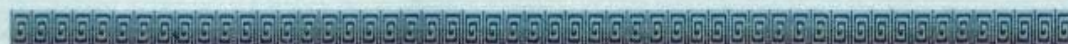




К 10-летию Института дополнительного
профессионального образования СГУ

И.В. Вешнева

**Математические модели
в системе управления качеством
высшего образования
с использованием методов
нечеткой логики**



САРАТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ им. Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО
ИНСТИТУТ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

*К 10-летию Института дополнительного
профессионального образования СГУ*

Вешнева И.В.

**Математические модели
в системе управления качеством
высшего образования
с использованием методов
нечеткой логики**



Саратов 2010

УДК 005.6 (004.94)
ББК 65.2/4-80я73
В40

В40 Вешнева И.В. Математические модели в системе управления качеством высшего образования с использованием методов нечеткой логики: Монография. – Саратов: Издательство «Саратовский источник», 2010. – 187 с.: ил.

ISBN 978-5-91879-027-4

Представлена концепция и примеры разработки математической модели экспертной системы оценки качества образования, основанная на принципах лингвистического моделирования теории нечетких множеств. Настройка параметров и нечетких правил позволяет использовать ее как основу интеллектуальной системы, предназначенной для поддержки принятия управленческих решений по реорганизации образовательной деятельности при переходе к компетентностному подходу ФГОС ВПО третьего поколения в аспекте Болонского процесса.

Для научных работников, повышения квалификации профессорско-преподавательского состава и администрации вузов и всех интересующихся проблемами высшего образования и математическими моделями управления качеством высшего образования

Рекомендуют к печати:

Кафедра менеджмента в образовании
Института дополнительного профессионального образования
Саратовского государственного университета им. Н.Г.Чернышевского
Научно-методическая комиссия
Института дополнительного профессионального образования
Саратовского государственного университета им. Н.Г.Чернышевского

Рецензенты:

Доктор социологических наук, профессор *Н.В. Акинфиева*
Доктор физико-математических наук, профессор *Л. А. Мельников*

Работа издана в авторской редакции

УДК 005.6 (004.94)
ББК 65.2/4-80я73

ISBN 978-5-91879-027-4

© Вешнева И.В., 2010
© Издательство «Саратовский источник», 2010

Введение

Приобретающий опыт не сопричастен миру. Ведь опыт «в нем», а не между ним и миром.

Мир не сопричастен опыту. Он дает узнавать себя, но его это никак не затрагивает, ибо мир ничем не содействует приобретению опыта и с ним ничего не происходит.

Мартин Бубер¹

В настоящее время активизируется процесс модернизации образования, в котором особенно остро стоит задача разработки характеристик, описывающих истинное состояние как всей системы образования в целом, так и ее отдельных структурных единиц². Здесь мы можем выделить ряд исторически сложившихся проблем. Во-первых, при построении систем менеджмента качества вузов недостаточное внимание уделяется многомерности самого понятия качества. Во-вторых, показатели оценки качества по различным аспектам предстают структурированными по различным разделам, но не связываются в систему, позволяющую реализовать миссию вуза на уровне операционного контроля. В-третьих, нет единого математического подхода для построения системы мониторинга качества высшего образования. В-четвертых, в предлагаемых моделях мониторинга не предполагается возможности проектирования интеллектуальных обучаемых систем мониторинга. И, наконец, в-пятых, системы нацелены на оценку результативности подвергаемых мониторингу процессов, а не на эффективность. В то же время, следует обратить внимание на заложенную в определении эффективности по ГОСТ Р ИСО зависимость от времени, поскольку эффективность определяется как соотношение достигнутого результата и использованных ресурсов³. В данной формулировке завуалировано понимание необходимости описания ключевых факторов успеха деятельности и правил выбора стратегических социальных решений в форме дифференциальных уравнений, как и всех законов природы.

В данной работе представлена концепция разработки модели экспертной системы мониторинга качества образования, которая может быть положена в основу интеллектуальной системы, позволяющей принимать управленческие решения при реорганизации образовательной деятельности при переходе к компетентностному подходу ФГОС ВПО третьего поколения в аспекте Болонского процесса⁴.

Качество образования, качество вуза – понятия многомерные и многоаспектные. Очевидно, что высшее образование не может позволить себе роскошь использования суженых определений качества. Понятие многомерного качества распространяется выше традиционной идеи качества, которая выражается в степени соответствия стандарту содержания учебных программ или уровне экзаменационных оценок студентов вуза. Раскрывая многомерность качества образования, рассмотрим качество в двух традиционных направлениях: на внутренние процессы жизненного цикла продукции и на предоставлении потребителям гарантий качества продукции.

В направлении внутренних процессов минимальным соответствием стандарту предлагается оценивать компетентность профессорско-преподавательского состава (ППС), однако это трудно измеряемая характеристика. Уровень подготовки студентов и выпускников представляется следующим этапом оценки качества внутренних образовательных процессов, естественным образом представляясь производной компетентности ППС. Удовлетворение результатами выполненного труда, гордость сотрудников своей работой и вузом в целом становится следующим во времени ключевым показателем. Вершину данного направления образует активное развитие фундаментальных научных исследований, фактически образуя обратную связь в данном направлении.

Ориентация вуза на предоставление гарантий внешним потребителям обеспечивается минимальным требованием стандарта и представляет собой систему аттестации вузов, как контроля качества, основанную на соответствии требованиям государственных и региональных стандартов. Однако на этом уровне не учтено соответствие вузом ожиданиям потребителей, которое определяется рейтингом вуза. Третьим уровнем качества, вытекающим из предыдущих, становится соответствие затрачиваемых потребителями на получение продукции вуза ресурсов достигаемому результату. Вершиной данного направления предстает возможность формировать у своих потребителей будущие скрытые потребности. Возможно, высокого качества жизни и морали во всем обществе, являющемся потребителем продукции вузов. Концепция многомерного качества предполагает использование огромного количества показателей качества. В предложенной структуре все возможные показатели тесно взаимосвязанных друг с другом и классифицированы по восьми секторам. Практическая реализация идей управления многомерным качеством возможна только при использовании комплексной автоматизации сбора данных по всем показателям качества и внесении их в систему управления.

Однако применение данной концепции приводит к разрозненности показателей. Сегодня в различных вузах происходит активное построение экспертных моделей мониторинга качества образования в вузе, предполагающее постоянное слежение за состоянием образования в целом и отдельных его компонентов. В большинстве случаев построение системы мониторинга качества образования опирается на промежуточные результаты деятельности. Встает очевидный вопрос: как можно сопоставить, например, количество прочитанных лекций или лекций с использованием мультимедиа с формированием и воспроизводством умений и навыков, необходимых для подготовки кадров? Когда количество проведенных открытых лабораторно-практических и семинарских занятий переходит в развитие социализации членов общества? В какой мере проведенные занятия по оказанию дополнительных образовательных услуг способствуют развитию материальной и духовной жизни общества? Эти и многие другие проблемы заставляют задуматься о сложности введения количественных характеристик качества образования.

Решение этих проблем затруднено на основе традиционно сложившихся подходов. Преодоление ограничений этих подходов возможно на основе создания новых интеллектуальных технологий и выхода за рамки классических математических моделей, оперирующих с конкретным числом параметров, по которым ведется оценка эффективности. Расширение возможностей изменяемости параметров, образующих управляемую систему может быть получено в результате применения математического аппарата теории нечетких множеств⁵. Выстраиваемая экспертная система мониторинга многомерного качества образования станет основой интеллектуальной обучаемой системы.

Рассмотрим примерную модель построения экспертной модели для оценки деятельности вуза. В основу системы мониторинга, способной обучаться и подстраиваться под динамично изменяющиеся условия внешней социально-экономической среды следует положить сбалансированную систему показателей (ССП). Она позволяет, не теряя леса за деревьями, увязать текущие операционные задачи мониторинга в общую СПП, развернутую от декларации миссии вуза, через выбор стратегии к определению ключевых факторов успеха, оцениваемых по показателям для оценки степени достижения стратегических целей, на основе значений которых и принимается управленческое решение. СПП переводит миссию и общую стратегию организации в систему четко поставленных задач и показателей, определяющих степень достижения данных установок в рамках четырех основных проекций: финансы, рынок, управление, ресурсы.

Для вуза эти четыре проекции имеют свою специфическую интерпретацию. Аспект финансовой деятельности назовем фокусом на внутреннюю деятельность, поскольку результаты внутренней деятельности организации в прошлом оказываются информативны в финансовых показателях деятельности. Аспект рынка можно заменить ориентацией на взаимоотношения. В интересах общества обеспечить достаточное количество людей с необходимыми компетенциями, добиться конкурентоспособности своей страны, надлежащего функционирования рынка труда и других тому подобных преимуществ. Аспект управления назовем фокусом на виды деятельности, учитывая сложность и перекрестность процессов образования. Аспект ресурсов соответствует программам обучения, развития и роста. В каждом из четырех аспектов проводится разворачивание внутренней и внешней составляющих по принципу иерархичности баз знаний по всем четырем уровням многомерного качества, описанного выше. При большом числе входных переменных построение системы высказываний о неизвестной зависимости <входы-выход> становится затруднительным. В связи с этим целесообразно провести классификацию входных переменных и по ней построить дерево вывода, определяющее систему вложенных друг в друга высказываний-знаний меньшей размерности⁶. В результате получается необходимость формирования 24 функций, лингвистические значения переменных которых оцениваются по принципу термометра – им задается функция принадлежности, которая определяет отношение некоторого элемента к нечеткому множеству⁵.

При построении модели оценки эффективности, опираясь на практику построения стратегических карт системы сбалансированных показателей мы будем использовать лингвистические входные и выходные переменные, которые оцениваются качественными терминами (названиями). Например, один из частных показателей «Удовлетворенность ППС» (назовем ее y_7) зависит от нескольких функций: возможность карьерного роста (y_{71}), удовлетворенность корпоративной культурой (y_{72}), заинтересованность в качестве результатов работы (y_{73}) и др. Значения переменных определяются пятью возможными значениями (низкий, ниже среднего, средний, выше среднего, высокий) для которых формируются соответствующие лингвистические термины. Например, низкое значение переменной «удовлетворенность ППС корпоративной культурой» определяется лингвистическим термом типа «да их никто и не спрашивал». После определения лингвистических переменных и их значений потребуется построить систему отношений, преобразующую входы в выходы. Это должна быть систе-

ма знаний на основе правил «если ... – то ...», отражающие знания эксперта.

Особенность подобных высказываний состоит в том, что их адекватность не изменяется при незначительных колебаниях условий эксперимента. В результате структурной идентификации мы построим чистую экспертную систему, базирующуюся на знаниях эксперта и выбранных нечетких правилах. В данном случае настройке подлежат формы функций принадлежности нечетких термов, с помощью которых оцениваются входы и выходы объекта.

Чем выше профессиональный уровень эксперта, тем выше адекватность нечеткой модели, построенной на этапе грубой настройки. Эта модель названа чистой экспертной системой, поскольку для ее построения используется только экспертная информация. Однако, никто не может гарантировать совпадение результатов нечеткого логического вывода (теория) и экспериментальных данных. Поэтому необходим второй этап, на котором осуществляется тонкая настройка нечеткой модели путем ее обучения по экспериментальным данным.

Суть этапа тонкой настройки состоит в подборе таких весов нечетких правил «если ... – то ...» и таких параметров функций принадлежности, которые минимизируют различие между желаемым (экспериментальным) и модельным (теоретическим) поведением объекта. На этапе тонкой настройки формулируется как задача нелинейной оптимизации, которая может решаться различными методами, среди которых наиболее универсальным является наискорейший спуск. Однако, при большом количестве входных переменных и нечетких термов в базе знаний, применение метода наискорейшего спуска требует поиска минимума из разных начальных точек, что существенно увеличивает затраты машинного времени. Поэтому нами предлагается тонкая настройка нечеткой базы знаний с применением генетических алгоритмов оптимизации. Эти алгоритмы являются аналогом случайного поиска, который ведется одновременно из разных начальных точек, что сокращает время поиска оптимальных параметров нечеткой модели.

Для построения модели адекватной реальности, в которой используется большое количество разобщенных числовых данных, нечеткая логика обеспечивает эффективные средства отображения неопределенностей и неточностей реального мира. Однако, в представленной схеме даже достаточно простое построение базовой экспертной модели предстает чрезвычайно сложной и кропотливой задачей, требующей долгой и вдумчивой оценки основных целей образования, поставленных перед образовательными учреждениями обще-

ством, возлагающим на образование задачи возрождения самого общества.

Работа состоит из введения, пяти частей, заключения, двух приложений, списка использованной литературы.

В первой части работы проведено изучение применения логических функций для решения задач управления на примере описания динамики простой динамической системы, полученная модель рассуждений применена для последующего примера разработки критериев оценки качества дипломных работ с целью снижения уровня субъективизма в модели, основанной на применении логических функций. В выводах по данной части описаны сложности, риски и основные правила формулировок логических высказываний и их комбинирования.

Во второй части описана возможность применения математического аппарата теории нечетких множеств к задачам принятия решений. Определены основные термины, правила и операции теории нечетких множеств используемые впоследствии в работе. Отмечено, что для задач управления качеством образования в условиях высокой степени неопределенности особый интерес представляет лингвистическая переменная. Описаны основные правила формирования функций принадлежности и их типы, использованные в последующих частях. Продолжена работа с примером формирования критериев оценки качества дипломных работ. Для этих критериев сформированы функции принадлежности и путем применения операций теории нечетких множеств получены три оценки, по которым формируется итоговая. В выводах проведен анализ полученного результата и его интерпретация как вполне соответствующая реальным практикам оценивания. Отмечена важность такого способа внутривузовского диалога участников образовательного процесса для задач формирования ключевых социальных компетенций в рамках Болонского процесса.

В третьей части большое внимание уделено миссии высшего образования в целом и его высокой ответственности за репродукцию социального капитала, требующую внедрения стратегически значимых целей в операционную практику решения простых повседневных задач. Для выполнения обязанностей организации, осуществляющей образовательную деятельность в сфере высшего образования, предложено использовать известную и хорошо зарекомендовавшую себя практику построения стратегических карт по аспектам сбалансированной системы показателей. В работе предложено трансформировать традиционные аспекты ССП для их максимальной адаптации к деятельности вуза. Разработаны посредством экспертного опроса и описаны на стадии обработки данных анкетирования все показатели по четырем трансформированным аспектам ССП и их критерии оцен-

ки в лингвистических терминах с перспективой их использования для формирования модели систем управления мониторингом качества высшего образования математического аппарата теории нечетких множеств. Предложено изменение классических, известных по литературе, этапов внедрения сбалансированной системы показателей для вуза или его естественных структурных подразделений, таких как кафедры. В выводах указана ориентация не столько на скорую практическую реализацию и возможную отдачу, сколько на главную задачу данной работы – обсуждение аспектов математического моделирования систем управления мониторингом качества высшего образования.

В четвертой части для построения математической модели системы управления мониторингом качества высшего образования описано построение нечеткого регулятора и пройдены его этапы, основным теоретическим и инструментальным обеспечением которых предстает теория нечетких множеств. Для полученных показателей и критериев их оценки всех четырех аспектов трансформированной для вуза ССП:

- сформирована база правил системы нечеткого вывода; проведено преобразование входных переменных в значения функций принадлежности элементов нечетких множеств входных лингвистических переменных (фаззификация);
- осуществлено сопоставление значений функций принадлежности различных входных переменных для получения веса каждого правила (агрегация);
- определены выходные нечеткие значения от каждого правила (аккумуляция);
- получено преобразование значений принадлежности выходных переменных в выходное значение (дефаззификация). Выявлены общие закономерности в полученной модели социальной системы и в математических моделях естественно научных систем.

Пятая часть представляет собой планомерное усложнение модели по ее наметившемуся спиральному жизненному циклу. Параметры с соответствующими им выставленными критериями оценки функциями принадлежности перегруппированы в соответствии с предложенной моделью многомерного качества. Путем сложных математических преобразований сформировано итоговое поле, характеризующее структуру минимального уровня требований к качеству высшего образования и деятельности вуза по реализации его миссии в существующей практике. Проведена предварительная оценка сложности полученной гладкой поверхности и способов проведения анализа ее структуры.

Заключение кратко резюмирует основные научные результаты и выводы данной работы в целом.

1 Применение логических функций для решения задач управления

Я смотрю на дерево.

Я могу так переусердствовать в мысленном отвлечении от его неповторимости и от безупречности его формы, что увижу в нем лишь выражение закономерностей.

Я могу сделать его бессмертным, лишив жизни, если представлю его в виде числа и стану рассматривать его как чистое численное соотношение.

Не тщись же выхолостить смысл отношения: отношение есть взаимность¹.

Мартин Бубер

1.1 Введение и цели раздела

Накапливая большие объемы знаний в различных областях своей жизнедеятельности, человечество постепенно отходило от целостности научных знаний и установившееся в итоге разделение наук выделило в нем три большие группы наук – математические, естественные и гуманитарные. Такое разделение академик Л. Д. Ландау шуточно интерпретировал как «сверхъестественные науки, естественные науки и неестественные науки». Накопленное веками различие между гуманитарными и естественными науками до самого недавнего времени заходило столь далеко, что, например, во французском или английском языке даже сам термин «наука» (science) не принято было прилагать к таким дисциплинам, как литературоведение или история. При этом универсальность математического знания непостижимым образом оказывалась применима к объяснению реальных экспериментов естественных наук и привела к формированию *синергетики*¹. Основой синергетики⁷ стало единство явлений, с которыми пришлось столкнуться при изучении процессов возникновения порядка из беспорядка в химии, физике, биологии и экологии⁸. Завораживающе непостижимая красота применимости математики к объяс-

¹ Синергетика – область научных исследований, целью которых является выявление общих закономерностей в процессах образования, устойчивости и разрушения упорядоченных временных и пространственных структур в сложных неравновесных системах различной природы (физических, химических, биологических, экологических и др.)

нению разнородных явлений послужила основанием упомянутого выше высказывания Л. Ландау о «сверхъестественности» математики.

Естественные науки (физика, химия, астрономия, биология, медицина и др.) изучают окружающий нас объективный мир. Гуманитарные науки (история, литература, филология, юриспруденция, социология и др.) – человеческое общество, происходящие в нем процессы и их субъективное восприятие, также представляющее собой реальность, поддающуюся наблюдениям и эксперименту. Математика же изучает саму себя и созданные в себе теории и модели.

С позиции взаимоотношения науки и предмета ее исследования различие между математическими и «нематематическими» дисциплинами оказывается несравненно более глубоким, чем различие между естественными и гуманитарными дисциплинами⁹.

Другим, обращающим на себя внимание, процессом представляется заметное размытие границы между естественными и социально-экономическими и гуманитарными науками активно протекающим в последние десятилетия. Более того, появляется ряд дисциплин, которые вообще трудно отнести к кругу естественных или гуманитарных наук. Например, по своим гносеологическим корням экономика относится к предметам, изучающим человеческое общество, соответственно, гуманитарным. Однако, постановка ряда вопросов современной экономики, активное внедрение математического моделирования экономических процессов в экономическую деятельность предприятий и менеджеров, позволяет отнести ее к кругу естественнонаучных дисциплин, таких как физика, например.

С другой стороны, гармоничность закономерной эволюции междунатурных взаимоотношений проявляется обратным проявлением сближения математики с гуманитарными дисциплинами в виде «гуманизации» самой математики в форме проникновения в нее подходов, характерных для дисциплин гуманитарного цикла¹⁰.

Математика занимает положение общего языка, позволяющего строить строгие логические дедуктивные доказательства в задачах различных областей человеческого знания, таких как физика, биология, техника, социология, астрономия, лингвистика и др. О необходимости изучения математики в 1267 г. английский философ Р. Бэкон говорил: «Тот, кто не знает математики, не может узнать никакой другой науки и даже не может обнаружить своего невежества»¹¹.

Математическая модель реальной ситуации позволяет анализировать и даже предсказывать результаты будущих наблюдений, а ведь именно оправдывающиеся впоследствии предсказания составляют основной предмет гордости каждой науки, определяют ее ценность. Например, работы И. Ньютона «Математические основы на-

туральной философии» имели огромное значение не только для математики и физики, но и всей человеческой цивилизации.

Однако математическая модель в большинстве случаев не дает немедленную практическую отдачу. Бывает так, что она окажется полезной только через две тысячи лет, как это произошло с работами Апполония Пергского (ок. 260 – 170 гг. до н.э.) по исследованию конических сечений. Увлеченность ученого красотой математической модели оказалась востребованной позже в работах И. Кеплера, открывшего законы движения планет, получившие доказательства в работах И. Ньютона, и используемые, к примеру, в космонавтике при проектировании запуска искусственных спутников.

Другой пример, хорошо известная модель «хищник-жертва». Человек-хищник охотится на диких вепрей в лесу, предварительно получив лицензию (разрешение) на отстрел. Злые вепри-кабаны регулярно осуществляют потраву сельско-хозяйственных угодий, однако, лишиться охотничьи угодья ценной дичи представляется нецелесообразным. Как достичь оптимального отстрела кабанов при сохранении численности популяции на некотором устойчивом уровне? Ответ прост: не назначать жесткого плана отстрела, а вести его с учетом обратной связи, т.е. ввести квоту пропорциональную имеющимся ресурсам.

Было бы совсем неплохо, если бы лица, принимающие ответственные решения, были ознакомлены с подобными моделями и другими правилами выбора стратегических социальных решений. Простые математические соображения – тот факт, что законы природы описываются дифференциальными уравнениями, – позволяют понять некоторые кажущиеся парадоксальными явления в нашей жизни.

Вот еще один наглядный и уже современный пример. В течение нескольких десятилетий состояние нашей социалистической экономики вызывало тревогу специалистов: милитаризация, монополия и общая некомпетентность руководства привели к тому, что сделалась отрицательной вторая производная (стали систематически замедляться темпы развития). Руководство, не обладающее достаточными математическими знаниями, не было слишком обеспокоено этим подозрительным явлением, так как первая производная все же была положительна (благосостояние росло). Но математики знают, что постоянно отрицательная высокого порядка производная в конце концов приведет к отрицательности первой производной, т.е. падению производства и благосостояния общества, причем этот процесс ухудшения, когда он делается заметным, будет ускоряться. Вследствие инерционности системы мгновенно изменить положение в такое время уже нельзя никакими средствами, так как всякого рода из-

менения влияют на знак старшей производной (для нашей перестройки – третьей или даже четвертой). Таким образом, наблюдаемая экономическая деградация вызвана не столько неправильными новыми решениями, сколько давними ошибками, сделанными еще во время роста производства. К сожалению, эти элементарные математические факты очень трудно объяснить ограбленному народу, склонному приписывать все ухудшения реформам. Любые реформы должны приводить к ухудшению, даже если они самые правильные.

