V.A. Kolemaev – Moscow : Infra-M, 2007. – 160 p.
22. S.O. Kolenikov. Applied econometric analysis in the statistical package Stata [electronic resource] : an electronic textbook / S.O. Kolenikov // Russian Economic School. URL: http://www.nes.ru/russian/research/pdf/2001/Kolenikov.pdf.
23. N.S. Kremer Econometrics [text]: learning to universities / N.S. Kremer, B.A. Putko. – Moscow : UNITY-DANA, 2002. – 311 p.
24. M. Creel. Some possible pitfalls of parametric inference [electronic resource] / M. Creel // Quantile. – 2008. – №4. – P. 1-6. URL: http://quantile.ru.
25. A.P. Kulaichev. The methods and means of a comprehensive analysis of the data [Text] : Training manual / A.P. Kulaichev. – 4-th edition, revised and updated. – M. : Forum: INFRA-M, 2006. – 512 p.
26. A.O. Nedosekin. Methodological framework modeling financial activities using fuzzy multiple-descriptions [electronic resource]: dissertation of Dr. economical science / A.O. Nedosekin. – St. Petersburg : St. Petersburg State University, ESP, 2004. URL: http://www.mirkin.ru/_docs/doctor005.pdf.
27. A.O. Nedosekin. Application of the theory of fuzzy sets to problems of financial management [electronic resources] / A.O. Nedosekin // Audit and financial analysis. – №2. – 2000. URL: http://auditfin.com/fin/2000/2/upr_fin/uprfin1.asp.
28. A.O. Nedosekin. The simplest comprehensive assessment of the financial condition of the company [electronic resource] / A.O. Nedosekin, O.B. Maximov // Alexei Nedosekin and his personal page : official site. URL: http://sedok.narod.ru/s_files/2003/Art_090103.doc.
29. A.I. Orlov. Non-numerical statistics [electronic resource] : electronic textbook / A.I. Orlov // The high statistics of technology : the official site. URL: http://orlovs.pp.ru.
30. A.I. Orlov. Applied statistics [electronic resource] : electronic textbook / A.I. Orlov // The high statistics of technology : the official site. URL: http://orlovs.pp.ru.
31. A.I. Orlov. Stability in the socio-economic models [text] / A.I. Orlov. – M. : Nauka, 1979. – 296 p.
32. .Orlov Expert estimates [electronic resource] : electronic textbook / A.I. Orlov // High statistics agency technology: the official site. URL: http://orlovs.pp.ru/stat.php#k4.
33. Orlov A.I. Modern applied statistics [electronic resource] / A.I. Orlov // Factory Laboratory. – 1999. – №7. URL: http://orlovs.pp.ru/stat.php # s2p9.
34. E.A. Pakhomova. Analysis of the situation «with the project» and «without the project» to develop a methodology for assessing the impact of universities on economic development in the region (for example, the University «Dubna») [text] / E.A. Pakhomova, U.V. Krupneva, A.U. Sergiyenko // Production infrastructure in stationary and nonstationary Economics: Proceedings of the Third Intern. science. Conf. – M., 2008.
35. E.A. Pakhomova. Analysis interaction higher educational establishment, development science town and region (by the example of Moscow region, science town Dubna and university «Dubna [text] / E.A. Pakhomova, E.N. Solodova // Audit and financial analysis. – 2008. – №5. – P. 138-151.
36. V.E. Proh. Our goal – to maintain the gains and further developed / V.E. Proh // Meeting. – 2009. – №9. – P. 10.
37. J. Racine Nonparametric econometrics: a primer [electronic resource] / J. Racin // Quantile. – 2008. – №4. – P. 7-56. URL: http://quantile.ru.
38. O.N. Salmanov. Econometrics [text]: learning manual / O.N. Salmanov. – M. : Ekonomist, 2006. – 320 p.
39. L.A. Soshnikova. Multivariate statistical analysis of the economy [text] / L.A. Soshnikova, V.N Tamashevich, G. Uebe, M. Schaefer. – M. : UNITY-DANA, 1999. – 598 p.
40. Y.N. Tyurin. Analysis of the data on your computer [text] / Y.N. Tyurin, A.A. Makarov. – 3-rd edition, revised and updated ; general editorship by V.E. Figurnova. – M. : INFRA-M, 2003. – 544 p.
41. T.J. Uotshem, K. Parramou. Numerical Methods in finance [text]: learning allowance for universities / T. J. Uotshem, K. Parramou; trans. to English ; general editorship by M.R. Efimova. – M. : Finance, Unity, 1999. – 527 p.
42. W. Hardle. Applied nonparametric regression [text] / W. Hardle, trans. to English ; general editorship by M.B. Malyutova. – M. : Mir, 1993. – 349 p.
43. M. Hollander. Nonparametric statistical methods [text] / M. Hollander, D. Wolf ; trans. to English ; general editorship by Y.P. Adler and Y.N. Tyurin. – M. : Finances and Statistics, 1983. – 518 p.
44. N.N. Hridina. The methods of applied statistics as a tool for solving problems of educational management [text] / N.N. Hridina // Gazette UGTU-UPI. – 2003. – №1. – P. 40-48.
45. E.P. Churakov. Mathematical Methods of data processing in the economy [text] : learning allowance / E.P. Churakov. – M. : Finances and Statistics, 2004. – 240 p.
46. D.V. Shapot. Two-sector simulation model for predicting the development of the economy [text] / D.V. Shapot, A.V. Osipov // Problems of forecasting. – 2001. – №4. – P. 74-87.
47. V.K. Shitikov. Quantitative hydroecology: methods for system identification [electronic resource]: electronic textbook / V.K. Shitikov, G.S. Rosenberg, T.D. Zinchenko // Ecostat: official site. URL: http://62.213.7.177/kiril/Library/Book1/content0/content0.htm#Ref.
48. S.D. Shtovba. Design of fuzzy systems of MATLAB [text] / S.D. Shtovba. – M. : Hotline – Telecom, 2007. – 288 p.

49. L.P. Yanovskiy. Introduction to econometrics [Text] : learning manual / L.P. Yanovsky, A.G. Buhovets. – M. : KNORUS, 2007. – 256 p.
50. University «Dubna» [electronic resource] : official website. – Mode of access: http://www.uni-dubna.ru/application_form.
51. Rosstat Russia [electronic resource] : official website. – Mode of access: http://www.gks.ru.
52. Explore [Electronic resource] : official website. – Mode of access: http://www.xplore-stat.de.
53. Homepage Kardi Teknomo's [electronic resource] : official website. – Mode of access: http://people.revoledu.com/kardi/tutorial/index.html.
54. StatSoft [electronic resource] : official website. – Mode of access: http://www.spc-consulting.ru.
55. StatSoft [electronic resource] : electronic textbook : the official site. – Mode of access: http://www.statsoft.ru/home/textbook/default.htm.

Keywords

Applied statistics; the problems of educational institutions management; methods of numerical statistics; methods of non-numerical statistics; parametric methods; non-parametric methods; correlation analysis; regression analysis; expert estimations; fuzzy set theory; Moscow Region; Dubna University.