Планы обычно составлялись так, чтобы оптимизировать выпуск продукции на 20 лет вперед. Математику ясно, что оптимальное планирование решения такого рода должно привести к полному уничтожению ресурсов в конце срока (иначе оставшиеся ресурсы можно было бы использовать, и план не был бы оптимальным). К счастью, планы корректировались и не исполнялись. Однако все основные тенденции выдерживались, и к началу перестройки мы, грубо говоря, «съели все, что у нас было».

Попытки составить детальные программы экономических реформ по дням подобны попыткам планирования всей экономики и аналогичны попытке составить программу для водителя автомобиля, который должен доехать от Саратова до Москвы (на такой-то минуте поверни направо, на такой-то налево). Успех может быть достигнут только за счет обратной связи, нужна не программа (траектория), а, говоря математическими терминами, векторное поле в пространстве состояний – механизм принятия решений в зависимости от реально достигнутого состояния, а не календарной даты.

Высказанные рассуждения целесообразно иметь в виду и при реформировании системы образования. Наши примеры показывают, что нет ничего практичнее хорошей теории. Нужно чтобы работники образования не гнались за сиюминутной практической потребностью, а всегда видели перспективные цели общества.

В этом разделе мы ознакомимся с основами математической логики, ставшей теорией, опередившей свое широкое практическое применение, попробуем путем формирования логических высказываний описать колебания гармонического осциллятора, рассмотрим пример снижения уровня субъективизма при оценке дипломных работ и раскроем достоинства и недостатки использования логических функций для проектирования системы мониторинга качества образования.

Цели данного раздела включают:

1. Применение алгебры Дж. Буля к описанию проектирования управления простой динамической системы с задачей описания принятия управленческого решения наиболее приближенного к логике рассуждений эксперта, принимающего решение.

2. На основе полученного опыта провести описание логики принятия совместного решения о выставлении итоговой оценки за выполненную дипломную работу двумя экспертами (научным руководителем дипломной работы и рецензентом) и группой экспертов, объединенных в государственную экзаменационную комиссию. Добиться четкой регламентации оцениваемых критериев и их последовательной связи, влияющей на данную оценку.

1.2 Логика простой динамической системы

Первоначально логика означало то же, что и законы мышления¹². Математическая логика изучает природу доказательств и пытается доказать в общих чертах все возможные типы утверждений, которые математики когда-либо докажут и которые они никогда не смогут доказать. Математическая логика в чем-то подобна заводу по производству охотничьих ружей, рабочие на котором хорошо разбираются в процессе изготовления качественного оружия, но не очень-то хорошо умеют выслеживать кабанов и стрелять в них из этих ружей.

Истоки логики относят к работам Дж. Буля, систематически изучившего маленькие безобидные слова связки, которыми мы активно пользуемся каждый день, чтобы соединять высказывания, это слова:

*и, или, не, влечет,
тогда и только тогда.*

Для них удобно использовать сокращения:

$\&$, \vee , \neg , \Rightarrow , \Leftrightarrow .

Тогда, если А высказывание «кабанов много» и высказывание В «кабаны потравили колхозные поля» могут образовать высказывание А&В, означающее «кабанов много и кабаны потравили колхозные поля».

Рассмотрим как, оперируя логическими высказываниями, можно смоделировать движение маятника, представляющего собой простую динамическую систему. Понятие динамической системы традиционно связывается с ее количественным описанием на языке дифференциальных уравнений¹³. Построение уравнений динамики требует глубокого понимания процессов, происходящих в объекте управления, и высокой физико-математической квалификации¹⁴. Между тем, человек способен управлять сложными объектами, не составляя и не решая никаких уравнений. Вспомним, например, с какой легкостью опытный водитель паркует автомобиль. Однако начинающий водитель тоже справится с задачей парковки, выполняя словесные команды инструктора, сидящего рядом.

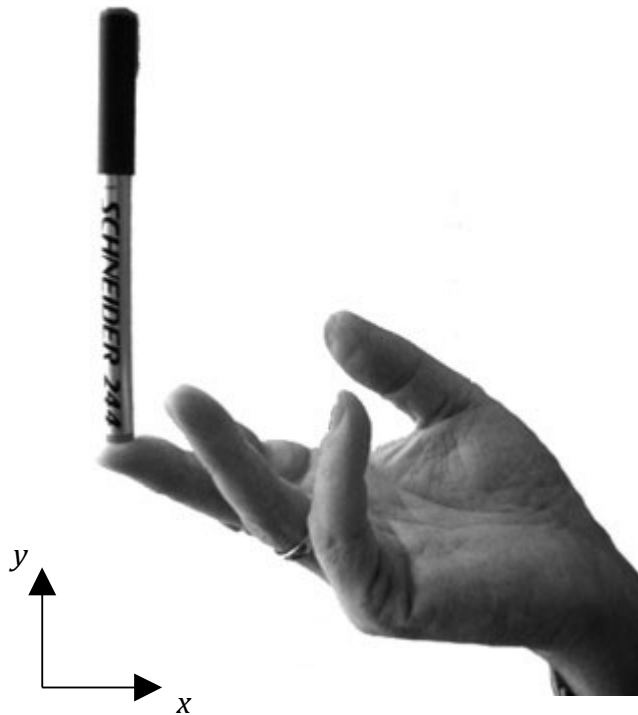


Рис. 1.1. Удержание палки на пальце

Человек научился описывать динамические объекты раньше, чем возникли соответствующие математические теории, оперируя оценками на естественном языке: малая скорость, большое расстояние и т.п. Для иллюстрации хода естественных рассуждений человека опишем решения жонглера, удерживающего палку на пальце (рис.1.1). При описании закономерностей исследуемого явления проведем упрощенные модели эксперимента, предположив, что маятник может колебаться только в плоскости x - y . Решаемая задача управления перевернутым маятником заключается в удержании его в вертикальном положении. В двумерном

случае вертикальное положение палки на пальце достигается с помощью простых правил:

- ЕСЛИ угол отклонения палки от вертикали большой, ТО следует быстро перемещаться в том же направлении.
- ЕСЛИ угол отклонения палки от вертикали малый, ТО следует осуществить малое перемещение в том же направлении.
- ЕСЛИ угол отклонения палки от вертикали равен нулю, ТО не следует перемещаться вообще.

Классическая модель управления представляет собой дифференциальное уравнение, в котором фигурируют длина маятника, масса маятника, вертикальная и горизонтальная составляющие суммы сил действующих на маятник, а также угол отклонения от вертикали. Именно этот угол является переменной, от величины и скорости изменения которой, зависит решение по управлению динамическим объектом. Для того, чтобы описать решение управления маятником мы будем использовать следующие обозначения:

- α – угол отклонения от вертикали,
- $\dot{\alpha}$ – скорость изменения угла.

В классической модели включена аналоговая зависимость от времени, а мы, описывая логику принятия решения, будем говорить о решении в каждый конкретный дискретный момент времени. Представим себе, как я устанавливаю ручку-маятник на пальце и начинаю ей балансировать. Я буду рассуждать так: «Если ручка слегка отклоняется на меня, то мне нужно тихонечко приложить управляющую силу моего руководящего динамическим процессом пальца, отталкивая подвластный мне объект от себя, тогда горизонтальная составляющая действующей на него силы тяжести будет направлена на меня и, подчиняясь непреодолимой тяжести, начнет стремительно возвращаться ко мне. Если воздействие окажется слишком сильным, он начнет стремительно отклоняться от вертикали в мою сторону и скорость изменения угла отклонения будет большой. В этом случае, мне нужно приложить большую силу, двигая опорный палец к себе. Тогда горизонтальная составляющая силы тяжести...». И так далее. В основе этих рассуждений, которые можно очень долго продолжать, лежат два правила, по которым мы принимаем решение. Сформулируем эти правила и для дальнейшей краткости описания обозначим их заглавными буквами латинского алфавита:

A – высказывание о значении угла отклонения от вертикали α ,
B – высказывание о значении скорости изменения угла $\dot{\alpha}$.

Введем систему координат и свяжем ее начало отсчета с точкой опоры маятника. Теперь мы получим направленные оси и сможем значения высказываний *A* и *B* будем оценивать следующими возможными параметрами:

ОБ – отрицательный большой,
О – отрицательный,
Н – нулевой,
П – положительный,
ПБ – положительный большой.

Теперь из необходимых нам знаний о величине и скорости изменения угла отклонения от вертикали возможно собрать логическое высказывание *A&B*. Назовем результирующей функцией *f*, имеющей смысл получаемого жонглирующим человеком решения об удержании палки на пальце. Функция *f* может принимать значения:

БО – большая отрицательная,
О – отрицательная,
Н – нулевая,
П – положительная,
БП – большая положительная,

Запишем правила принятия решения в табл.1.1, которая в кратких обозначениях содержит все возможные рассуждения, проводимые при балансировании маятником на пальце.

Таблица 1.1

Значение функции решения в зависимости от значений α , α'

$\alpha \backslash \alpha'$	ОБ	О	Н	П	БП
ОБ	БО	БО	БО	О	Н
О	БО	БО	О	Н	П
Н	БО	О	Н	П	БП
П	О	Н	П	П	БП
БП	Н	П	БП	БП	БП

Описанный пример показывает, что некоторую задачу управления динамическим объектом в тех случаях, когда трудно получить дифференциальные уравнения, адекватно описывающие динамику системы с учетом различных нелинейных возмущений можно описать в виде лингвистических правил. Тогда мы можем составить математическую модель системы, не используя дифференциальные уравнения. Модель динамики системы легко записывается с применением логических функций, на основе которых строится результирующая функция, в данном случае $f=A\&B$.

Однако встает очевидный вопрос: БО – это насколько большая отрицательная? О – отрицательная – это насколько отрицательная? И так далее. Эта задача решается методом задания весовых коэффициентов, которые, в случае с маятником, можно определить из численного эксперимента, а в случае решения задачи управления социологическим объектом, таким как система высшего образования, потребуется настройка системы весов, например, с применением знаний экспертов.

Все мы представляем собой, в некотором смысле, экспертов от образования, поскольку мы «все учились понемногу чему-нибудь и как-нибудь. Образованьем, слава богу, у нас не мудрено блеснуть». Этими известными со школы стихами А. С. Пушкин выразил больше мыслей, чем мы сможем обсудить в этой работе. Одна из них наиболее интересна для темы исследования – это качество образования. Качество должно быть измеримо и его традиционной системой измерения

остаётся пятибалльная система оценок. Ее совершенствование много обсуждают, но, говоря о логике управления, заметим, что эти оценки ставит кто-нибудь и как-нибудь. Для преодоления данной некорректности рассмотрим выстраивание регламентированной процедуры логических рассуждений при выставлении оценок. Далее мы рассмотрим пример такой регламентации.

1.3 Пример разработки критериев оценки качества дипломных работ для снижения уровня субъективизма в модели, основанной на применении логических функций

Материалы данного примера воспроизводятся по авторской работе 6.

Традиционная система оценки качества дипломных проектов носит субъективный характер. Очевидна необходимость усовершенствования системы оценки качества дипломного проектирования, продиктованная следующими основными причинами¹⁵:

- необходимостью ввести общую систему оценки работ, минимизируя субъективизм руководителей, кафедр и вузов;
- потребностью сформировать четкие основы создания автоматизированных банков данных, содержащих информацию о личных и профессиональных качествах студента-дипломника;
- своевременностью введения в воспитательный процесс возможности оперативно прогнозировать свою будущую оценку и вносить коррективы для ее улучшения студентом-дипломником в период выполнения выпускной работы.

Рассмотрим реальную схему рассуждений, которыми пользуются квалифицированные специалисты при оценке работы дипломника. Обоснование оценки членами государственной экзаменационной комиссии выглядят примерно так:

ЕСЛИ работа актуальна, выполнена самостоятельно, решения глубоко обоснованы, оформление отвечает стандартам, результаты пригодны к внедрению, во время защиты даются четкие ответы на вопросы,

ТО дипломник заслуживает отличной оценки.

Инструкции в виде рассуждений такого рода, зафиксированные в виде словесных инструкций, есть, как правило, на всех выпускающих кафедрах. Поэтому возможно их непосредственное использование для оценки качества дипломного проектирования в виде алгоритмов теории нечетких множеств¹⁶.

Процесс дипломного проектирования начинается с получения задания и заканчивается публичной защитой проекта перед членами

государственной экзаменационной комиссии (ГЭК), которые принимают конечное решение об итоговой оценке с учетом качества защиты проекта. При этом источниками первичной информации о качестве деятельности студента-дипломника являются: руководитель проекта, который располагает сведениями о работе студента во время выполнения выпускной дипломной работы; рецензент (оппонент), который оценивает дипломный проект как конечный продукт, не основываясь на информации о личных качествах дипломника.

Обозначим итоговую оценку, показывающую качество дипломного проектирования буквой – R . Для оценки этого показателя традиционно выделяется: качество процесса подготовки дипломного проекта (X), которое оценивается руководителем, качество дипломного проекта как продукта (Y), которое оценивается рецензентом и качество защиты дипломного проекта (Z), которое оценивается членами ГЭК (рис.1.2).

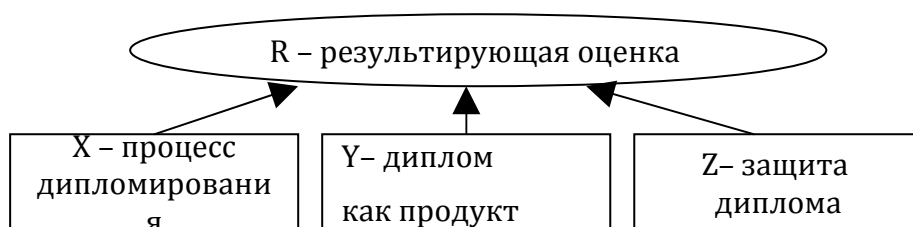


Рис. 1. 2. Взаимосвязь обобщенного R и частных показателей X, Y, Z .

На некоторых кафедрах существуют четко установленные требования, предъявляемые к правилам оценки работы студента во время подготовки дипломной работы, к обязательным составным частям готовой работы, к правилам ее публичной защиты. Однако, в большинстве случаев, руководители и рецензенты выставляют оценки, руководствуясь исключительно личным опытом, эрудицией, этическими нормами и интуицией. Сам же выпускник, будущий специалист, или может быть магистр, остается в полном неведении, вплоть до объявления результата. Безусловно, сегодня такие отношения уходят в прошлое во всех сферах жизни современного общества. Должны быть преодолены и инерционные последствия нерыночных отношений и в высшей школе. Это позволит воспитывать ощущение уверенности в своих действиях и высокое чувство ответственности за свои поступки у выпускника.

Достаточно легко обобщить предъявляемые к выпускнику требования. Например, руководитель оценивает работу по следующим показателям:

- x_1 – добросовестность студента дипломника;

- x_2 – умение самостоятельно работать с литературой;
- x_3 – достижение цели, сформулированной в качестве темы ДП;
- x_4 – объем и качество самостоятельно полученных результатов;
- x_5 – умение обобщить и систематизировать результаты проделанной работы и сделать выводы.

Рецензент оценивает работу последующим частным показателям:

- y_1 – обоснование актуальности темы ДП;
- y_2 – новизна работы;
- y_3 – объем и качество обзора литературы;
- y_4 – возможность практического использования;
- y_5 – степень обоснованности решений;
- y_6 – качество полученных результатов;
- y_7 – степень достоверности полученных результатов;
- y_8 – соблюдение стандартов: качество оформления работы и графических материалов;
- y_9 – язык и стиль изложения;
- y_{10} – использование современных методик.

Пусть члены ГЭК оценивает работу по следующим показателям:

- z_1 – качество доклада;
- z_2 – наличие и качество иллюстративного материала;
- z_3 – степень самостоятельности и качество и ответов на вопросы;
- z_4 – общая оценка работы.

Предположим, что лингвистические переменные $x_1 \div x_5$, $y_1 \div y_{10}$ и $z_1 \div z_4$ и, соответственно, X , Y , Z оцениваются по приведенной шкале:

- Н – низкий,
- нС – ниже среднего,
- С – средний,
- вС – выше среднего,
- В – высокий.

Таблица 1.2.
Рекомендации по оценке частных показателей качества
X научным руководителем

Частный показатель		Уровни оценки показателей				
		Низкий	Ниже среднего	Средний	Выше среднего	Высокий
x_1	Добросовестность студента дипломника	Нуждается в жестком контроле	Не полностью понимает и выполняет задания	Своевременно выполняет задания	Предупреждает получаемые задания	Квалифицированно выполняет работу
x_2	Умение самостоятельно работать с литературой	Недостаточный анализ заданной литературы	Работает с заданной отечественной литературой	Работает с заданной отечественной и зарубежной литературой	Активно находит и изучает отечественную литературу	Активно находит и изучает отечественную и зарубежную литературу
x_3	Достижение цели, сформулированной в качестве темы ДП	Не полностью раскрыты задачи и цели ДП	В основном цель достигнута	Цель достигнута	Цель достигнута, логически открывает следующий круг задач	Цель достигнута, раскрыты логически вытекающие задачи
x_4	Объем самостоятельно полученных результатов	Использует чужие результаты	Использует результаты руководителя и группы	Использует свои результаты, руководителя и группы	Использует свои результаты и группы	Результаты получены полностью самостоятельно
x_5	Умение обобщить и систематизировать результаты проделанной работы сделать выводы	Нуждается в пояснениях и активной помощи руководителя при проведении систематизации	Частично проводит обобщение, нуждается в помощи руководителя	Проводит обобщение полученных результатов с корректировкой руководителя	Проводит обобщение полученных результатов и систематизацию с корректировкой руководителя	Четко и грамотно структурирует результаты, логически раскрывая системность исследования

Таблица 1.3.
Рекомендации по оценке частных показателей
У качества научным рецензентом

Частный показатель		Уровни оценки показателей				
		Низкий	Ниже среднего	Средний	Выше среднего	Высокий
$У_1$	Обоснование актуальности	Тематика устарела, результаты исследования получены ранее	Результаты исследования получены ранее, актуальность не раскрыта	Работа актуальна, однако ее актуальность не вполне обоснована	Работа актуальна и ее актуальность обоснована	Работа соответствует передовым научным исследованиям и ее актуальность четко обоснована
$У_2$	Новизна работы	Отсутствует	Дублирует уровень мало перспективных образцов	Дублирует уровень средних образцов	Перспективные образцы	Оригинальные идеи
$У_3$	Объем и качество обзора литературы	Недостаточный анализ	Отечественная литература	Современная отечественная литература	Отечественная и зарубежная литература	Новая отечественная и зарубежная литература
$У_4$	Возможность практического использования	Нет конкретных практических рекомендаций	Возможно приведение рекомендаций	Результаты имеют рекомендационный характер	Результаты имеют рекомендационный характер, частично возможно использование	Возможное непосредственное использование
$У_5$	Степень обоснованности решений	Вариантные расчеты отсутствуют	Есть результаты только одного варианта	Обоснован выбор оптимального варианта	Обоснован и доказан выбор оптимального варианта	Обоснован выбор оптимального варианта и практически применен

Таблица 1.3. (продолжение)
Рекомендации по оценке частных показателей
У качества научным рецензентом

Частный показатель		Уровни оценки показателей				
		Низкий	Ниже среднего	Средний	Выше среднего	Высокий
У ₆	Качество полученных результатов	Результаты сомнительны		Ординарные результаты		Неординарные результаты
У ₇	Степень достоверности полученных результатов	Результаты не подтверждаются	Результаты частично не подтверждаются	Результаты отсутствуют на уровне построения аналогий	Результаты подтверждаются подобными исследованиями	Результаты подтверждены экспериментально и на практике
У ₈	Соблюдение стандартов: качество оформления работы и графических материалов	Установленные требования не выполнены	Установленные требования выполнены, иллюстрации не раскрывают смысл проекта	Не полностью раскрывают смысл, есть погрешность в оформлении	Установленные требования выполнены с мелкими ошибками	Полностью соответствует установленным стандартам
У ₉	Язык и стиль изложения	Много стилистических и грамматических ошибок	Есть отдельные стилистические и грамматические ошибки	Есть отдельные грамматические ошибки	Текст читается легко, есть отдельные ошибки	Текст читается легко, ошибки отсутствуют
У ₁₀	Использование современных методик	Использование ЭВМ отсутствует или носит второстепенный характер, устаревшие методики	Использование ЭВМ, устаревшие методики	Современные пакеты программ в основной части, известные методики	Современные пакеты программ в основной части, современные методики	Оригинальные программно-технические средства и методики в основной части работы

Таблица 1.4.
Рекомендации по оценке частных показателей Z ГЭК

Частный показатель		Уровни оценки показателей				
		Низкий	Ниже среднего	Средний	Выше среднего	Высокий
Z_1	Качество доклада	Не соблюден регламент, недостаточно раскрыта тема проекта	Не раскрывает тему проекта	Есть ошибки в регламенте и использовании иллюстраций	Соблюдение времени, раскрытие актуальности, новизны, метода с использованием иллюстраций	Свободное владение представленным материалом и вниманием аудитории
Z_2	Качество иллюстраций	Наглядный материал отсутствует	Не отвечают докладу, выполнены на низком уровне	Не полностью отвечают содержанию доклада, есть ошибки в оформлении и отклонение от стандартов	Есть незначительные погрешности в оформлении	Полностью отвечают содержанию доклада, дополняют его, отвечают требованиям стандартов
Z_3	Качество ответов на вопросы	Не может ответить на дополнительные вопросы	В основном	Знание основного материала	Высокая эрудиция, нет существенных ошибок	Ответы точные, высокий уровень эрудиции
Z_4	Общая оценка работы	Низкий	Ниже среднего	Средний	Выше среднего	Высокий

Таким образом, мы сможем сформировать некоторые выражения, позволяющие интерпретировать нечеткие лингвистические формулировки в конкретные математические выражения:

$$R=f_R(X, Y, Z), \quad (1.1)$$

$$X=f_X(x_1, x_2, x_3, x_4), \quad (1.2)$$

$$Y=f_Y(y_1, y_2, \dots, y_9), \quad (1.3)$$

$$Z=f_Z(z_1, z_2, z_3, z_4), \quad (1.4)$$

Полученные знания о соотношениях (1.1-1.4) мы зададим в виде матриц, один из фрагментов которых представлен в табл. 1.5.

Таблица 1.5.
Фрагмент знаний о соотношениях (1.2)

Добросо- вестность, x_1	Самостоя- тельность, x_2	Прагма- тичность, x_3	Результа- тивность, x_4	Систематизиро- ванность, x_5	Оценка руко- водителя, X
Высокий	Высокий	Высокий	Высокий	Высокий	Высокий
Высокий	Высокий	Высокий	Высокий	Выше среднего	Высокий
Высокий	Высокий	Высокий	Выше среднего	Выше среднего	Высокий
...					
Низкий	Низкий	Низкий	Низкий	Низкий	Низкий

Построив соответствующие матрицы для всех позиций X, Y, Z переходим к формированию итоговой оценки R и представим ее соответствие традиционной пятибалльной системе оценок.

Традиционная 5-ти-балльная система оценки качества знаний не позволяет учитывать различные градации (оттенки) качества, например, твердая четверка, четверка с натяжкой и т.д. Поэтому оценку качества дипломного проектирования мы будем проводить на 7-ми уровнях: r_1 - очень низкий; r_2 - низкий; r_3 - ниже среднего; r_4 - средний; r_5 - выше среднего; r_6 - высокий; r_7 - очень высокий.

<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="border-right: 1px solid black; padding: 2px 5px;">r_7</td><td style="padding: 2px 5px;">5 – отлично</td></tr> <tr><td style="border-right: 1px solid black; padding: 2px 5px;">r_6</td><td style="padding: 2px 5px;">4 – хорошо</td></tr> <tr><td style="border-right: 1px solid black; padding: 2px 5px;">r_5</td><td style="padding: 2px 5px;">3 – удовлетво- рительно</td></tr> <tr><td style="border-right: 1px solid black; padding: 2px 5px;">r_4</td><td style="padding: 2px 5px;">2 – неудовле- творительно</td></tr> </table>	r_7	5 – отлично	r_6	4 – хорошо	r_5	3 – удовлетво- рительно	r_4	2 – неудовле- творительно	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="border-right: 1px solid black; padding: 2px 5px;">r_7</td><td style="padding: 2px 5px;">5 – отлично</td></tr> <tr><td style="border-right: 1px solid black; padding: 2px 5px;">r_5</td><td style="padding: 2px 5px;">4 – хорошо</td></tr> <tr><td style="border-right: 1px solid black; padding: 2px 5px;">r_3</td><td style="padding: 2px 5px;">3 – удовлетво- рительно</td></tr> <tr><td style="border-right: 1px solid black; padding: 2px 5px;">r_1</td><td style="padding: 2px 5px;">2 – неудовле- творительно</td></tr> </table>	r_7	5 – отлично	r_5	4 – хорошо	r_3	3 – удовлетво- рительно	r_1	2 – неудовле- творительно	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="border-right: 1px solid black; padding: 2px 5px;">r_7</td><td style="padding: 2px 5px;">5 – отлично</td></tr> <tr><td style="border-right: 1px solid black; padding: 2px 5px;">r_4</td><td style="padding: 2px 5px;">4 – хорошо</td></tr> <tr><td style="border-right: 1px solid black; padding: 2px 5px;">r_2</td><td style="padding: 2px 5px;">3 – удовлетво- рительно</td></tr> </table>	r_7	5 – отлично	r_4	4 – хорошо	r_2	3 – удовлетво- рительно
r_7	5 – отлично																							
r_6	4 – хорошо																							
r_5	3 – удовлетво- рительно																							
r_4	2 – неудовле- творительно																							
r_7	5 – отлично																							
r_5	4 – хорошо																							
r_3	3 – удовлетво- рительно																							
r_1	2 – неудовле- творительно																							
r_7	5 – отлично																							
r_4	4 – хорошо																							
r_2	3 – удовлетво- рительно																							
а)	б)	в)																						

Рис. 1.3. Варианты перехода к пятибалльной системе оценок

Чем больше уровней имеет показатель качества, тем точнее его оценка. Переход от введенной 7-ми уровневой системы к традиционной 5-ти-балльной системе может осуществляется по-разному в зависимости от так называемой планки учебного заведения. Она зависит от многих факторов, среди которых важнейшими являются уровни квалификации, требовательности и принципиальности руководителя проекта, рецензента и членов ГЭК. Из рис. 1.3 видно, что снижение

планки осуществляется с переходом от варианта а), где она самая высокая, к варианту в), где она самая низкая.

Каждая группа строчек отображает условное высказывание, которое связывает нечеткие значения входных и выходных переменных. Например, из табл. 1.5 видно, что условием очень высокого (r_7) качества дипломного проектирования является высказывание:

ЕСЛИ (X=B) И (Y=B) И (Z=B)

ТО R=r₇.

или

ЕСЛИ (X=B) И (Y=B) И (Z=vC)

ТО R=r₇.

Нечеткие логические уравнения, поставленные в соответствие матрицам знаний табл. 1.5, позволяют оценивать интегральное качество дипломного проектирования для фиксированных значений частных показателей.

Применение подобной автоматизированной системы оценки качества дипломного проектирования разрешает утверждать¹⁵, что она дает ряд позитивных эффектов, которые способствуют повышению качества дипломного проектирования. Во-первых, студент-дипломник имеет возможность оперативно прогнозировать свою оценку, тем самым, управляя качеством собственной деятельности во время выполнения дипломной работы. Во-вторых, благодаря существованию формализованного бланка оценки частных показателей, заведующий кафедрой может оперативно контролировать качество и объективность отзывов, которые подают руководитель и рецензент на каждый дипломный проект. В-третьих, выпускающая кафедра накапливает банк данных о качестве деятельности всех своих выпускников. В-четвертых, появляется возможность оценки планки учебного заведения благодаря сопоставлению расчетных 7-ми уровневых оценок и окончательных оценок по пятибалльной системе, которые выставляет ГЭК.

1.4 Выводы

В разделе показано, как можно применять логические функции и моделировать лингвистические правила принятия решений при проектировании модели управления некоторым динамическим объектом, воздействуя на который можно добиться результата. Однако реальные объекты имеют гораздо более сложную структуру, и дело здесь не только в сложности подбора весовых коэффициентов.

Рассмотрим простой пример, описанный в произведении А. М. Володина «Ящерица» – древнее племя «Зубров» воюющее за рыболовные и лесные территории с племенем «Скорпионов». Сильное и

выносливое племя Зубров потеснило племя Скорпионов с богатых рыбной территорией, но голодает, не умея плести рыболовные сети. Тогда руководители племени сильного направили к более развитым соседям женщину, по имени Ящерица, с целью узнать секрет изготовления сетей и хранения рыбы. Ящерица выполнила задание, вернулась и принесла сеть. Однако руководство племени все же заподозрило ее в измене, поскольку она была печальна и задумчива. Секрет был прост – пожертвовав собой, она потеряла только что найденную любовь. Племя управлялось Главой Рода и десятью членами Совета. Наиболее важные вопросы жизни племени решались путем голосования на Совете, где решения принимаются простым большинством голосов. Глава Рода ставил вопросы на голосование, а сам не голосовал. Такая простая демократия.

Глава Рода, полагая, что Ящерица побежит обратно в то племя «сообщить все наши тайны», предложил сделать «так, чтобы ее не было! Исчезла!» Прежде чем поставить вопрос на голосование Глава Рода поинтересовался мнением членов Совета по данному вопросу. И выяснил, что только четверо членов поддерживает его полностью, то есть считают поведение Ящерицы разлагающим племя и недопустимым ее дальнейшую жизнь в племени. Четверо других признавали ее поведение странным, но считали наказание слишком строгим. Двое оставшихся считали, что Ящерица полностью выполнила свой долг и наказывать ее не за что.

Тогда Глава Рода пошел чисто логическим путем и провел голосование по данному вопросу в два этапа. Первым он поставил на голосование высказывание А: «Если Ящерица перевербована племенем Скорпионов ее следует наказать, а если нет, то ее вообще не следует наказывать». Решение было принято большинством голосов, потому что за него проголосовали четверо солидарных с Главой Рода членов Совета и те двое, которые считали, что ее вообще не за что наказывать. Вслед за этим Глава Рода поставил на голосование высказывание В: «Ящерица перевербована». За него проголосовало восемь членов Совета. Из высказывания А&В очевидным получается решение о том, что следует сделать так, чтобы Ящерицы не стало. Исчезла. На чем и настаивал Глава Рода после голосования по высказываниям А и В.

Какие же выводы нам следует сделать из этой «парламентской» истории управления голосованием? При моделировании любого явления можно попытаться учесть как можно больше особенностей, а можно, наоборот, обеднить модель, ухватив в ней только самые общие черты. В случае принятия решений в системе образования результат обедненности модели может привести к отнюдь нешуточным послед-

ствиям. С учетом большой инерционности и консервативности системы существует вероятность привести ее к состоянию аналогичному примеру с отрицательностью второй производной по экономическим показателям, описанному в первом подпункте раздела. Следовательно, необходимо стремиться учесть как можно больше особенностей системы. Поскольку реальное моделирование крайне сложно, следует установить следующие выводы:

1. Самым очевидным упущением в рассмотренном примере является двойственность первого высказывания А. Однако, подобная двойственность может возникнуть при построении логических высказываний, как если бы оно было сформулировано из двух противоположных. Все используемые высказывания можно занумеровать и выстроить в виде определенной последовательности, образующей дерево вывода, ветви вывода которого должны быть спроектированы с учетом недопустимости скрещивания противоречащих высказываний.

2. Общее количество высказываний должно быть счетно.

3. Необходимо ввести такие ограничения, при которых любое количество высказываний оказалось незамкнутым, относительно числа операций. Некоторые решения не могут приниматься на основе значений логического вывода.

4. Установление результата обсуждения высказывания нецелесообразно ориентировать на некоторое большинство. В случае управления сложным социологическим объектом необходимо использовать более корректные алгоритмы вывода. Для построения системы показателей нужно разработать простую легко реализуемую и автоматизируемую структуру оценки показателей.

Аппарат проведения подобной оценки может быть найден в математическом аппарате теории нечетких множеств. Теория нечетких множеств начала активно развиваться начиная с работ профессора Калифорнийского университета (Беркли) Лотфи А. Заде (Lotfi A. Zadeh)¹⁷. Его работы заложили основы моделирования интеллектуальной деятельности человека, явились начальным толчком к развитию новой математической теории и создали предпосылки для внедрения методов нечеткого управления в инженерную практику. В разработанной теории понятие множества расширено и введено понятие лингвистической переменной, в качестве значений (термов) которой выступают нечеткие множества. Применение этой теории позволит преобразовать и развить полученные в данном разделе результаты.

2 Применение математического аппарата теории нечетких множеств к задачам принятия решений

Перед непосредственностью отношения все опосредующее теряет значимость.

Мартин Бубер

2.1 Введение и цели раздела

Беспрецедентный рост интереса к аспектам применения теории нечетких множеств практически во всех отраслях науки и техники обусловлен возможностью построения моделей примерных рассуждений человека, обладающего наиболее поразительным свойством – способностью принимать правильные решения в обстановке неполной и нечеткой информации.

Проблема оценки эффективности деятельности организации оказывается достаточно сложной, по причине большого количества разобобщенных числовых данных, в ряде случаев неполных, и в силу этого, являющихся слишком сложными для анализа с помощью общепринятых количественных методов. Кроме того, используются качественные характеристики в лингвистической трактовке, которые сложно интерпретировать количественно. Следует обратить внимание и на следующую проблему создания универсальной, разумной системы оценки эффективности деятельности компании. Все существующие изменения и дополнения в модели оценки эффективности деятельности предприятий направлены только на изменение и дополнение, сконцентрированные на модернизацию уже существующего принципа действия методик оценки эффективности. В то время как решение сложных, комплексных проблем требует применения больших знаний, чем было использовано при их формировании. При этом наблюдается возникновение надсистемных противоречий – как, например, противоречие эффективности макро- и микроэкономик. Для их решения характерно использование методов других наук, не смежных с наукой, в которой возникли текущие проблемы.

По всем приведенным критериям применение теории нечетких множеств представляется чрезвычайно перспективным и многообещающим.

Для построения модели адекватной реальности, в которой используется большое количество разобобщенных числовых данных, нечеткая логика обеспечивает эффективные средства отображения неопределенностей и неточностей реального мира. Наличие матема-

тических средств отражения нечеткости исходной информации позволяет построить модель, адекватную реальности.

Л. Заде расширил ранее существовавшее понятие множества и ввел понятие лингвистической переменной, в качестве значений (термов) которой выступают нечеткие множества. Возможность использования лингвистических описаний и характеристик объектов значительно повышает спектр задач управления, для которых могут быть применены методы теории нечетких множеств.

Расширяя понятия множества, Л. Заде изменил аппарат определения отношения некоторого элемента к множеству с простой характеристики «принадлежит» или «не принадлежит» элемент подмножества данному множеству (соответственно функция принадлежности характеризуется 1 или 0) на более неопределенную. В нечетком множестве каждому элементу соответствует характеристическая функция принадлежности, принимающая любые значения в интервале $[0;1]$. Функция принадлежности указывает *степень* (или уровень) принадлежности элемента к множеству. Модель оценки эффективности деятельности организации может быть также построена с применением математического аппарата теории нечетких множеств и с позиции возможности варьировать функцию принадлежности, основываясь на экспериментальной проверке функционирования всей модели оценки эффективности деятельности организации. Подобную возможность можно представить как возможность «обучения» спроектированной модели работе с реальными организациями.

Лингвистической в теории fuzzy set мы называем переменную, значениями которой являются слова или предложения естественного или искусственного языков. Например, «Возраст» – лингвистическая переменная, если она принимает лингвистические, а не числовые значения, т. е. значения молодой, не молодой, очень молодой, вполне молодой, старый, не очень старый и не очень молодой и т. п., а не 20, 21, 22 и т. д.

Возможности применения теории нечетких множеств в условиях неопределенности автор теории нечетких множеств (ТНМ) иллюстрировал в задаче о Роберте¹⁸, которая является примером широкого класса проблем, имеющих дело с неопределенностями, которые недоступны классической теории вероятностей и байесовским методам. В то же время, вопросы, поставленные в задаче о Роберте, относятся к области обобщенной теории вероятностей, основанной на фактах восприятия (представлениях, впечатлениях). Задача о Роберте связана с нашими повседневными рассуждениями на основе здравого смысла. Она имеет целью обратить внимание на основной недостаток классических теорий вероятности и анализа решений – неспособность опе-

рировать с информацией, основанной на субъективных представлениях.

«Предположим, что я решаю вопрос о необходимости позвонить Роберту домой в 6:00 вечера. Вопрос состоит в выборе типа разговора («person-to-person» или «station-to-station»), если они имеют стоимость a и b , соответственно.

Решение принимается на основе информации о вероятности P того, что Роберт будет дома в 6:00 вечера. Задается вопрос: Чему равно P ?

Существует следующие три варианта анализа имеющейся информации. Изложим их в порядке возрастания сложности анализа.

Вариант 1. Мои представления состоят в том, что: обычно Роберт возвращается с работы около 6:00 вечера.

Вариант 2. Мои представления следующие: (а) обычно Роберт покидает свой офис около 5:30 вечера, и (b) обычно ему требуется около 30 минут, чтобы добраться до дома.

Вариант 3. Мои представления следующие: (а) обычно Роберт покидает свой офис около 5:30 вечера, и (b) время поездки зависит от времени, когда он покинул офис

Дополнительный вопрос: Чему равно самое раннее время, при котором вероятность того, что Роберт будет дома, будет высокой? Предполагается, что в задаче о Роберте такие термы, как «высокий», «обычно», «около» не имеют четкого значения»¹⁸.

Типичный пример системы, хорошо поддающейся реализации с помощью нечеткой логики, – АБС – антиблокировочная тормозная система. Реализации АБС существует множество, но в общем случае управление осуществляется по двум входным параметрам: проскальзыванию колеса (отношение скорости автомобиля к мгновенной линейной скорости точки на внешнем радиусе колеса относительно его центра) и радиальному ускорению колеса. Оба параметра представляются в виде логических переменных с набором из 5 - 8 термов каждая (например “отсутствует”, “слабое”, “среднее”, “сильное”, “очень сильное”) и т. п.), на основании которых вычислитель, используя набор правил (их количество равно произведению количества термов входных переменных), получает значение давления в тормозном цилиндре, стремясь к поддержанию оптимального проскальзывания. Подобная задача, впрочем, решается и классическими вычислителями с помощью трехмерных таблиц, описывающих плоскость выходного значения в зависимости от двух входных.

В данном разделе мы опишем основные понятия и методы теории нечетких множеств, определимся с понятием «нечеткое», его отличиями от четкого, ознакомимся с основными интерпретациями

предложенными автором данной теории. Существует шуточная легенда, о том, что идея разработать математический аппарат, с использованием которого возможно моделировать приближенные рассуждения человека, пришла в голову ее разработчику, подобно тому яблоку, упавшему на голову И. Ньютону, открывшему закон всемирного тяготения. В нашей истории Л. Заде, отдыхая после ужина, заспорил со своим другом о том, чья из их жен более привлекательна, как измерить привлекательность и логически строго обосновать. Ознакомившись с основами зародившейся, возможно, в том самом споре ТНМ, перейдем от понятия нечеткого числа и множества к нечетким лингвистическим переменным и рассмотрим основные принципы лингвистического моделирования. В этой части раздела использованы материалы работ^{17, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25}.

Изучив основные используемые понятия, мы перейдем к разработке практического примера применения математического аппарата к уже известному из прошлого раздела примеру снижения уровня субъективизма при оценке дипломных работ. На основе полученных выше критериев оценки работы руководителем, рецензентом и ГЭК, построим функции принадлежности для используемых оценок и определим результат как выполнение операций над соответствующими нечеткими множествами. В итоге обсудим наши достижения.

2.2 Нечеткие множества

Теория нечетких множеств (ТНМ) представляет собой обобщение и переосмысление важнейших направлений классической математики, которая со времен Платона и Аристотеля считала логически стройные дедуктивные методы построения заключений единственно научными. У истоков ТНМ лежат идеи и достижения многозначной логики, которая указала на возможности перехода от двух к произвольному числу значений истинности и поставила задачу решения проблемы оперирования понятиями с изменяющимся содержанием, присутствующими системам, трудно поддающимся стройной дедукции.

Подход к формализации понятия нечеткого множества состоит в обобщении понятия принадлежности отдельного элемента этому множеству. В обычной теории множеств существует несколько способов задания множества. Одним из них является задание с помощью характеристической функции, определяемой следующим образом. Пусть U – так называемое *универсальное множество*, из элементов которого образованы все остальные множества, рассматриваемые в данном классе задач, например множество всех целых чисел, множество всех гладких функций и т. д. Характеристическая функция множества $A \subseteq U$

– это функция μ_A , значения которой указывают, является ли $x \in U$ элементом множества A :

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1, & \text{если } x \in A \\ 0, & \text{если } x \notin A \end{cases}$$

Особенностью этой функции является бинарный характер ее значений, что, заметим, характеризует минимальную единицу информации в объемном измерении.

С точки зрения характеристической функции, *нечеткие множества* есть естественное обобщение обычных множеств, когда мы отказываемся от бинарного характера этой функции и предполагаем, что она может принимать любые значения на отрезке $[0,1]$. В теории нечетких множеств характеристическая функция называется *функцией принадлежности*, а ее значение $\mu_A(x)$ – степенью принадлежности элемента x нечеткому множеству A .

Более строго, *нечетким множеством* A называется совокупность пар

$$A = \{ \langle x, \mu_A(x) \rangle \mid x \in U \},$$

где μ_A – функция принадлежности, т.е. $\mu_A : U \rightarrow [0,1]$.

Пусть например, универсальное множество U есть множество действительных чисел. Нечеткое множество A , обозначающее множество чисел, близких к 10 (см. рис.2.1), можно задать следующей функцией принадлежности:

$$\mu_A(x) = (1 + |x - 10|^m)^{-1},$$

где $m \in \mathbb{N}$.

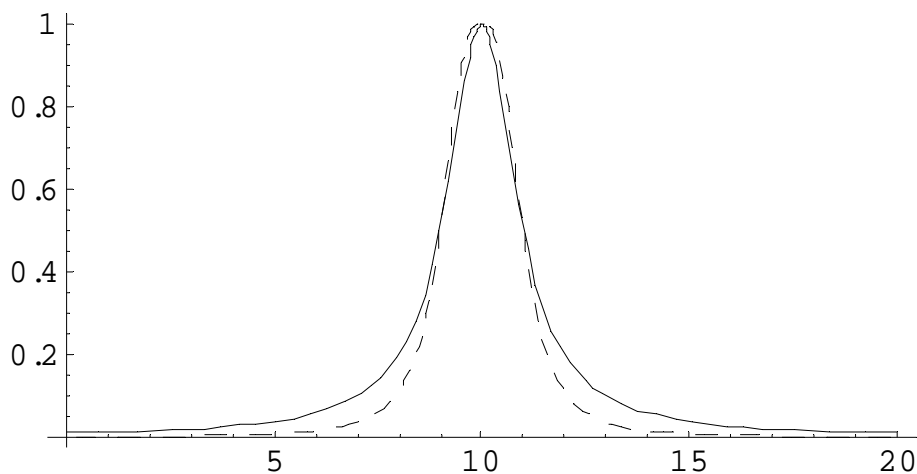


Рис. 2.1. Графики функции принадлежности множества чисел близких к 10 при $m=2$ (сплошная линия) $m=3$ (пунктир).

Показатель степени m выбирается в зависимости от степени близости к 10. Например, для описания множества чисел, очень близких к 10, можно положить $m=3$; для множества чисел, не очень далеких от 10, $m=2$. Тогда, когда двое людей договорились встретиться под часами в 10 часов, логика их субъективного восприятия точности времени встречи становится более понятной с математических позиций – все дело в функции принадлежности.

В отличие от обычного множества нечеткое множество позволяет учитывать степени принадлежности понятиям-классам, не имеющим четких границ, которые характерны для человеческого мышления. При нечетком моделировании систем, задаваемых набором экспериментальных данных, функции принадлежности могут изначально определяться произвольно в виде треугольных, трапециевидных, гауссовых и другого типа параметрических функций принадлежности, которые в дальнейшем могут настраиваться для уменьшения ошибки рассогласования между нечеткой моделью и моделируемой системой.

При исследовании алгебраических свойств нечетких множеств удобно отождествлять их с функциями принадлежности, поэтому там, где это не будет вызывать недоразумений, под нечетким множеством A будет пониматься сама функция принадлежности.

Операции над нечеткими множествами задаются аналогично операциям над характеристическими функциями поэлементно:

$$\begin{aligned}(A \cap B)(x) &= A(x) \wedge B(x), \\ (A \cup B)(x) &= A(x) \vee B(x), \\ (\neg A)(x) &= \neg A(x).\end{aligned}$$

В качестве операции конъюнкции, дизъюнкции и отрицания на $[0,1]$ Л. Заде предложил следующее обобщение булевых функций:

$$\begin{aligned}x \wedge y &= \min(x, y) \\ x \vee y &= \max(x, y) \\ \neg x &= 1 - x\end{aligned}$$

Над нечеткими множествами можно производить различные операции, при этом необходимо определить их так, чтобы в частном случае, когда множество является четким, операции переходили в обычные операции теории множеств, то есть операции над нечеткими множествами должны обобщать соответствующие операции над обычными множествами. При этом обобщение может быть реализовано различными способами, из-за чего какой-либо операции над обычными множествами может соответствовать несколько операций в теории нечетких множеств.

Для определения пересечения и объединения нечетких множеств наибольшей популярностью пользуются следующие три группы операций:

1. Максиминные:

$$\mu_{A \cup B}(x) = \max\{\mu_A(x), \mu_B(x)\}, \quad \mu_{A \cap B}(x) = \min\{\mu_A(x), \mu_B(x)\},$$

2. Алгебраические:

$$\mu_{A \cup B}(x) = \mu_A(x) + \mu_B(x) - \mu_A(x) \mu_B(x), \quad \mu_{A \cap B}(x) = \mu_A(x) \mu_B(x).$$

3. Ограниченные:

$$\mu_{A \cup B}(x) = \min\{1, \mu_A(x) + \mu_B(x)\},$$
$$\mu_{A \cap B}(x) = \max\{0, \mu_A(x) + \mu_B(x) - 1\}.$$

Дополнение нечеткого множества во всех трех случаях определяется одинаково:

$$\mu_{\neg A}(x) = 1 - \mu_A(x).$$

Все нечеткие объекты можно классифицировать по виду области значений функции принадлежности. Помимо интервала $[0, 1]$, функция принадлежности может принимать свои значения в интервале $[-1, 1]$, на числовой прямой R , а также в различных множествах, наделенных некой структурой.

Исторически первым обобщением понятия *нечеткого множества* стали L -нечеткие множества, т.е. множества, у которых функции принадлежности принимают свои значения в конечной или бесконечной дистрибутивной решетке L .

Важным практическим приложением для формулировки качественных представлений и оценок человека в процессе решения задачи служит случай S -нечетких множеств, где S — конечное линейно упорядоченное множество. Например, это может быть набор значений лингвистической переменной "КАЧЕСТВО" = {"плохое", "среднее", "хорошее", "отличное"}.

Вообще говоря, нечеткое множество есть класс объектов, в котором нет резкой границы между теми объектами, которые входят в этот класс, и теми, которые в него не входят. Более точное определение нечеткого множества может быть сформулировано следующим образом²¹.

Пусть $X = \{x\}$ — совокупность объектов (точек), обозначаемых через x . Тогда расплывчатое множество A в X есть совокупность упорядоченных пар

$$A = \{x, \mu_A(x)\}, \quad x \in X,$$

где $\mu_A(x)$ представляет собой степень принадлежности x к A , а $\mu_A: X \rightarrow M$ — функция, отображающая X в пространство M , называемое пространством принадлежности. Когда M содержит только две точки 0 и 1 , A является не нечетким и его функция принадлежности совпадает с характеристической функцией обычного множества.

В последующем исследовании будем предполагать, что M есть интервал $[0, 1]$, причем 0 и 1 представляют соответственно низшую и высшую степени принадлежности.

В более общем случае M может быть частично упорядоченным множеством и, в частности, решеткой²⁶. Таким образом, основное предположение Л. Заде состоит в том, что расплывчатое множество A , несмотря на нечеткость его границ, возможно точно определить путем сопоставления каждому объекту X числа, лежащего между 0 и 1, которое представляет степень его принадлежности к A . В работе¹⁷ были введены и объяснены основные понятия, используемые в теории нечетких множеств.

Нечеткое множество A *нормально* тогда и только тогда, когда $\text{Sup}_x \mu_A(x) = 1$, т. е. супремум $\mu_A(x)$ на X равен единице. Нечеткое множество *субнормально*, если оно не является нормальным. Непустое субнормальное нечеткое множество может быть *нормализовано* делением каждого $\mu_A(x)$ на величину $\text{Sup}_x \mu_A(x)$. Соответственно легко понять, что нечеткое множество пусто тогда и только тогда, когда $\text{Sup}_x \mu_A(x) \equiv 0$.)

Носитель расплывчатого множества A есть такое множество $S(A)$, что $x \in S(A) \Leftrightarrow \mu_A(x) > 0$. Если $\mu_A(x) = \text{const}$ на $S(A)$, то A не нечеткое.

Два расплывчатых множества *равны* (что записывается как $A = B$) тогда и только тогда, когда $\mu_A(x) = \mu_B(x)$ для всех x в X .

Нечеткое множество A содержится в нечетком множестве B , или является подмножеством B (записывается как *включение* $A \subset B$), тогда и только тогда, когда $\mu_A(x) \leq \mu_B(x)$. В этом смысле нечеткое множество очень больших чисел есть подмножество нечеткого множества больших чисел.

Говорят, что A' есть *дополнение* к A тогда и только тогда, когда $\mu_{A'}(x) = 1 - \mu_A(x)$. Например, расплывчатые множества $A = \{\text{Высокие люди}\}$ и $A' = \{\text{Невысокие люди}\}$ являются дополнениями друг к другу, если отрицание «НЕ» понимается как операция, заменяющая $\mu_{A'}(x)$ на $1 - \mu_A(x)$. Для каждого x в X .

Пересечение A и B обозначается $A \cap B$ и определяется как наибольшее расплывчатое множество, содержащееся как в A , так и в B . Функция принадлежности для $A \cap B$ определяется следующим равенством:

$$\mu_{A \cap B}(x) = \min\{\mu_A(x), \mu_B(x)\},$$

где $\text{Min}(a, b) = a$, если $a < b$, и $\text{Min}(a, b) = b$, если $b < a$.

Если использовать вместо символа *Min* знак конъюнкции \wedge , можно переписать условие пересечения в более простом виде:

$$\mu_{A \cap B} = \mu_A \wedge \mu_B$$

Понятие пересечения имеет близкое отношение к понятию соединительного союза «И». Так, если A – класс высоких людей и B –

класс полных людей, то $A \cap B$ – класс людей, которые одновременно высокие И полные.

Отождествление союза «И» с операцией пересечения означает, что «И» понимается в «жестком» смысле, т. е. отсутствует возможность какой-либо «компенсации» имеющихся значений $\mu_A(x)$ какими-либо значениями μ_B и, наоборот, «компенсации» $\mu_B(x)$ за счет значений $\mu_A(x)$, поскольку мы имеем дело с ситуацией либо $\mu_A(x) > \mu_B(x)$ либо $\mu_B(x) > \mu_A(x)$.

Как с математической, так и с практической точки зрения более предпочтительно отождествлять союз «И» с операцией пересечения \wedge , а не с операцией произведения, за исключением тех случаев, когда операция \wedge совершенно не передает требуемого смысла «И». По этой причине обычно «И» принято понимать в «жестком смысле», если только особо не оговорено противное.

Понятие объединения множеств двойственно понятию пересечения. Объединение A и B обозначается $A \cup B$ и определяется как наименьшее нечеткое множество, содержащее как A , так и B . Функция принадлежности для $A \cup B$ определяется соотношением

$$\mu_{A \cup B}(x) = \max\{\mu_A(x), \mu_B(x)\},$$

где $\text{Max}(a, b) = a$, если $a \geq b$, и $\text{Max}(a, b) = b$, если $a < b$. Используя вместо символа Max знак дизъюнкции \vee , можно записать условие объединения в более простом виде:

$$\mu_{A \cup B} = \mu_A \vee \mu_B$$

В отличие от пересечения, операция объединения имеет близкое отношение к соединительному союзу «ИЛИ». Так, если множества A и B имеют прежний смысл, то $A \cup B = \{\text{Высокие или Полные люди}\}$. Можно также различать «или» в «жестком» смысле, соответствующее операции объединения, от «или» в «мягком» смысле, соответствующего алгебраической сумме A и B , обозначаемой как $A \oplus B$.

Несложно проверить следующее тождество, связывающее операции пересечения и объединения:

$$A \cup B = (A' \cap B)'$$

Алгебраическое произведение нечетких множеств A и B обозначается через AB и определяется равенством

$$\mu_{AB}(x) = \mu_A(x) \mu_B(x)$$

Алгебраическая сумма A и B обозначается через $A \oplus B$ и определяется равенством

$$\mu_{A \oplus B}(x) = \mu_A(x) + \mu_B(x) - \mu_A(x) \mu_B(x),$$

Необходимо отметить, что операции \vee и \wedge ассоциативны и дистрибутивны по отношению друг к другу. В то же время операции произведения и суммы ассоциативны, но не дистрибутивны. Заметим

также, что операция произведения дистрибутивна по отношению к объединению \vee , но не наоборот.

Перечислим основные свойства операторов $F=\min$ и $G=\max$. Операторы $F=\min$ и $G=\max$ являются единственно возможными операторами пересечения и объединения при выполнении следующих свойств:

Коммутативность:

$$F(\mu_A, \mu_B) = F(\mu_B, \mu_A), \quad G(\mu_A, \mu_B) = G(\mu_B, \mu_A)$$

Ассоциативность:

$$F(\mu_A, F(\mu_B, \mu_C)) = F(F(\mu_A, \mu_B), \mu_C),$$

$$G(\mu_A, G(\mu_B, \mu_C)) = G(G(\mu_A, \mu_B), \mu_C),$$

Дистрибутивность:

$$F(\mu_A, G(\mu_B, \mu_C)) = G(F(\mu_A, \mu_B), F(\mu_A, \mu_C)),$$

$$G(\mu_A, F(\mu_B, \mu_C)) = F(G(\mu_A, \mu_B), G(\mu_A, \mu_C)),$$

Монотонность:

$$\mu_A \leq \mu_C, \mu_B \leq \mu_D \Rightarrow F(\mu_A, \mu_B) \leq F(\mu_C, \mu_D), \quad G(\mu_A, \mu_B) \leq G(\mu_C, \mu_D)$$

$$\mu_A < \mu_C \Rightarrow F(\mu_A, \mu_A) < F(\mu_B, \mu_B), \quad G(\mu_A, \mu_A) < G(\mu_B, \mu_B)$$

$$F(1, 1) = 1, \quad G(0, 0) = 0.$$

$$F(\mu_A, \mu_B) \leq \min\{\mu_A, \mu_B\}, \quad G(\mu_A, \mu_B) \leq \max\{\mu_A, \mu_B\}$$

С другой стороны, ясно, что жесткие, поточечно однозначные операторы недостаточно полно отражают смысл многозначных лингвистических преобразований термов лингвистических переменных.

2.3 Лингвистическая переменная Лотфи Заде

Также коротко, как и на основных понятиях ТНМ остановимся на понятии лингвистической переменной. *Лингвистическую переменную* можно определить как переменную, значениями которой являются не числа, а слова или предложения естественного языка, используемого в вербальных человеческих коммуникациях. Например, лингвистическая переменная "возраст" может принимать следующие значения: "очень молодой", "молодой", "среднего возраста", "старый", "очень старый" и др. Ясно, что переменная "возраст" будет обычной переменной, если ее значения – точные числа. лингвистической она становится, когда используется в нечетких рассуждениях человека. Каждому значению лингвистической переменной соответствует определенное нечеткое множество со своей функцией принадлежности. Так, лингвистическому значению "молодой" может соответствовать функция принадлежности, изображенная на [рис. 2.2](#).

Лингвистической мы называем переменную, значениями которой являются слова или предложения естественного или искусственного языка. Например, *Возраст* – лингвистическая переменная, если она принимает лингвистические, а не числовые значения, т. е. значе-

ния *молодой*, *не молодой*, *очень молодой*, *вполне молодой*, *старый*, *не очень старый* и *не очень молодой* и т. п., а не 20, 21, 22 и т. д.

Более точно лингвистическая переменная описывается набором

$$\{X, T(X), U, G, M\},$$

в котором X – название этой переменной; $T(X)$ – терм-множество X , т. е. совокупность ее лингвистических значений; U – универсальное множество; G – синтаксическое правило, порождающее термы множества $T(X)$; M – семантическое правило, которое каждому лингвистическому значению X ставит в соответствие его смысл $M(X)$, причем $M(X)$ обозначает нечеткое подмножество множества U .

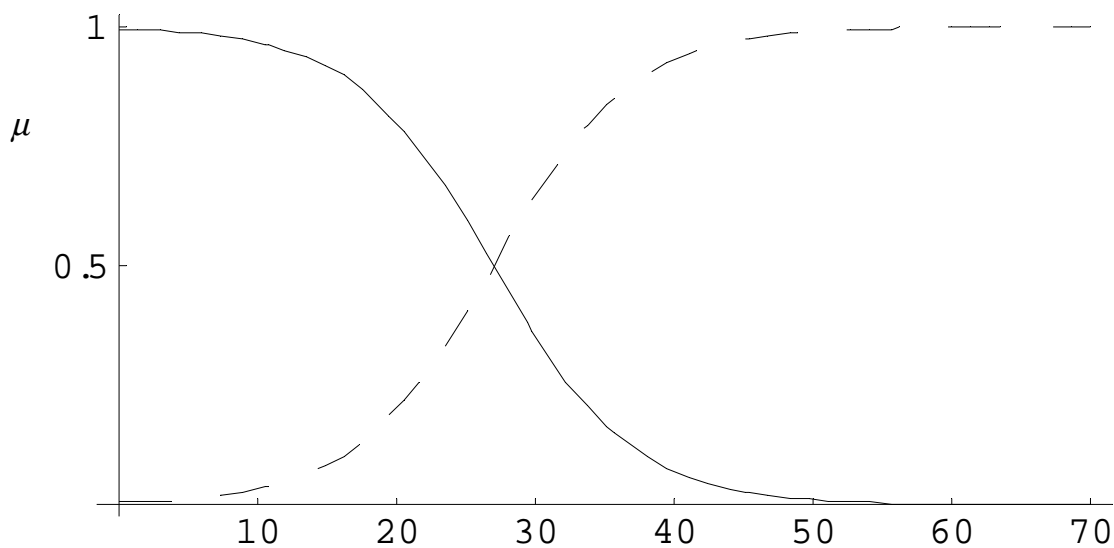


Рис. 2.2. Функция принадлежности переменной «возраст», соответствующая значению «молодой» (сплошная) и «не молодой» (пунктир). Для ее задания используется экспоненциальная зависимость

Смысл лингвистического значения X характеризуется функцией совместимости $s: U \rightarrow [0,1]$, которая каждому элементу $u \in U$ ставит в соответствие значение совместимости этого элемента с X . Так например, совместимость возраста 27 лет со значением *молодой* может быть равна 0.7, а возраста 35 лет – 0.2. Назначение семантического правила – связать совместимости так называемых первичных термов в составном лингвистическом значении совместимостью составного значения, например, первичных термов *молодой* и *старый* в составном лингвистическом значении *не очень молодой* и *не очень старый*. Неопределенности, такие, как *очень*, *вполне*, *чрезвычайно* и т. п., а также союзы *и* и *или* понимаются при этом как нелинейные операторы, преобразующие смысл соответствующих термов.

Следует отметить также, что благодаря использованию *принципа обобщения* большая часть существующего математического аппарата, применяющегося для анализа систем, может быть приспособлена к лингвистическим переменным.

Совокупность значений лингвистической переменной составляет терм-множество этой переменной. Это множество может иметь, вообще говоря, бесконечное число элементов. Например, терм-множество лингвистической переменной *Возраст* можно записать так:

$T(\text{Возраст}) = \text{молодой} \vee \text{не молодой} \vee \text{очень молодой} \vee$
 $\vee \text{не очень молодой} \vee \text{очень очень молодой} \vee \dots$
 $\vee \text{старый} \vee \text{не старый} \vee \text{не очень старый} \vee \text{не очень старый}$
 \vee
 $\vee \text{не очень молодой и не очень старый} \vee \dots \dots$
 $\vee \text{среднего возраста} \vee \text{не среднего возраста} \vee \dots$
 $\vee \text{не старый и не среднего возраста} \vee \dots \vee \text{чрезвычайно ста-}$
 $\text{рый}.$

Наружность можно записать следующим образом:

$T(\text{Наружность}) = \text{прекрасная} \vee \text{хорошенькая} \vee \text{миловидная} \vee$
 $\vee \text{красивая} \vee \text{привлекательная} \vee \text{не прекрасная} \vee$
 $\vee \text{очень хорошенькая} \vee \text{очень очень красивая} \vee$
 $\vee \text{более или менее хорошенькая} \vee \text{особенно хорошенькая} \vee$
 $\vee \text{довольно красивая} \vee \text{безусловно красивая} \vee$
 $\vee \text{не очень привлекательная, но и не очень непривлекатель-}$
 $\text{ная} \vee \dots$

Вероятности тоже можно считать лингвистическими переменными со значениями *вероятно, очень вероятно, невероятно* и т. п. Вычисления с лингвистическими вероятностями сводятся, как правило, к решению задач нелинейного программирования и дают результаты столь же неточные, что и исходные значения вероятностей.

В случае лингвистической переменной *Возраст* числовая переменная *возраст*, принимающая значения 0, 1, 2, 3, ... 100, является, так называемой, *базовой переменной* лингвистической переменной *Возраст* (рис. 2.3). При этом такое, например, лингвистическое значение, как *молодой*, можно интерпретировать как название некоторого нечеткого ограничения на значения базовой переменной. Именно это ограничение мы и считаем смыслом лингвистического значения *молодой*.

Существует несколько основных аспектов понятия лингвистической переменной, которые нуждаются в уточнении.

Во-первых, важно уяснить, что понятие совместимости отлично от понятия вероятности. Так, высказывание о том, что совместимость, скажем, численного значения 28 с лингвистическим значением *моло-*

дой равна 0.7, не имеет никакого отношения к вероятности того, что значение переменной *возраст* равно 28.

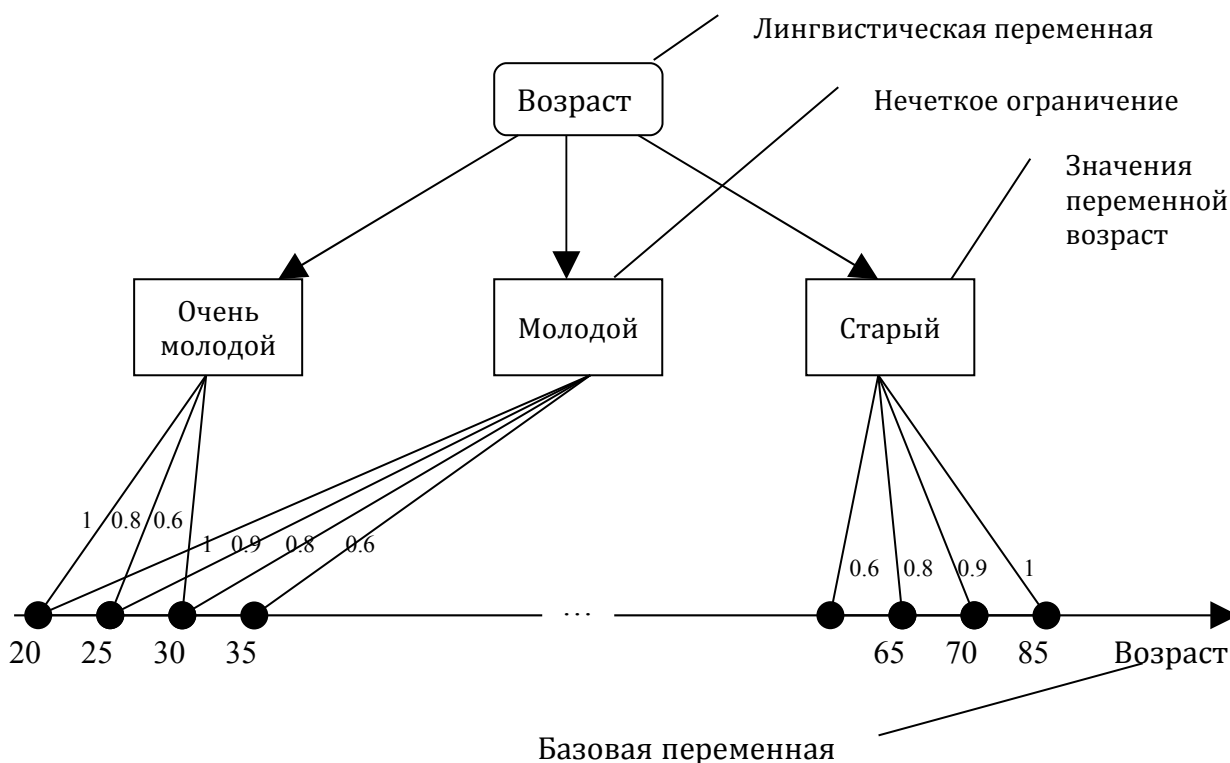


Рис. 2.3. Иерархическая структура лингвистической переменной

Во-вторых, мы будем обычно предполагать, что лингвистическая переменная имеет *структуру* в том смысле, что она связана с двумя правилами: первое – *синтаксическое правило* – определяет способ порождения лингвистических значений, принадлежащих терм-множеству этой переменной. При этом мы будем обычно предполагать, что элементы терм-множества порождаются бесконтекстной грамматикой.

Второе – *семантическое правило* – определяет способ вычисления смысла любой лингвистической переменной. Отметим в связи с этим, что типичное значение лингвистической переменной, например, *не очень молодой* и *не очень старый*, включает в себя то, что можно было бы назвать первичными термами, например *молодой* и *старый*, смысл которых субъективен и зависит от контекста. Предполагается, что смысл таких термов определен заранее.

Кроме первичных термов лингвистическое значение может включать в себя связки, такие, как *и*, *или*, ..., *ни* и т. п.; *отрицание* не, такие неопределенности, как *очень*, *более* или *менее*, *совершенно*, *совсем*, *безусловно*, *чрезвычайно*, *отчасти* и т. п. Как мы увидим далее, связки, неопределенности и отрицание можно трактовать как опера-

торы, которые видоизменяют смысл первичных термов особым, независимым от контекста образом. Так, если функция совместимости лингвистического значения *молодой* изображается кривой, показанной на рис. 2.2, то смысл лингвистического значения *очень молодой* может быть получен возведением в квадрат значений функции совместимости лингвистического значения *молодой* (рис.2.4).

$$\text{очень молодой} = (\text{молодой})^2$$

Смысл лингвистического значения *не молодой* можно получить, вычитая из 1 значения этой функции совместимости (рис. 2.2) :

$$\text{не молодой} = 1 - \text{молодой}$$

Смысл лингвистического значения *более-менее молодой* определяется вычислением квадратного корня из соответствующей функции принадлежности (рис. 2.4):

$$\text{более - менее молодой} = \sqrt{\text{молодой}}$$

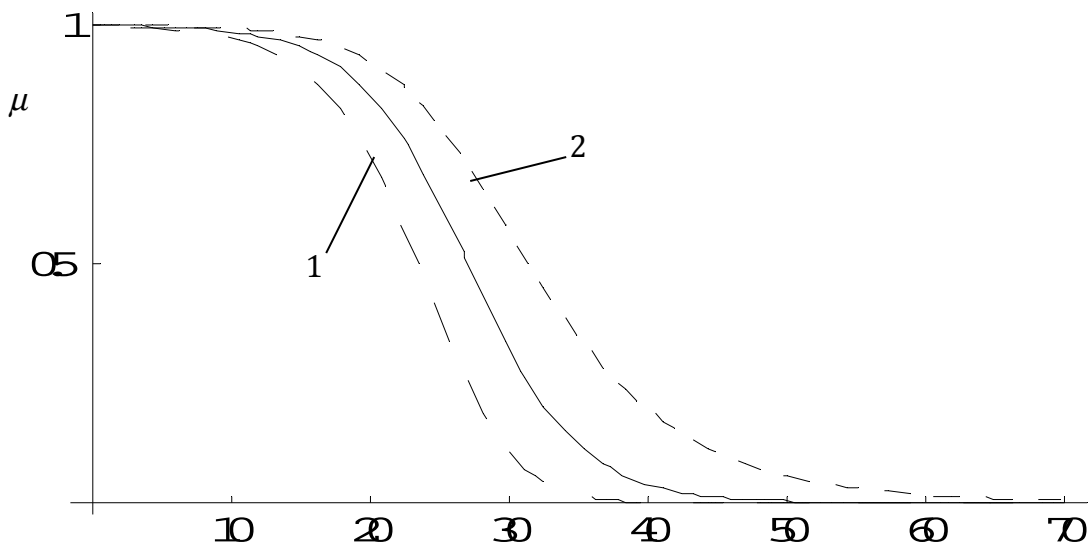


Рис. 2.4. Функция принадлежности переменной «возраст», соответствующая значению «молодой» (сплошная), «очень молодой» (пунктир – 1), «более-менее молодой» (пунктир – 2).

В-третьих, когда обсуждается лингвистическая переменная, такая, как *Возраст*, соответствующая базовая переменная *возраст* является по своей природе числовой переменной. В этом случае возможно определить смысл лингвистического значения, такого, как *молодой*, функцией совместимости, которая ставит в соответствие каждому значению базовой переменной из интервала $[0, 100]$ число из интервала $[0, 1]$, представляющее совместимость данного возраста с понятием *молодой*.

С другой стороны, для лингвистической переменной *Внешность* нет четко определенной базовой переменной, т. е. не знаем, как выразить степень красоты в форме функции тех или иных физических ве-

личин. Мы могли бы и в этом случае приписать каждой женщине из рассматриваемой группы степень принадлежности классу *прекрасных женщин*, например *Фэй* – степень 0.9, *Адели* – 0.7, *Кетти* – 0.8 и *Вере* – 0.9. Но эти значения функций совместимости были бы основаны лишь на наших впечатлениях, которые мы не в состоянии точно формализовать. В этом случае способ обращения с лингвистическими переменными носит более качественный характер.

2.4 Функции принадлежности

В основании всякой теории из любой области естествознания лежит очень важное, основополагающее для ее построения понятие элементарного объекта. Например, для механики – это материальная точка, для электродинамики – вектор напряженности поля. Для ТНМ основополагающим понятием является понятие нечеткого множества, которое характеризуется функцией принадлежности. Посредством нечеткого множества можно строго описывать присущие языку человека расплывчатые элементы, без формализации которых не предвидится возможности существенно продвинуться вперед в моделировании интеллектуальных процессов и создании искусственного интеллекта. Но основной трудностью, мешающей интенсивному применению ТНМ при решении практических задач, является то, что функция принадлежности должна быть задана вне самой теории и, следовательно, ее адекватность не может быть проверена средствами теории. В каждом существующем в настоящее время методе построения функции принадлежности формулируются свои требования и обоснования к выбору именно такого построения.

Согласно изначально предложенной автором ТНМ Л.Заде степень принадлежности некоторого конкретного элемента нечеткому множеству характеризуется значениями чисел из интервала от 0 до 1. Фиксирование конкретных значений при этом оказывается субъективной оценкой, которая оказалась в настоящее время единственно возможной основой объединения разнородных физических параметров решаемой проблемы в единую модель. Наиболее распространенным способом формирования системы субъективных оценок представляются экспертные методы. Для них, с одной стороны, важным является характер измерений (первичный или производный) и тип шкалы, в которой получают информацию от эксперта и которая определяет допустимый вид операций, принимаемых к экспертной оценке. С другой стороны, имеются два типа свойств: те, которые можно непосредственно измерить, и те, которые являются качественными и требуют попарного сравнения объектов, обладающих оцениваемым свой-

ством, чтобы определить их место по отношению к рассматриваемому понятию.

Существует ряд методов построения по экспертным оценкам функции принадлежности нечеткого множества²⁵. Можно выделить две группы методов: *прямые и косвенные методы*.

Прямые методы определяются тем, что эксперт непосредственно задает правила определения значений функции принадлежности, характеризующей данное понятие. Эти значения согласуются с его предпочтениями на множестве объектов U следующим образом:

1. для любых $u_1, u_2 \in U$, $\mu_A(u_1) < \mu_A(u_2)$, тогда и только тогда, если u_2 предпочтительнее u_1 , т.е. в большей степени характеризуется понятием A ;

2. для любых $u_1, u_2 \in U$, $\mu_A(u_1) = \mu_A(u_2)$, тогда и только тогда, если u_1 и u_2 безразличны относительно понятия A .

Примеры *прямых методов*: непосредственное задание функции принадлежности таблицей, формулой, перечислением.

Л. Заде обосновывает назначение *прямого метода* следующим образом: «По своей природе оценка является приближением. Во многих случаях достаточна весьма приблизительная характеристика набора данных, поскольку в большинстве основных задач, решаемых человеком, не требуется высокая точность. Человеческий мозг использует допустимость такой неточности, кодируя информацию, достаточную для решения задачи, элементами нечетких множеств, которые приближенно описывают исходные данные. Поток информации, поступающий в мозг через органы зрения, слуха, осязания и др., суживается таким образом в тонкую струйку информации, необходимой для решения поставленной задачи с минимальной степенью точности»⁵.

В *косвенных методах* значения функции принадлежности выбираются таким образом, чтобы удовлетворять заранее сформулированным условиям. Экспертная информация является только исходными данными для дальнейшей обработки. Дополнительные условия могут налагаться как на вид получаемой информации, так и на процедуру обработки. Примерами дополнительных условий могут служить следующие: функция принадлежности должна отражать близость к заранее выделенному эталону; объекты множества U являются точками в параметрическом пространстве; результатом процедуры обработки должна быть функция принадлежности, удовлетворяющая условиям интервальной шкалы; при попарном сравнении объектов, если один объект оценивается в α раз сильнее, чем другой, то второй объект оценивается только в $1/\alpha$ раз сильнее, чем первый, и т.д.

Как правило, *прямые методы* используются для описания понятий, которые характеризуются измеримыми свойствами, такими как

высота, рост, вес, объем. В этом случае удобно непосредственное задание значений степени принадлежности. К *прямым методам* можно отнести методы, основанные на вероятностной трактовке функции принадлежности $\mu_A = P(A/u)$, т.е. вероятности того, что объект $u \in U$ будет отнесен к множеству, которое характеризует понятие A .

Если гарантируется, что люди далеки от случайных ошибок и работают как «надежные и правильные приборы», то можно спрашивать их непосредственно о значениях принадлежности. Однако имеются искажения, например, субъективная тенденция сдвигать оценки объектов в направлении концов оценочной шкалы. Следовательно, прямые измерения, основанные на непосредственном определении принадлежности, должны использоваться только в том случае, когда такие ошибки незначительны или маловероятны.

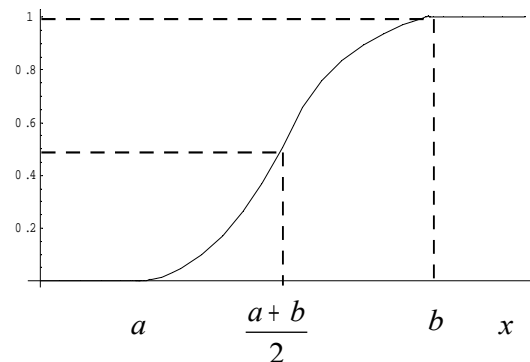
Косвенные методы основаны на более пессимистических представлениях о людях как об «измерительных приборах». Рассмотрим, например, понятие *внешность*, которое, в отличие от понятия *возраст*, – более сложное и трудно формализуемое. В таких случаях используются только ранговые измерения при попарном сравнении объектов. *Косвенные методы* более трудоемки, чем прямые, но их преимущество – в стойкости по отношению к искажениям в ответе. Для *косвенных методов* можно выдвинуть условие «безоговорочного экстремума»: при определении степени принадлежности множество исследуемых объектов должно содержать, по крайней мере, два объекта, численные представления которых на интервале $[0,1]$ принимают значения 0 и 1 , соответственно.

Функция принадлежности может отражать как мнение группы экспертов, так и мнение одного эксперта. Следовательно, возможны, по крайней мере, четыре группы методов: *прямые* и *косвенные* для одного эксперта, *прямые* и *косвенные* для группы экспертов.

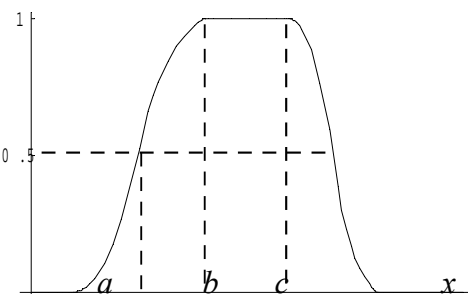
Конкретный вид функции принадлежности определяется на основе различных дополнительных предположений о свойствах этих функций (симметричность, монотонность, непрерывность первой производной и т. д.) с учетом специфики имеющейся неопределенности, реальной ситуации на объекте и числа степеней свободы в функциональной зависимости. В работе²⁷ описано применение методов определения функций принадлежности, основанных на эмпирических методах нахождения этих функций с последующей экспериментальной проверкой «качества» выбранных функций.

Основные виды функций принадлежности, применяемых в теории нечетких множеств, и их алгебраические представления приведены в нижеследующих формулах. Значения констант a, b, c, d подбираются экспериментально^{17,28,29,30}.

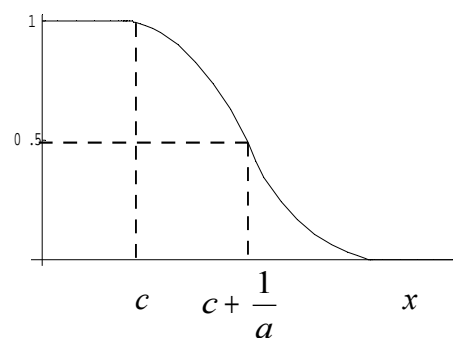
$$\mu_1(x, a, b) = \begin{cases} 0, & \text{если } x \leq a \\ \frac{2(x-a)^2}{(b-a)^2}, & \text{если } a < x \leq \frac{a+b}{2} \\ 1 - \frac{2(x-a)^2}{(b-a)^2}, & \text{если } \frac{a+b}{2} < x < b \\ 1, & \text{если } x \geq b \end{cases}$$



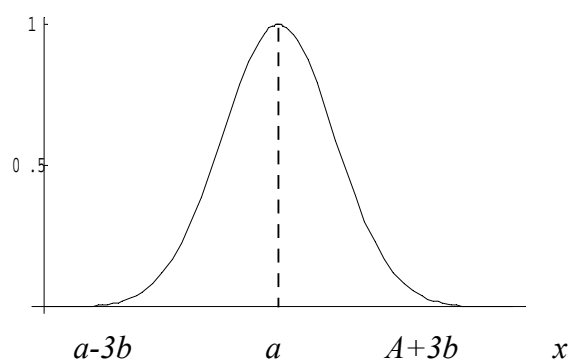
$$\mu_2(x, a, b, c) = \begin{cases} \mu_1(x, a, b), & \text{если } x < b \\ 1, & \text{если } b \leq x \leq c \\ 1 - \mu_1(x, c, c+b-a), & \text{если } x \geq c \end{cases}$$



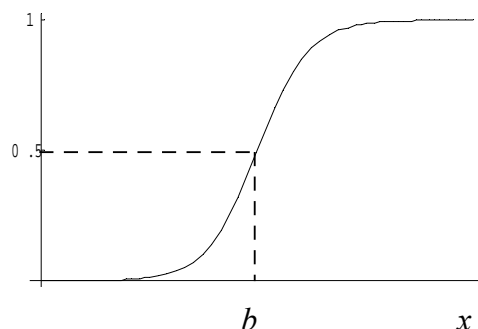
$$\mu_3(x, a, b, c) = \begin{cases} 1, & \text{если } x \leq c \\ (1 + a(x-c)^b)^{-1}, & \text{если } x > c \end{cases}$$



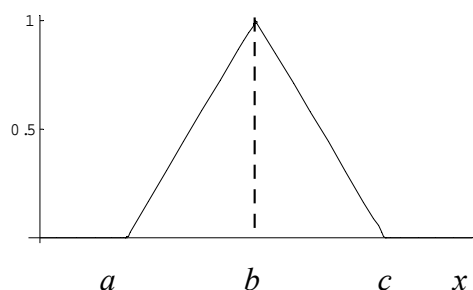
$$\mu_4 = \exp\left(-\frac{(x-a)^2}{2b^2}\right)$$



$$\mu_5(x, a, b) = (1 + \exp(-a(x - b)))^{-1}$$



$$\mu_6(x, a, b, c) = \begin{cases} 0, & \text{если } x < a \\ \frac{x - a}{b - a}, & \text{если } a \leq x < b \\ \frac{c - x}{c - b}, & \text{если } b \leq x \leq c \\ 0, & \text{если } c < x \end{cases}$$



Так определяют общие методы формирования функций принадлежности.

Различают прямые методы одного эксперта и группы экспертов. Прямые методы одного эксперта состоят в непосредственном задании функции, позволяющей вычислять значения. При использовании прямых методов группы экспертов возможна интерпретация функции принадлежности как вероятности, определяемой по формуле Байеса. В данном случае по методике, предложенной Я. Я. Осисом, первоначально определяется то максимальное количество классов, которое может быть описано данным набором параметров. Система должна состоять из классов, представляющих противоположные события. Эксперты оценивают в процентах степень проявления каждого класса из названного перечня. Однако в некоторых случаях мнение эксперта очень трудно выразить в процентах, поэтому более приемлемым способом оценки функции принадлежности будет метод опроса. Оцениваемое состояние предъявляется большому числу экспертов, и каждый имеет один голос. Он должен однозначно отдать предпочтение одному из классов заранее известного перечня. Значение функции принадлежности вычисляется по формуле вероятности.

Косвенные методы также могут быть использованы одним экспертом или группой. Среди *косвенных методов* определения функции принадлежности одним экспертом наибольшее распространение получил *метод парных сравнений*. Метод построения функции принадлежности на основе парных сравнений основан на обработке матриц оценок, отражающих мнение эксперта об относительной принадлежности элементов множеству или степени выраженности у них свойства, формализуемого множеством. Использование этого метода заключается в необходимости нахождения собственного вектора матрицы парных сравнений, которая задается с помощью специально предложенной шкалы. Причем сложность метода увеличивается с ростом размерности универсального множества, на которой задается лингвистический терм.

Могут быть использованы различные косвенные методы группы экспертов:

- определение функции принадлежности на основе *интервальных оценок*. Данный метод применяется для формализованного представления задач выбора, в которых отсутствует четкая грань между допустимым и недопустимым (в пространстве неуправляемых параметров) и между идеальным и неудовлетворительным состояниями (в пространстве критериев)³¹

- определения нечеткого подмножества путем опроса экспертов, которые могут поставить коэффициенты степени предпочтения перед элементами в упорядоченной последовательности, усиливая или ослабляя отношение предпочтения. Данный метод построения функций принадлежности основан на использовании нечетких чисел, приблизительно равных некоторому четкому числу, и приближенных интервальных оценок, отражающих мнения экспертов по рассматриваемому вопросу. Задача сводится к отысканию параметров заранее заданной (экспоненциальной) функции, при решении которой используются результаты экспертного опроса.

- Возможно сочетание преимуществ косвенных методов в их простоте и стойкости к искажениям ответов экспертов и преимущества прямых методов, позволяющих получить непосредственно значения степени принадлежности. Выборку объектов необходимо проводить так, чтобы достаточно равномерно представить степень принадлежности по отношению к рассматриваемому нечеткому множеству. Оценка позиции по шкале каждого объекта определяется посредством медианы из распределений значений принадлежности.

2.5 Принципы лингвистического моделирования

Различные по физическому смыслу задачи принятия решений, возникающие в управлении, прогнозировании, диагностике, и других областях кибернетики, сводятся к идентификации нелинейных объектов с одним выходом и многими входами. ТНМ предоставляет собой способ соотнесения одних нечетких объектов с другими. И основным элементом в ней является не функция принадлежности, а процедура сопоставления одних нечеткостей с другими, т. е. некая мера сходства, с помощью которой можно переходить от одних нечетких объектов к другим.

Новички в теории нечетких множеств часто пытаются сопоставить ее с теорией вероятности. Однако, обе эти теории трудно сравнивать, поскольку они по-разному формализуют неопределенность. В теории вероятностей рассматривается статистическая неопределенность, например, *вероятность поражения цели равна 0.9*. Теория нечетких множеств позволяет работать с лингвистической неопределенностью, например, *меткий стрелок*.

Задачи принятия решений в управлении, диагностике, многокритериальной оценке и многофакторном анализе обладают следующими общими свойствами³²:

1) для принятия решения необходимо установить зависимость между входными и выходной переменными;

2) выходная переменная ассоциируется с объектом идентификации, т. е. с видом принимаемого решения;

3) входные переменные ассоциируются с параметрами состояния объекта идентификации;

4) выходная и входные переменные могут иметь количественные и качественные оценки;

5) структура взаимосвязи между выходной и входными переменными описывается правилами: *ЕСЛИ <входы>, ТО <выход>*, использующими качественные оценки переменных и представляющими собой нечеткие базы знаний.

Сформулируем основные принципы, которые мы будем использовать при разработке методов соотнесения одних нечетких объектов с другими и соответствующей идентификации нелинейных объектов на основе нечетких баз знаний. Эти принципы являются обобщением и дальнейшим развитием аналогичных принципов лингвистического моделирования:

1) Принцип лингвистичности входных и выходных переменных. В соответствии с этим принципом, входы объекта и его выход рассматриваются как лингвистические переменные, которые оцениваются качественными терминами (терм - от англ. term - называть). Со-

гласно работе17, лингвистической переменной называется такая переменная, значениями которой являются слова или предложения естественного языка, т.е. качественные термы.

2) Принцип формирования структуры зависимости «вход-выход» в виде нечеткой базы знаний. Нечеткая база знаний представляет собой совокупность правил *ЕСЛИ <входы>, ТО <выход>*, которые отражают опыт эксперта и его понимание причинно-следственных связей в рассматриваемой задаче принятия решения (управления, диагностики, прогнозирования и др.). Пример разработанных правил для оценки дипломных проектов описан в работе6. Формирование нечеткой базы знаний можно трактовать как этап построения грубой модели объекта с параметрами, подлежащими настройке.

3) Принцип иерархичности баз знаний. При большом числе входных переменных построение системы высказываний о неизвестной зависимости <входы-выход> становится затруднительным. В связи с этим целесообразно провести классификацию входных переменных и по ней построить дерево вывода, определяющее систему вложенных друг в друга высказываний-знаний меньшей размерности. Пример такого дерева для 9-ти входных переменных показан на рис. 2.5.

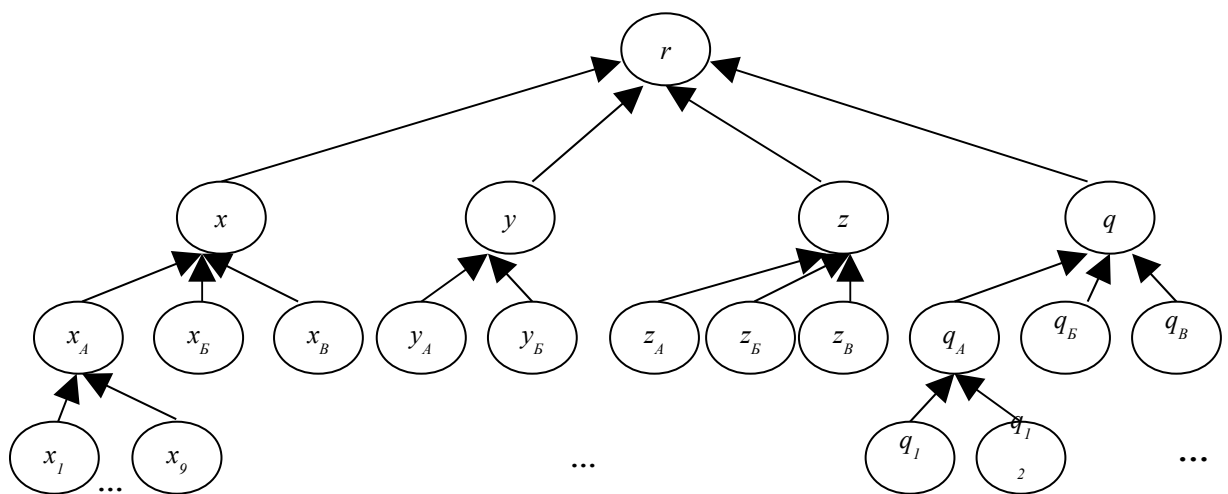


Рис. 2.5. Пример дерева вывода

Из этого примера видно, что знания вида

$$r = r(x_A, x_B, x_B, y_A, y_B, z_A, z_B, z_B, q_A, q_B, q_B)$$

связывающие входы $x_A, x_B, x_B, y_A, y_B, z_A, z_B, z_B, q_A, q_B, q_B$ с выходом r , заменяются последовательностью подстановок:

$$\begin{aligned} r &= r(x, y, z) \\ x &= x(x_A, x_B, x_B) \\ y &= y(y_A, y_B) \end{aligned}$$

$$z = z(z_A, z_B, z_B)$$

$$q = q(q_A, q_B, q_B)$$

где x, y, z, q промежуточные выходы, рассматриваемые как лингвистические переменные.

За счет принципа иерархичности можно учитывать практически неограниченное число входных переменных, влияющих на оценку выходной переменной. При построении дерева вывода необходимо стремиться к тому, чтобы число аргументов (входных стрелок) в каждом узле дерева удовлетворяло правилу 7 ± 2 .

Целесообразность поуровневого представления экспертных знаний обусловлена не только естественной иерархичностью объектов идентификации, но и необходимостью учета новых переменных по мере накопления знаний об объекте. Кроме того, следует помнить о приведенном примере с исчезнувшей Ящерицей, позволившем сделать вывод о критичности формирования двойственных высказываний, образующих переменные и их возникновении при построении логических высказываний, когда оно формулируется из двух противоположных. Ветви дерева вывода должны быть спроектированы с учетом недопустимости скрещивания противоречащих высказываний.

4) Принцип термометра в оценке качественных переменных. Расширенное понятия множества ТНМ изменяет аппарат определения отношения некоторого элемента к множеству с простой характеристики «принадлежит» или «не принадлежит» элемент подмножества данному множеству (соответственно функция принадлежности характеризуется 1 или 0) на более неопределенную. В нечетком множестве каждому элементу соответствует характеристическая функция принадлежности, принимающая любые значения в интервале $[0;1]$. Функция принадлежности указывает *степень* (или уровень) принадлежности элемента к множеству.



5) Принцип двухэтапной настройки нечетких баз знаний. Первый этап является традиционным для технологии нечетких экспертных систем. На нем осуществляется формирование и грубая настройка модели объекта путем построения базы знаний по доступной экспертной информации.

Чем выше профессиональный уровень эксперта, тем выше адекватность нечеткой модели, построенной на этапе грубой настройки. Эту модель называли *чистой экспертной системой*, поскольку для ее

построения используется только экспертная информация. Однако никто не может гарантировать совпадение результатов нечеткого логического вывода (теория) и экспериментальных данных. Поэтому необходим второй этап, на котором осуществляется тонкая настройка нечеткой модели путем ее обучения по экспериментальным данным.

Суть этапа тонкой настройки состоит в подборе таких весов нечетких правил *ЕСЛИ-ТО* и таких параметров функций принадлежности, которые минимизируют различие между желаемым (экспериментальным) и модельным (теоретическим) поведением объекта.

Этап тонкой настройки формулируется как задача нелинейной оптимизации, которая может решаться различными методами, среди которых наиболее универсальным является наискорейший спуск³³. Однако при большом количестве входных переменных и нечетких термов в базе знаний, применение метода наискорейшего спуска требует поиска минимума из разных начальных точек, что существенно увеличивает затраты машинного времени. Поэтому нами предлагается тонкая настройка нечеткой базы знаний с применением генетических алгоритмов оптимизации³⁴. Эти алгоритмы являются аналогом случайного поиска³⁵, который ведется одновременно из разных начальных точек, что сокращает время поиска оптимальных параметров нечеткой модели.

2.6 Рассмотрение примера с оценкой дипломного проекта с применением математического аппарата теории нечетких множеств

Вернемся к примеру разработки критериев оценки качества дипломных работ для снижения уровня субъективизма в модели, основанной на применении логических функций. Мы выделили три промежуточных выхода дерева вывода X , Y , Z оценки дипломной работы руководителем, рецензентом и государственной экзаменационной комиссией. Особенность их частных показателей x_i , y_i , z_i состоит в том, что все они имеют качественный характер и не имеют точного количественного измерения. Поэтому при оценке одного и того же показателя несколькими экспертами могут возникать разные мнения. Кроме того эксперт не всегда способен словесно оценить частный показатель, хотя интуитивно ощущает его уровень. Для преодоления этих трудностей можно оценивать частичные показатели по *принципу термометра* (рис. 2.6).

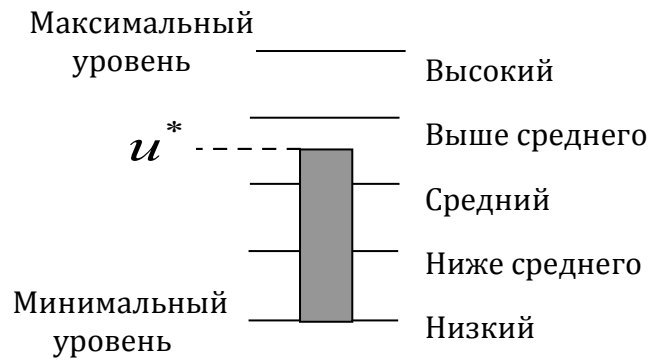


Рис. 2.6. Оценка переменной u по принципу термометра

Удобство такого подхода состоит в том, что разные по смыслу частные показатели определяются как лингвистические переменные, заданные на едином универсальном множестве:

$$U = [\underline{u}, \bar{u}],$$

которым является шкала термометра.

Предположим, что лингвистические переменные x_i, y_i, z_i, q_i и X, Y, Z, Q оцениваются нечеткими термами: Н – низкий, нС – ниже среднего, С – средний, вС – выше среднего, В – высокий, которые определены с помощью функций принадлежности (рис. 2.6). Пользуясь нечеткими термами, зададим функции принадлежности:

$$\mu^H(u_i, a, b, d) = \begin{cases} 1, & \text{если } u_i < a \\ \frac{1}{2} \frac{a - u_i}{b - a} + \frac{1}{2}, & \text{если } a \leq u_i < b \\ \frac{1}{2} \frac{b - u_i}{e - b} + \frac{1}{2}, & \text{если } b \leq u_i \leq e \\ 0, & \text{если } e < u_i \end{cases}$$

$$\mu^{nC}(u_i, a, b, c, d) = \begin{cases} 0, & \text{если } u_i < a \\ \frac{1}{2} \frac{u_i - a}{b - a} + \frac{1}{2}, & \text{если } a \leq u_i < b \\ \frac{1}{2} \frac{b - u_i}{c - b} + \frac{1}{2}, & \text{если } b \leq u_i < c \\ \frac{1}{2} \frac{c - u_i}{e - c} + \frac{1}{2}, & \text{если } c \leq u_i \leq e \\ 0, & \text{если } e < u_i \end{cases}$$

$$\mu^C(u_i, a, b, c) = \begin{cases} 0, & \text{если } u_i < a \\ \frac{u_i - a}{c - a}, & \text{если } a \leq u_i < c \\ \frac{e - u_i}{e - c}, & \text{если } c \leq u_i \leq e \\ 0, & \text{если } e < u_i \end{cases}$$

$$\mu^{eC}(u_i, a, b, c, e) = \begin{cases} 0, & \text{если } u_i < a \\ \frac{1}{2} \frac{u_i - a}{c - a}, & \text{если } a \leq u_i < c \\ \frac{1}{2} \frac{u_i - c}{d - c} + \frac{1}{2}, & \text{если } c \leq u_i < d \\ \frac{1}{2} \frac{d - u_i}{e - d}, & \text{если } d \leq u_i \leq e \\ 0, & \text{если } e < u_i \end{cases}$$

$$\mu^B(u_i, a, b, e) = \begin{cases} 0, & \text{если } u_i < a \\ \frac{1}{2} \frac{u_i - a}{d - a}, & \text{если } a \leq u_i < d \\ \frac{1}{2} \frac{u_i - d}{e - d} + \frac{1}{2}, & \text{если } d \leq u_i \leq e \\ 1, & \text{если } e < u_i \end{cases}$$

Графическое представление соответствующих функций принадлежности представлено на рис. 2.7.

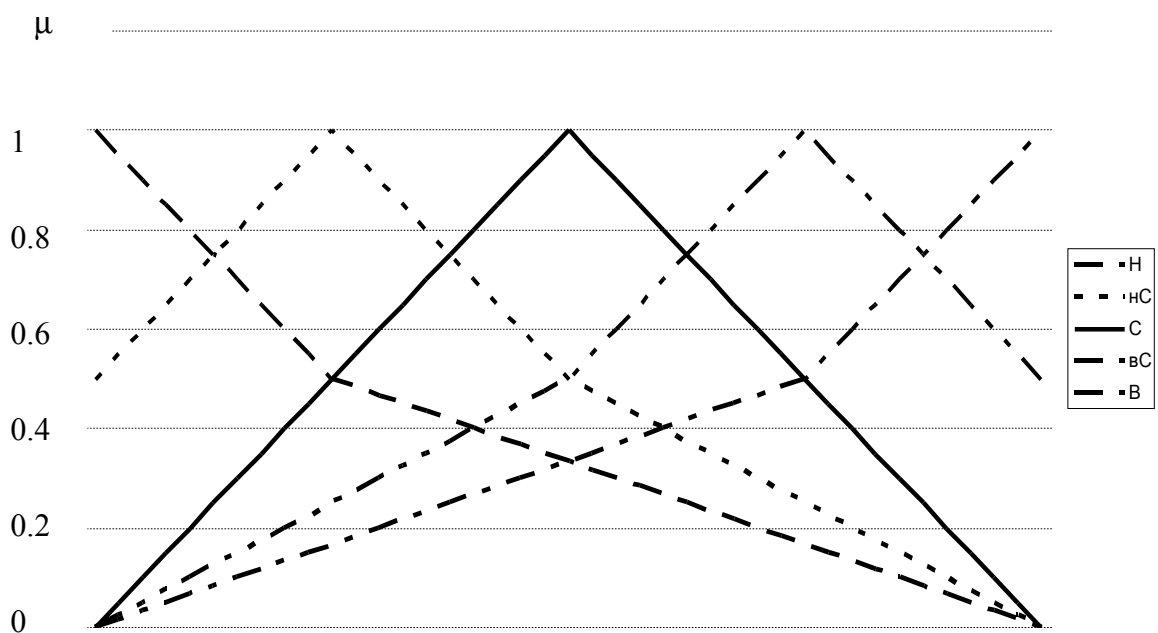


Рис. 2.7. Графическое представление функций принадлежности для оценки качества дипломной работы

Пусть по-прежнему члены ГЭК оценивает работу по следующим показателям:

- Z_1 – качество доклада;
- Z_2 – наличие и качество иллюстративного материала;
- Z_3 – степень самостоятельности и качество и ответов на вопросы;
- Z_4 – общая оценка работы.

Представим пример оценки дипломной работы членами ГЭК в таблице 2.1 оценки уровня дипломной работы.

Тогда определим результирующую функцию принадлежности для переменной $z=z(z_1, z_2, z_3, z_4)$. Для обеспечения наглядности рассмотрим сначала эту функцию графически на рис. 2.7.

Результирующее значение функции принадлежности получается в результате максиминной операции пересечения Z_1, Z_2, Z_3, Z_4 , которая обозначается:

$$Z = Z_1 \cap Z_2 \cap Z_3 \cap Z_4$$

и определяется как наибольшее расплывчатое множество, содержащееся как в Z_1 , так и в Z_2 , так и в Z_3 , так и в Z_4 . Функция принадлежности для z определяется следующим равенством:

$$\mu_z = \min\{\mu_{z_1}, \mu_{z_2}, \mu_{z_3}, \mu_{z_4}\},$$

Таблица 2.1
Пример оценки уровня дипломной работы по входным переменным Z_1, Z_2, Z_3, Z_4 промежуточного показателя z

Частный показатель		Уровень оценки показателя	Расшифровка	Функция принадлежности
Z_1	качество доклада	Средний	Есть ошибки в регламенте и использовании иллюстраций	μ^C
Z_2	качество иллюстраций	Высокий	Полностью отвечают содержанию доклада, дополняют его, отвечают требованиям стандартов	μ^B
Z_3	качество ответов на вопросы	Ниже среднего	Частично отвечает на вопросы по основному материалу	μ^{nC}
Z_4	общая оценка работы	Выше среднего	Выше среднего	μ^{eC}

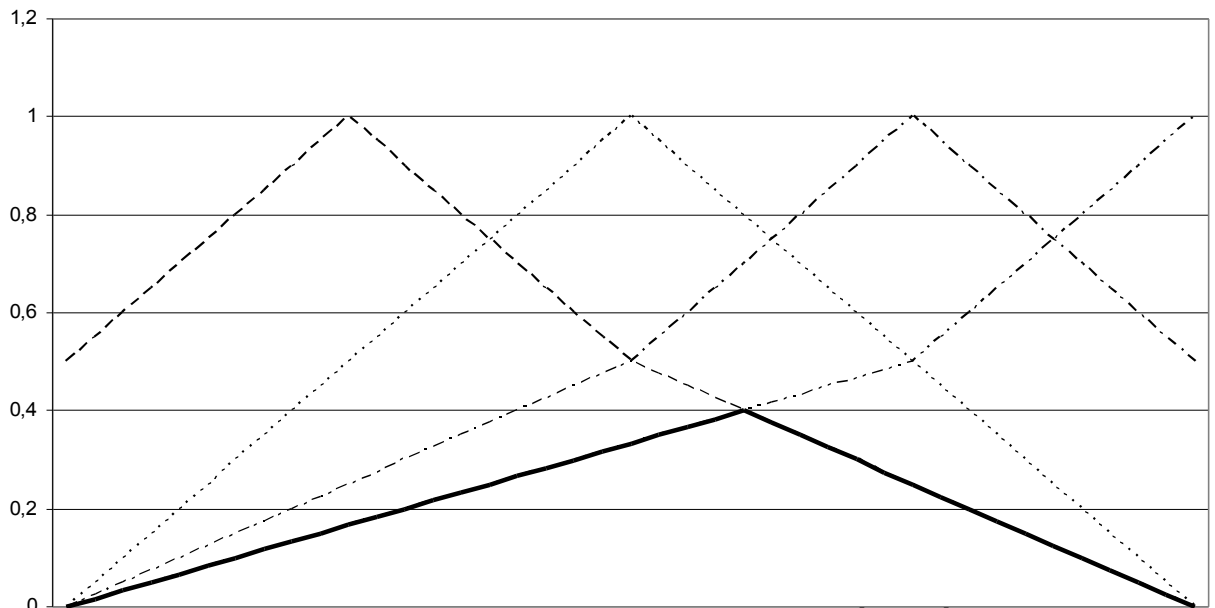


Рис.2.7. Различными пунктирами показаны графики функций $\mu^c(z_1), \mu^b(z_2), \mu^{bc}(z_3), \mu^{bc}(z_4)$. Сплошной линией показано результирующее значение μ .

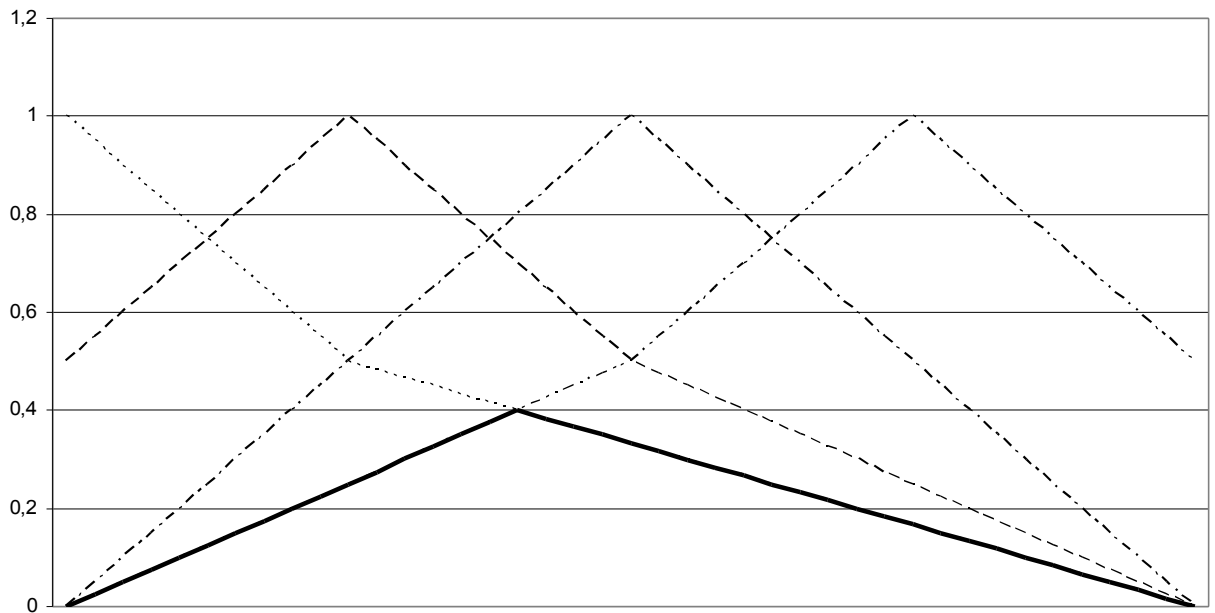


Рис.2.8. Различными пунктирами показаны графики функций $\mu^c(z_1), \mu^b(z_2), \mu^{bc}(z_3), \mu^{bc}(z_4)$. Сплошной линией показано результирующее значение μ .

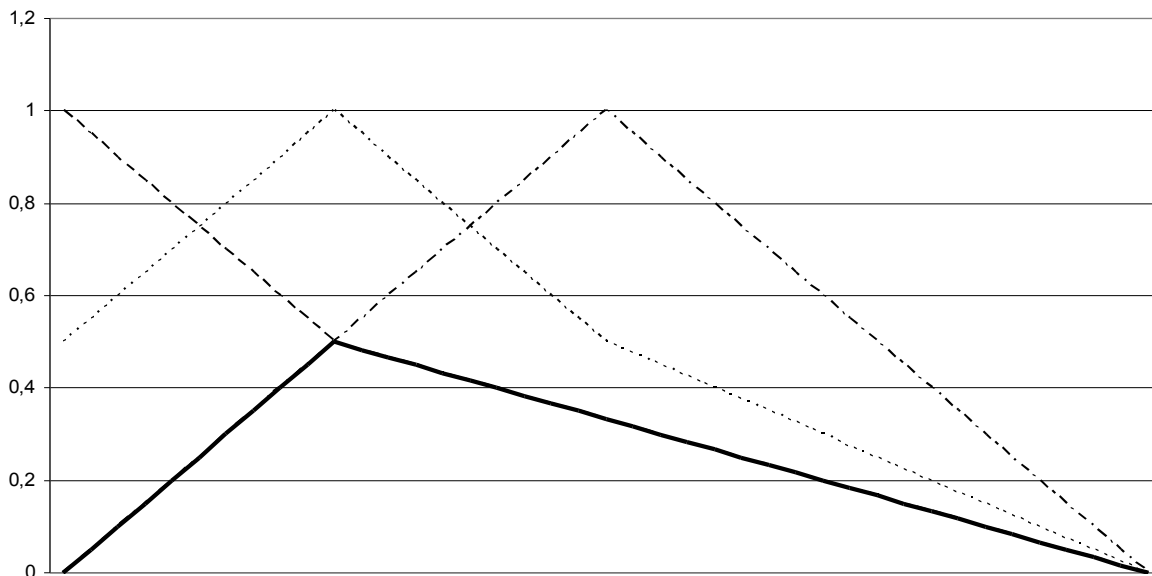


Рис.2.9. Различными пунктирами показаны графики функций $\mu^C(z_1)$, $\mu^B(z_2)$, $\mu^{nC}(z_3)$, $\mu^{oC}(z_4)$. Сплошной линией показано результирующее значение μ .

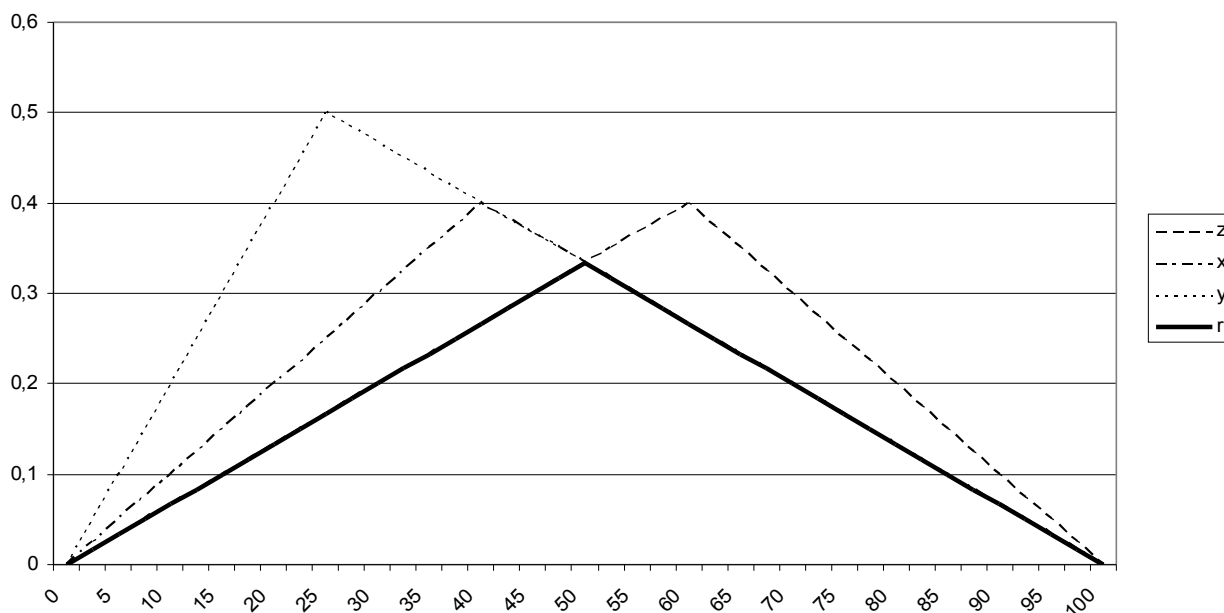


Рис.2.10. Для результирующего решения $\mu(R)$ (сплошная линия) используется операция пересечения функций принадлежности промежуточных входных переменных $\mu(X)$, $\mu(Y)$, $\mu(Z)$ (обозначены различным пунктиром)

Продолжим рассмотрение данного примера и применим в рассмотрении оценок научного руководителя и рецензента конкретные критерии. Пример оценки приведен в табл. 2.2 – 2.3.

Таблица 2.2

Пример оценки уровня дипломной работы по входным переменным x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 промежуточного показателя x

Частный показатель		Уровень оценки показателя	Расшифровка	Функция принадлежности
x_1	Добросовестность студента дипломника	Ниже среднего	Не полностью понимает и выполняет задания	μ^{HC}
x_2	Умение самостоятельно работать с литературой	Выше среднего	Активно находит и изучает отечественную литературу	μ^{ec}
x_3	Достижение цели, сформулированной в качестве темы ДП	Низкий	Не полностью раскрыты задачи и цели ДП	μ^H
x_4	Объем самостоятельно полученных результатов	Выше среднего	Использует свои результаты и группы	μ^{ec}
x_5	Умение обобщить и систематизировать результаты проделанной работы, сделать выводы	Средний	Проводит обобщение полученных результатов с корректировкой руководителя	μ^C

Таблица 2.3

Пример оценки уровня дипломной работы по входным переменным z_1, z_2, z_3, z_4 промежуточного показателя z

Частный показатель		Уровень оценки показателя	Расшифровка	Функция принадлежности
z_1	Обоснование актуальности	Ниже среднего	Результаты исследования получены ранее, актуальность не раскрыта	μ^{HC}
z_2	Новизна работы	Средний	Дублирует уровень средних образцов	μ^C
z_3	Объем и качество обзора литературы	Ниже среднего	Отечественная литература	μ^{HC}

Таблица 2.3 (продолжение)
 Пример оценки уровня дипломной работы по
 входным переменным Z_1, Z_2, Z_3, Z_4 промежуточного показателя Z

Частный показатель		Уровень оценки показателя	Расшифровка	Функция принадлежности
y_4	Возможность практического использования	Средний	Результаты имеют рекомендационный характер	μ^C
y_5	Степень обоснованности решений	Ниже среднего	Есть результаты только одного варианта	μ^{nC}
y_6	Качество полученных результатов	Средний	Ординарные результаты	μ^C
y_7	Степень достоверности полученных результатов	Ниже среднего	Результаты частично не подтверждаются	μ^{nC}
y_8	Соблюдение стандартов	Средний	Не полностью раскрывают смысл, есть погрешность в оформлении	μ^C
y_9	Язык и стиль изложения	Ниже среднего	Есть отдельные стилистические и грамматические ошибки	μ^{nC}
y_{10}	Использование современных методик	Низкий	Использование ЭВМ отсутствует или носит второстепенный характер, устаревшие методики	μ^H

В рассмотренном примере применения математического аппарата теории нечетких множеств для формирования результирующих оценок предлагается одна из возможных оценок результатов в процентах. Тогда по шкале абсцисс следовало бы отложить проценты, однако, мы умышленно оставили этот вопрос открытым, поскольку это предмет отдельного обсуждения и исследования. Однако, следует обратить внимание, что полученный результат для выходной функции r в приведенном примере получился 33,33 %. В принципе, для локального подразделения вуза, например, факультета, достаточно провести исследование и назначить соответствующую шкалу оценок. Например,

$r < 20 \%$	-	плохо,	
$20 \% \leq r < 30 \%$	-		удовлетворительно,
$30 \% \leq r < 40 \%$	-		хорошо,
$40 \% \leq r$	-		отлично.

Такая простая система после апробации позволит снизить уровень субъективизма по оценке каждого отдельного студента дипломника, достичь соответствующей оценки дипломов различными кафедрами, ляжет в основу общей интеллектуальной системы, позволяющей идентифицировать качество образования.

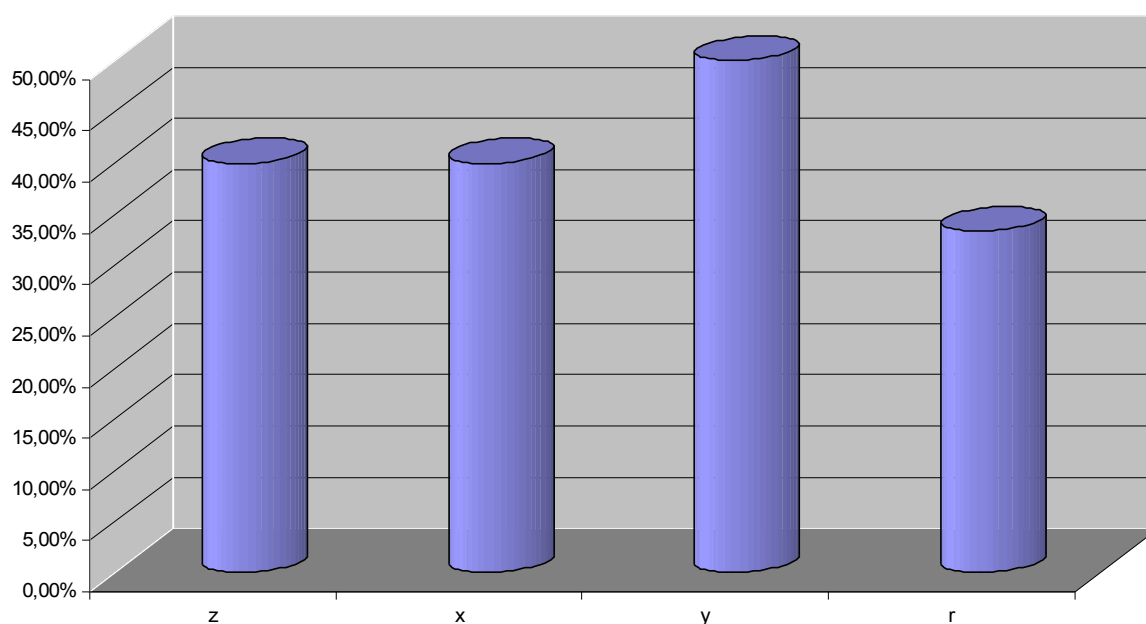


Рис.2.11. Шкалы полученных на основе применения ТММ оценок научного руководителя X, рецензента Y, государственной экзаменационной комиссии Z и результирующей оценки R

Кроме того, не следует забывать, что одной из ключевых компетенций, формируемых в процессе высшего образования, является социальная, которая включает ответственность и активную жизненную позицию выпускника. Подобная система оценивания внесет ясность в отношения руководитель – студент – рецензент – ГЭК, что позволит студенту четко понимать предъявляемые требования, осознавать свою ответственность за их выполнение. Таким образом, внесение нечеткой логики в систему защиты дипломных работ позволит устранить нечеткость понимания будущим выпускником своих задач в период подготовки и защиты дипломной работы.

2.7 Выводы

В приоритетном национальном проекте “Образование” определенный акцент направлен на реализацию идей компетентностного

подхода. Компетентностный подход вошел в систему образования в связи со сменой Российской образовательной парадигмы, включением России в Болонский процесс, что в свою очередь обусловлено обще-европейской и общемировой тенденцией интеграции и глобализации мировой экономики³⁶.

В докладе международной комиссии «Образование: сокрытое сокровище» были сформулированы "четыре столпа", на которых основывается образование: научиться познавать, научиться делать, научиться жить вместе, научиться жить, что, по сути, определило основные глобальные компетентности.

Совет Европы принял определение следующих пяти ключевых компетенций, которыми «должны быть оснащены молодые европейцы:

- «... политические и социальные компетенции, такие как способность принимать ответственность, участвовать в принятии групповых решений...;
- компетенции, связанные с жизнью в многокультурном обществе. ... Образование должно «оснастить» молодых людей межкультурными компетенциями, такими как принятие различий, уважение других и способность жить с людьми других культур, языков и религий;
- компетенции, относящиеся к владению (mastery) устной и письменной коммуникацией, которые особенно важны для работы и социальной жизни...;
- компетенции, связанные с возрастанием информатизации общества...;
- способность учиться на протяжении жизни ... в контексте как личной профессиональной, так и социальной жизни»³⁷.

Изменение образовательной парадигмы с традиционной «знания – умения – навыки» на компетентностную совместно с активизирующимся сращиванием гуманитарных и естественно-научных дисциплин путем все более усиливающегося использования математических методов в исследовательских методах в системе дисциплин гносеологически относящихся к социологическим, в большой степени отражено в данной части работы. Использование предложенной системы оценивания дипломных работ, прямо способствует формированию политических и социальных компетенций, среди которых особенно выделена такая, как способность принимать ответственность. Способность принимать ответственность напрямую связана с формированием всех исходных информационных предпосылок для ее осознания. Вообще, во всех сферах жизнедеятельности мирового сообщества в настоящее время происходит изменение ценностных ориентаций, что

требует нового подхода к формированию будущего профессионала. Компетентностный подход рассматривается как своего рода инструмент усиления социального диалога высшей школы с рынком труда, средство углубления их сотрудничества и восстановления в новых условиях взаимного доверия.

Компетенции интерпретируются как единый (согласованный) язык для описания академических и профессиональных профилей и уровней высшего образования. Иногда говорят, что язык компетенций является наиболее адекватным для описания результатов образования. Ориентация стандартов, учебных планов (образовательных программ) на результаты образования делают квалификации сравнимыми и прозрачными, чего нельзя сказать о содержании образования, которое разительно отличается даже при подготовке по одной и той же специальности.

В отличие от характерной для действующих ГОС квалификационной модели, компетентностная модель специалиста, ориентированного на сферу профессиональной деятельности, менее жестко привязана к конкретному объекту и предмету труда. Это обеспечивает мобильность выпускников в изменяющихся условиях рынка труда.

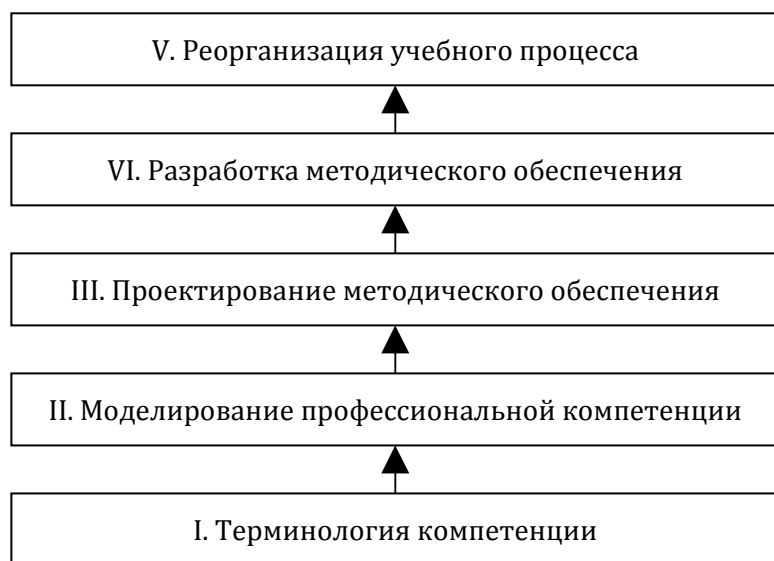


Рис. 2.12. Этапы разработки компетентностного содержания учебной дисциплины

Внедрение предлагаемой модели снижения уровня субъективизма при оценке дипломных работ в процесс подготовки специалиста или магистра предназначено для подготовки к переходу от традиционной модели формирования знаний, умений и навыков к формированию компетентностной модели выпускника возможно провести по следующей схеме

(рис. 2.12).

В первую очередь необходимо уточнить такие понятия как «компетентность», «профессиональная компетентность», «компетенция», «компетентностный подход», «компетентностная модель».

Компетентность – интегрированная характеристика качеств личности, результат, необходимый для деятельности в определенных областях³⁸.

Профессиональная компетентность – актуальное, формируемое личностное качество, основывающееся на знаниях, интеллектуально- и личностно-обусловленная социально-профессиональная характеристика специалиста^{39,40}.

Компетенция – предметная область, в которой индивид хорошо осведомлен и в которой он проявляет готовность к деятельности.

Компетенции представляют собой сочетание характеристик (относящихся к знанию и его применению, к позициям, навыкам и ответственностям), которые описывают уровень или степень, до которой некоторое лицо способно эти компетенции реализовать.

Компетентностная модель – это модель будущей эффективной работы, социального взаимодействия и адаптируемости ко многим контекстам. Под *компетентностным подходом к проектированию ГОС ВПО* следует понимать метод моделирования результатов образования как норм его качества. Это будет означать: отражение в системном и целостном виде результата образования; формирование результатов как признаков готовности студента/выпускника продемонстрировать соответствующие компетенции; определение структуры последних.

Компетентностный подход требует переориентации на студенто-центрированный характер образовательного процесса, использования системы зачетных единиц (ЕСТ8 или совместимой с ней системы) и модульных технологий организации образовательного процесса.

Определившись терминологией, смещающей вектор целей образовательного процесса с предмето-центрированного на студенто-центрированный компетентностный подход в процессе формирования компетенций, следует отметить, что построенная в данном разделе модель предназначена для формирования социальных компетенций на основе выбранной модели профессиональной компетентности.

Многие из компетенций взаимосвязаны: аспекты, важные в одной сфере, поддерживают компетентность в другой. Компетентность в фундаментальных базовых навыках в языке, грамотности, работе с числами и информации и информационных технологиях является основой для учебы, а обучение учению поддерживает всю образовательную деятельность.

Проводя анализ существующей системы образования, приходится согласиться, что соответствие традиционной триаде «знания – умения – навыки» удерживает студентов в репродуктивной форме об-

разования, а преподавателя в иллюстративном типе преподавания, ориентированных на запоминание и последующее воспроизведение. При этом студенты испытывают большие сложности в установлении связи учебного материала и фактическими проблемами будущей профессиональной деятельности; целостного восприятия требований и своих действий; взаимосвязи этапов деятельности и их последствий; неумение сформулировать учебную практическую задачу на заданную тему, наметить пути ее решения. Отношения закрытости и декларации результата «пост фактум» поддерживает слабую мотивацию познавательной деятельности.

При переходе к формированию политических и социальных компетентностей как способности принимать ответственность за свои действия для решения ряда задач в повседневных ситуациях происходит наращивание основательного умения организовывать и планировать свою деятельность, основной упор делается на самом ее процессе, а не только на знании возможного результата. Развивается способность и желание использовать основы знаний и методологии, объясняющих мир, для выявления проблем и выводов, основанных на доказательствах. Отношения между преподавателем и студентом смещаются в сторону партнерства и разделения ответственности.

Переход к проектированию методической системы встраивания возможности включения в процесс обучения специальным дисциплинам профессиональной подготовки обеспечения формирования ключевых компетенций означает новый уровень информационного обмена учебного процесса, обновление всех сторон учебно-воспитательного процесса: психологии педагогов и обучаемых, образа их мыслей, интересов установок, их отношений друг к другу. Преподаватель в современных условиях становится не столько носителем и передатчиком научной информации, сколько организатором-управленцем познавательной деятельности студентов, их самостоятельной исследовательской работы, научного творчества.

Изменение системы оценивания работы студентов с традиционной формы на разработанную в разделе методике позволит ориентировать учебный процесс на развитие когнитивных качеств личности профессионала в управленческой сфере.

Разработка и создание системы методического обеспечения на основе комплекса оцениваемых по критериям параметров с использованием математического аппарата теории нечетких множеств позволяет проектировать преодоление отмечаемой тенденции пассивного восприятия окружающего социокультурного пространства и переход к активным формам взаимодействия и налаживания обратной связи общества и индивидуума.

Для разработки проекта учебного процесса, ставящего своей задачей соответствие внешних квалификационных и компетентностных требований к выпускникам вузов от государства, работодателей, общественных организаций с передаваемыми студентам знаниями, представлениями, навыками и умениями, может применяться матрица компетенций⁴¹. Для построения матрицы компетенций проводится выделение типов компетенций и включаемых конкретных функциональных компетенций. Так как, пока нет однозначно определенного перечня компетенций – это право остается за вузами и профессиональными сообществами. Критерий правильного выделения только один – насколько получившаяся матрица отвечает задачам регулирования рынка трудоустройства в данном регионе. Обязательным требованием является наличие точных и однозначных дескрипторов уровней, не допускающих различного толкования.

Практическое внедрение матрицы компетенций предполагает выделение трех основных функциональных мест⁴²: анализ и прогнозирование сферы социальных практик, анализ устройства существующего учебного процесса, анализ возможных образовательных ресурсов и внесение изменений в учебный процесс.

После того как матрица сформирована, задача мониторинга становится ясной. К каждому студенту должен быть прикреплен его «паспорт», в который регулярно заносятся подтвержденные им уровни компетенций.

Для того, чтобы начать создавать будущую конструкцию образовательной программы, необходимо проанализировать все требования заинтересованных сторон, противоречия и возможные последствия. После этого приступить к решению поставленной задачи быстро, организованно и креативно. Результат возможного изменения в организации учебного процесса оценить чрезвычайно трудно, поскольку его последствия скажутся через длительный промежуток времени.

В результате данного раздела особенно отметим основные выводы:

1. Проведено ознакомление основными понятиями нечеткой переменной, операциями с ней и возможными сферами приложения ТНМ. Расширены знания о нечеткой переменной, введена лингвистическая переменная, освоено ее применение. Представлены возможности и примеры построения функций принадлежности.

2. Проведен анализ моделирования динамики простой системы (маятник) и на основе полученного опыта развита система контроля знаний выпускников вуза на примере изменения системы оценки выпускных дипломных работ молодых специалистов. Разработаны параметры по которым может проводиться оценка и критерии для каж-

дого из них, определяющие соответствие уровню. Рассмотренный пример внедрения элементов ТНМ в учебный процесс позволит сделать систему требований и соответствующих результирующих оценок прозрачной и адекватным современным передовым тенденциям Болонского процесса и новой образовательной компетентностной парадигмы.

3. Простое изучение предложенных значений критериев оценки и полученного результата показывает, что в такой простой модели результат применения ТНМ дает результат вполне согласующийся со здравым смыслом. Предположительная оценка должна быть соответствующей оценке «хорошо», что и получено в результате.

4. Кроме очевидного вклада в возможность развития интеллектуальных систем от внедрения предложенной системы в учебный процесс можно ожидать серьезного эффекта в направлении формирования компетентного содержания учебных дисциплин и ФГОС ВПО третьего поколения.

3 Качество образования и цели развития высшего учебного заведения

Говорят, что человек, приобретая опыт, узнает мир. Что это означает? Человек движется по поверхности вещей и испытывает их. Он извлекает из них знание об их наличном состоянии, некий опыт. Он узнает, каковы они.

И ничего не изменится, если к «явному» опыту присовокупить «тайный» в той самонадеянной мудрости, которая знает в вещах их сокрытое, сохраняемое для посвященных, и мастерски орудует ключом. О таинственность без тайны, о накопление сведений!

Мартин Бубер

3.1 Введение и цели раздела

Сегодня идут острые споры о будущем высшего образования. Образование потрясают частичные реформы и эксперименты. Достаточно привести только один пример – введение Единого государственного экзамена (ЕГЭ), для того, чтобы показать, как сложно найти компромиссное решение. Уже всем заинтересованным лицам известно, что с 2000 года рост числа поступивших в вузы студентов превысил количество выпускников и в этот же год рост числа студентов, обучающихся на внебюджетной основе – с полным возмещением затрат, сравнялся с количеством мест в вузах для студентов, обучающихся на бюджетной основе⁴³. Несмотря на кажущееся наличие еще совсем недавно четко функционировавшей системы на сегодняшний день вузы не готовы к изменившейся ситуации. Исследования ситуации показывают, что простым увеличением бюджетного финансирования положения не поправить. Нужны внятные и быстрые реформы, которые позволили бы удержать российскую высшую школу от сползания в пропасть. Бюджетные средства не помешают, но их не хватит, чтобы преодолеть давний и глубокий кризис. Нужна осмысленная и решительная модернизационная программа.

Возвращаясь к истокам формирования современного высшего образования, вспомним историю университета Болоньи⁴⁴, основанного в 1088 году, который считается старейшим университетом Европы.

В 1158 году император Священной Римской империи Фридрих I Барбаросса выдал Болонскому университету хартию, согласно кото-

рой студенты и профессора находились под его покровительством как в самом университете, так и на пути к нему. Этот документ, разумеется, имел важное значение в средневековой Европе, на дорогах которой в те времена встречались не только искатели вечных истин.

В Болонском университете – *Alma Mater Studiorum* – были заложены основы самоуправления вузов. Студенты сами нанимали профессоров и выбирали ректора. Деньги на оплату преподавателей также собирали со студентов. Профессора, собственно, не влияли на процесс приема и выдачи дипломов. Прием в университет проводили лучшие студенты. Лекции делились на обязательные и необязательные. Только на старших курсах, получая степень лиценциата, кандидат обязан был сдать экзамен преподавателю, а получая степень доктора, – пройти публичный экзамен в присутствии приемной комиссии, т.е. конвента. Полноправие студентов, впрочем, обернулось снижением качества образования, так что в 1219 году папа римский предписал, чтобы никто не мог получить докторского звания без согласия архиепископа Болонского. Вскоре после этого университет вновь стал лучшим учебным заведением, а его выпускники признавались обладателями высшего ученого звания в Италии.

Происходящий в настоящее время переход России на новые рыночные отношения и ее вступление в Болонскую конвенцию⁴⁵ повлекли за собой серьезные изменения в деятельности высших учебных заведений. Это, в свою очередь, активизировало усилия по развитию эффективных систем обеспечения качества, увеличению совместимости и сопоставимости образования, созданию более прозрачных структур высшего образования на уровне вузов, национальном и общеевропейском уровнях.

Споры о судьбах российской высшей школы не утихают, порой даже становятся острее. Проводимые в последние годы эксперименты по введению ЕГЭ, а также государственных именных финансовых обязательств (ГИФО) только подлили масла в огонь. При этом в ожесточенных спорах доминируют, прежде всего, *мифы*: о том, что происходит в системе высшего образования, в пылу дискуссий вспоминают мало. Мифы привычнее. Приведем примеры.

Миф первый. Российское образование – лучшее в мире. Мы снабжаем кадрами весь мир, и масштабы утечки умов достигли угрожающих размеров. Вывоз «человеческого капитала» за рубеж достигает многих миллиардов долларов, а иногда в пылу полемики эти цифры возрастают и до триллионов.

Миф второй. Российское образование бесплатно, но в результате реформ его пытаются сделать платным и в силу этого погубить. Платное образование сделает невозможным поступление в вузы детей из

низкодоходных семей – получать высшее образование будут только дети богатых.

В противовес этим мифам стремительно формируются контрмифы, которые можно для разнообразия и простоты восприятия назвать *легендами*.

Легенда первая. Российское образование стремительно деградирует. Мы быстро утрачиваем все свои прошлые позиции. Наши дети становятся неконкурентоспособными по отношению к своим сверстникам за рубежом. Мы губим нашу общеобразовательную школу, а следовательно, и высшую, ибо в нее приходят все более слабо подготовленные абитуриенты. 70% выпускников вузов не находят работу по специальности. Вузы готовят студентов «в никуда».

Легенда вторая. В вузы юноши поступают, чтобы избежать армии. Это резко деформирует спрос на высшее образование и не позволяет рационализировать ситуацию. Вузы поражены коррупцией. Все высшее образование уже либо явно, либо неявно платно, и в высшей школе не столько учат, сколько продают дипломы. Работодателю же не нужны знания выпускников, а нужны «корочки». В скором времени Россию ожидает кадровая катастрофа.

И мифы и легенды российского образования, с одной стороны, порождены общим изменением всех условий жизни – было бы странно, если бы эти изменения никак не отразились на системе образования. Вместе с тем на переломе всегда возникает и приукрашивание того, что безвозвратно ушло в прошлое, и неприятие того, что приходит ему на смену. Это, в общем-то, две стороны одной медали.

Мифы о прекрасном прошлом и бесплатности образования выполняли и продолжают выполнять вполне понятную роль – они являются обоснованием необходимости дополнительного выделения вузам бюджетных средств. Контрмифы, напротив, нацелены на то, чтобы показать, что простым увеличением бюджетного финансирования положения не поправить. Нужны внятные и быстрые реформы, которые позволили бы удержать российскую высшую школу от сползания в пропасть. Бюджетные средства не помешают, но их не хватит, чтобы преодолеть давний и глубокий кризис. Нужна осмысленная и решительная модернизационная программа. Жизнь же, как ей и положено, лежит то ли посередине между мифами и легендами, то ли вообще в другой плоскости.

Высшее образование работает в социальной среде и для своего социального окружения⁴⁶, поэтому сформировавшиеся в нем проблемы продиктованы уровнем мирового экономического, политического и культурного развития, и, лишь отчасти, обществом своей конкретной страны. Для анализа ситуации в образовании необходимо в пер-

вую очередь провести рассмотрение изменений в условиях глобализации.

С середины прошлого века человечество вступило в новую эпоху формирования рынка потребителя. Этот факт повлек за собой огромное количество следствий, главным из которых, по-видимому, нужно считать следующие: все виды и методы управления в обществе и экономике приобрели общую безальтернативную основу – качество. Исчезают общий менеджмент, менеджмент персонала, финансовый менеджмент и т. д., если он не основан на менеджменте качества или точнее сказать на качестве менеджмента⁴⁷. Исчезают в смысле снижения востребованности из-за недостатка возможностей по обеспечению эффективного руководства организацией как единой системой. Минимальные требования и рекомендации по качеству менеджмента, независимо от его отраслевой направленности, мировая бизнес-элита сформулировала в действующих как международные и Российские стандарты серии ИСО 9000:2000^{48,49,50,51}. Эти стандарты направлены на всеобщее понимание одного статистически доказанного бесспорного факта: широкомасштабные исследования мировой экономики показали следующий относительный вклад основных причин дефектности деятельности.

За успех или не успех любой деятельности более, чем на 80% отвечает ее управленческая составляющая, менее 20% приходится суммарно на ресурсы, труд, материалы, энергию, окружающую среду и, возможно, еще что-то специфическое, требуемое для конкретного вида деятельности, приводящей к созданию товара или услуги. Нет никаких оснований считать, что основные причины дефектности образовательной деятельности распределены иначе^{52,53}. Таким образом, качество управления становится конкурентным оружием не менее, а часто и более важным, чем соотношение цены и стоимости товара, созданного под воздействием этого управления.

Качество это сложное понятие, претерпевшее долгий путь эволюции со времен первых, дошедших до нас формулировок. Понятие качества было впервые сформулировано Аристотелем в III в. до н. э. как различие между предметами. До недавнего времени наиболее четко выделялась философская категория в изложении Гегеля (XIX в. н. э.): качество есть в первую очередь тождественная с бытием определенность, так что нечто перестает быть тем, что оно есть, когда оно теряет качество.

Со второй половины XIX в. бурно развивавшееся массовое производство поставило перед промышленниками задачу необходимости повышения качества и, как следствие, повлекло за собой развитие управленческой мысли. В 1950 г. одним из ведущих

ученых, работавших над совершенствованием качества, участвовавшим в воплощении так называемого «японского чуда» К. Исикавой качество рассматривалось как «свойство, реально удовлетворяющее потребителей».

Очень важно теоретически и с точки зрения насущной практики деловой активности, направленной на преодоление кризиса в стране, попытаться разобраться в современном смысле этой категории. Обратимся, прежде всего, к названной серии стандартов, внедрение которых в практику справедливо считается сегодня во многих странах минимально необходимым условием роста качества жизни (к сожалению, это пока в гораздо меньшей степени относится к России).

Раздел 3.1 стандарта ИСО 9000:2001 гласит: «качество (quality) – это степень соответствия присущих отличительных свойств (объекта: продукции, процесса, системы, системы менеджмента качества и др.) требованиям»⁹⁰. Стандарт разъясняет, во-первых, что понятие «собственный, присущий» в противоположность понятию «назначенный, присвоенный» означает существование (наличие, присутствие) в чем-то, прежде всего в виде неизменной (постоянно присутствующей) характеристики. Во-вторых, понятие «требование» (requirement) определяет как потребность или ожидание, которое установлено (задано), обычно предполагается или является обязательным. И далее: требования могут быть выдвинуты различными заинтересованными сторонами (interested party). Таковыми стандарт признает лицо или группу лиц, заинтересованную в деятельности или успехе организации.

Использование в определении качества понятия «степень» вносит в само определение признанный факт изменчивости любых процессов. Кроме того, оно означает, что качество измеримо, что его может быть больше или меньше, что возможно сравнить его с другим качеством, а это означает, что оно вполне подходит на роль способа конкуренции на рынке.

Качество, присущее объекту, может иметь множество характеристик или параметров, которые должны быть измерены. В настоящее время широко известна и научно доказана неизбежная естественная изменчивость (или вариабельность) любого процесса⁵⁴. Существенный вклад в методы анализа вариабельных процессов принадлежит В. Шухарту⁵⁵, разработавшему статистические методы управления процессами.

В текущем разделе проведем анализ трансформации понятия идеи высокого качества в ранг национальной идеи в новейшей современной истории и покажем возможность проецирования данной идеологии на отдельные организации⁵⁶, а также объединим идеи общие и личные, внутренние и внешние. Покажем, что ради реализации высо-

кой миссии индивидуума, организации, общества или государства необходимо выстроить иерархию от видения миссии через разработку стратегии к постановке текущих задач и разработке проектов их решения. Для обоснования необходимости такой связи выявим, что любая организация, выстраивая свои текущие цели деятельности, балансирует на грани между воздействующими на нее заинтересованными сторонами. Это воздействие оказывает на организацию мощное воздействие и, в силу того, что любая организация должна рассматриваться как открытая система, может вывести ее из существующего динамического режима.

Размышления над вроде бы нехитрыми проблемами, возникшими в классической термодинамике при переходе к исследованию открытых систем и неравновесных процессов, протекающих как в живой, так и в неживой природе могут привести к размышлениям необычным для систем образования. Ведь возникновение разнообразнейших структур, их «самоорганизация», в конечном счете само появление жизни не согласуются с устоявшимися представлениями о разрушении всего стройного и упорядоченного при эволюции к равновесным и к хаотическим состояниям.

Динамическая система¹ всегда стремится к выгодному энергетическому состоянию – положению равновесия. Это равновесие достигается при условии, что воздействующие на систему силы компенсируют друг друга. В разделе мы покажем результаты исследования, показывающего отсутствие такого равновесия сил заинтересованных сторон на одно из действующих вузовских подразделений. Полученные результаты показывают необходимость активного воздействия на данную организацию для достижения устойчивого положения.

В качестве способа воздействия предлагается использовать уже широко известную сбалансированную систему показателей, прекрасно зарекомендовавшую себя в промышленности. Для адаптации сбалансированной системы показателей для вуза предложим собственную интерпретацию традиционных аспектов на более приемлемые в случае государственной организации, обеспечивающий решение задач формирования главного государственного капитала – человеческого. Рассмотрим известные примеры подобной трансформации для образовательных учреждений.

На основе предложенной замены аспектов сбалансированной системы показателей приведем авторский вариант системы показа-

¹ Открытая динамическая система – система, которая обменивается с окружающей средой веществом, а также энергией и импульсом. В них могут возникать причудливые неравновесные структуры – предмет исследования синергетики, возникшей в 60 гг. XX века как раздел статистической физики

телей для их оценки основанный на проведенном открытом экспертном опросе. Для всех полученных параметров мы предложим разработанные для каждого критерии оценки, которые спроектированы для дальнейшего применения ТНМ⁵⁷.

Основываясь на изученной литературе по теории и практике применения сбалансированной системе показателей предложим соответствующую трансформацию этапов внедрения стратегических карт в высшем учебном заведении с целью добиться реализации миссии высшего образования в текущей практике организации учебного процесса образовательной организации.

3.2 Миссия возрождения – высокое качество

Для каждого человека или организации необходима цель или система сбалансированных целей, которые оправдывают его существование в собственных глазах и в глазах окружающих. Если такая система отсутствует, то человек переживает невроз, организация оказывается не способной достичь устойчивого успеха и прекращает свое существование. Кроме того, такая цель необходима каждой нации и государству. Отсутствие национальной идеи, представленной в виде системы реальных и достижимых целей, ведет государство к политическому кризису и деморализации нации. Эта закономерность, впервые обнаруженная философами древнего Китая еще за несколько веков до нашей эры, действует и сейчас.

На протяжении своей истории человечество опробовало, кажется, практически все варианты национальных идей. Некоторые из них в XX веке оказались настолько небезопасными для остальных стран и народов, а иногда и для коренного населения, что к концу 60-х годов XX века политиками, бизнесменами и учеными большинства промышленно развитых стран стала ощущаться неотложная потребность сформулировать такую национальную идею, которая обладала бы способностью консолидировать нацию: объединять людей, иногда придерживающихся принципиально разных, религиозных и политических убеждений. Такая идея должна способствовать не разобщению, а соединению стран и народов и при своем воплощении исключала бы опасность возникновения новых войн. И такая идея была сформулирована авторитетнейшим собранием – Римским клубом. В нее были включены задачи, связанные с повышением качества жизни в обществе.

Основные направления развития национальной идеи включают:

- экономику, которая создает условия для повышения благосостояния граждан;
- политику, которая обуславливает национальную идею, как цель развития общества;
- культуру, обуславливающую стиль, нормы и правила экономической и политической деятельности.

Идеи Римского клуба являлись дальнейшим развитием концепции «общества потребления», целью существования которого является удовлетворение потребностей сограждан. Окончательно эта концепция общества была сформулирована в 50-х годах XX века. Главной фигурой такого общества является потребитель, его требования (если они социально безопасны) обладают приоритетом над возможностями производителя, и защищаются установлениями государства и общества. Важнейшими достижениями «общества потребления» могут считаться:

- последовательное претворение в жизнь идей свободы торговли;
- развитие систем государственной и общественной защиты прав потребителей на качественную продукцию и услуги; эти системы также ограничивают монополизацию рынка производителем;
- достаточно высокий уровень самосознания потребителей, которые согласны платить за качество и готовы сотрудничать с производителем в его повышении.

Свойственный концепции «общества потребления» главный недостаток, связанный с непониманием ограниченности природных ресурсов Земли при неконтролируемом росте потребления был если не преодолен, то сглажен идеей обеспечения экологической безопасности, которая подразумевала заботу о сохранении природной среды.

Стратегически развитые государства развернули «национальную идею» повышение качества жизни по всем трем основным направлениям. Из общей «сверхзадачи» повышения качества жизни, которая стала основой государственной политики большинства промышленно развитых стран, логически вытекает государственная политика в области качества товаров и услуг. Поскольку все граждане являются потребителями образовательных услуг, высшее образование должно сыграть ключевую роль в формировании национальной идеи качества.

Сегодня часто цитируют работы выдающегося российского философа, в начале XX века размышлявшего о судьбе своей Родины Ильина И.А.: «...И готовить восстановление России – значит прежде всего готовить себя самого к качественному служению Родине, гото-

вить свой характер, свой разум, свое чувство, свою волевою идею. Имя этой волевой идеи – русское качество. Верим и знаем: придет час, и Россия восстанет из распада и унижения и начнет эпоху нового величия. И эпоха эта будет стоять под знаком нашей волевой идеи!»⁵⁸.

В условиях экономических и социокультурных изменений, происходящих в России в период формирования префигуративной культуры, на высшее образование ложится миссия подготовки выпускников к условиям жесткой конкуренции, необходимости быстро адаптироваться к изменяющимся внешним условиям, постоянно повышать свой профессиональный уровень⁵⁹.

Окружающая реальность как объективная основа любой человеческой деятельности требует постоянного освоения и применения новых инструментов и методов реализации этой деятельности. Однако, их использование в профессиональной работе, как отдельного индивидуума, так и социума в различных масштабах, стимулируется и поддерживается установленными жизненными принципами. В случае несоответствия методов принципам, которыми принято руководствоваться в жизни новые методы не могут быть приняты ни отдельным человеком, ни обществом. Принятие или изменение жизненных принципов возможно в случае их соответствия более значимым ценностям, непрекаемо важных для субъекта. Если понятие нижнего уровня вступает в противоречие с понятием верхнего уровня, то оно не может быть применимо (базисные инструменты и методы не применяются в случае противоречия с жизненными принципами, принципы не принимаются, если противоречат духовным святыням и ценностям). И наоборот, изменить что либо на нижнем уровне можно только тогда, когда произошли изменения на более высоких понятийных уровнях. Подобная схема логики, наглядно иллюстрирует, почему многие новые методы нередко приводят к старым результатам.

Для формирования в сложном экономически, исторически и ментально российском обществе новых требований к повышению качества жизни необходимо не только и не столько совершенствовать инструменты и методы, сколько принципиально изменить ожидания отдельного индивида возможности реализации своих требований к жизни. Эта задача чрезвычайно сложна в сегодняшних социокультурных изменениях, носящих глубоко конфликтный характер. Конфликт вносит провоцирующая реклама праздной жизни в СМИ, насаждение завышенных требований и ожиданий среди молодежи, нарастающая конкуренция работников, давление глобального рынка и всех его варварских сторон, общая неустойчивость и бесперспективность товарно-потребительской, техногенной цивилизации⁶⁰.

Выход может быть найден только в глубинных нравственных ценностях, присущих каждому отдельному человеку и всему нашему народу. Вглядываясь в судьбы России, ее крушение и унижения, еще в 1928 году выдающийся российский философ И.А. Ильин размышлял о пути ее развития в статье «Спасение в качестве» на страницах журнала «Русский колокол»: «Верим и знаем: придет час, и Россия восстанет из распада и унижения и начнет эпоху нового расцвета и нового величия. Но возродится она и расцветет лишь после того, как русские люди поймут, что спасение надо искать в качестве!.. Ибо количественные пути исхожены, выстраданы и разоблачены, и количественные иллюзии на наших глазах изживаются до конца». Отношение к качеству, говоря словами И.А. Ильина, как к «заморской выдумке», создало у нас цивилизацию людей, живущих по принципу кое-как и как получится. Отсюда грязные подъезды, дворы и города, бездумно вырубаемые леса и продаваемая нефть – собственность наших потомков – заброшенные поля и фермы и многое другое. Гражданственность, любовь к ближнему, совесть, трудолюбие, можно только воспитать, но еще нашими предками упущена проблема воспитания культуры качества. И сегодня уже выросло поколение людей, неспособных привить эти качества своим детям.

В настоящее время обуславливать возрождение России, прежде всего, означает формировать у населения восприятие качества во всех аспектах – от самых мелких на первый взгляд до глобальных – как одной из основных ценностей жизни, возводя его в ранг приближающейся к непостижимой святине.

По мнению Ильина И.А., проблемы формирования революционной ситуации в России во многом были связаны с недостатком высокообразованных людей в народных массах. В настоящее время миссия творчески развязать качественные силы России ложится на образование. Будучи производным от общего уровня жизнеобеспечения, культуры, квалификации кадров и совершенства систем управления, качество образования становится одной из ведущих предпосылок перехода общества к философии качества как идеологическому императиву эпохи экологических проблем и освоения новых технологий.

Население России – одно из наиболее образованных в мире. Показатели обеспечения всеобщего начального образования и равенства доступа полов ко всем уровням образования находятся на уровне, сопоставимом с уровнем развитых стран. Востребовано второе высшее образование и различные специализированные схемы повышения квалификации, но если исходить из сформированных в промышленности методов оценки качества, следует начать совершенствование возможностей образовательных учреждений предоставлять каче-

ственные образовательные услуги как на первичных уровнях пирамиды Маслоу (получение возможности удовлетворения физиологических потребностей, формирование чувства уверенности и защищенности) так и на вторичных (от удовлетворения социальных потребностей, потребности в уважении до возможности самовыражения), с оценки сбалансированности развития образовательных учреждений⁶¹.

Каждая организация, находится под воздействием пяти основных групп конкурентных сил⁶²:

1. Угроза появления в отрасли новых конкурентов.
2. Способность покупателей добиваться снижения цены.
3. Способность поставщиков добиваться повышения цен на поставляемую продукцию.
4. Угроза появления на рынке заменителей продуктов и услуг организации.
5. Степень ожесточенности борьбы между существующими конкурентами в отрасли.

Эти пять сил приводят в действие заинтересованные стороны предприятия, которые во многом определяют особенности менеджмента в вузе. Удобно рассматривать девять групп заинтересованных сторон: Клиенты (потребители), менеджеры предприятия, конкуренты, сотрудники предприятия, инвесторы (владельцы), поставщики, партнеры, общество и государство. деятельность менеджмента связана с нахождением компромисса между интересами всех этих сторон. В большинстве случаев их интересы противоречивы. Например, получение большей выгоды для себя и своей семьи в виде увеличения зарплаты противоречит написанию докторской диссертации. И т.п.

Каждая из заинтересованных сторон может выдвигать свои требования к качеству, что превращает качество в его современной формулировке по ИСО в комплексное понятие, удовлетворяющее требованиям всех заинтересованных сторон. Цели каждой из заинтересованных сторон противоречивы между собой.

Инвесторы (владельцы) — максимизировать прибыль, минимизировать налоговые выплаты и операционные затраты, например, зарплату сотрудников; по возможности повысить цены на продукцию и сократить ее себестоимость иногда в ущерб качеству; кроме того, инвесторы (по крайней мере, некоторые) заинтересованы в долгосрочных перспективах развития предприятия, а достижение такой долгосрочной цели может вступать в противоречие с краткосрочными интересами других инвесторов по максимизации текущего дохода.

Потребители — снизить цены на продукцию и повысить ее качество, включая удобство доставки продукции потребителю; потребитель может быть готов сохранять лояльность (т.е. предпочитать ее товары и услуги другим, давать благоприятные отзывы другим потребителям) только если он удовлетворен качеством и ценами, иначе — «прощай, и если навсегда, то навсегда прощай»⁶³.

Менеджеры — выполнить финансовые требования инвесторов (иначе — уволят) и при этом увеличить свои доходы (часто в ущерб тем же инвесторам), подняться на более высокую карьерную планку; менеджеры также заинтересованы в долгосрочных перспективах развития предприятия (если перспективы карьерного роста — хорошие), что также может вступать в противоречие с их краткосрочными интересами (действительно, что лучше — синица в руках или журавль в небе?).

Сотрудники — повысить свою компетентность и уровень оплаты труда, повысить степень удовлетворенности работой, обеспечить социальные гарантии; все это повышает затраты и создает немало головной боли менеджерам.

Поставщики — обеспечить долгосрочные контракты на закупку по выгодным ценам; это может противоречить целям инвесторов и менеджмента по снижению затрат.

Партнеры — обеспечить свои стратегические интересы, в том числе увеличить долю на рынке (иногда — за счет друзей).

Конкуренты — обеспечить соблюдение приемлемых (в идеале — цивилизованных) правил конкурентной борьбы.

Общество — реализовать социальное партнерство: благотворительные программы, социальные программы для сотрудников, спонсорство, увеличение рабочих мест и т.д.

Государство — обеспечить стабильные рабочие места, создание новых рабочих мест, гарантировать стабильное поступление налогов в полном объеме.

Взаимосвязь этих интересов можно представить наглядно на лестковой диаграмме, называемой диаграммой баланса интересов. Если диаграмма перекошена, это означает, что в скором времени, балансируя на грани удовлетворения потребностей всех заинтересованных сторон, организация будет находиться в менее устойчивом состоянии. Высшее учебное заведение, как и любая организация, находится в стадии устойчивого гармоничного развития в случае равномерно распределенной диаграммы баланса интересов. Наиболее устойчивого поступательного развития вуз сможет достичь утвердив свое положение в случае иллюстрируемом равномерно распределенной диаграммой баланса интересов.

Проведем исследование и построим диаграмму баланса интересов для некоторого вуза. Не указывая подразделения вуза и репрезентативность выборки рассмотрим результаты проведенного социологического опроса вузовских руководителей среднего звена. На рис. 3.1. на одной диаграмме показаны шесть вариантов ответов, выделенные разной степенью затемнения. Все варианты ответов представленные на данном рисунке показывают, что рассматриваемое образовательное учреждение весьма далеко от устойчивого гармоничного развития, оно очевидно терзаемо системными проблемами, поскольку все диаграммы перекошены. Следует обратить внимание на очевидно просматриваемые общие закономерности оценок уровня выполнения требований заинтересованных сторон, отсутствия рисков для организации в случае невыполнения требований и возможности оказания воздействия на заинтересованную сторону.

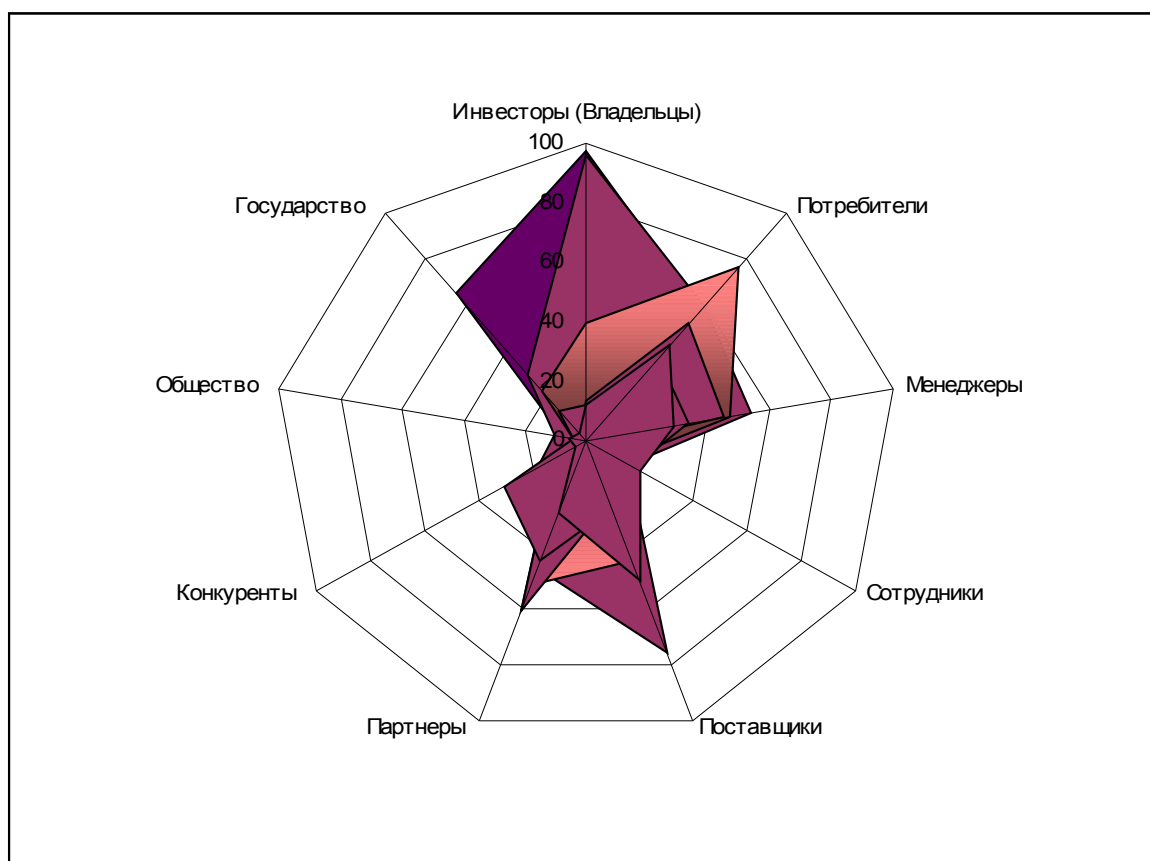


Рис. 3.1. Примеры отдельных результатов опроса вузовских руководителей среднего звена

В таблице рейтингов заинтересованных сторон приведены соответствующие усредненные рейтинги. По усредненным показателям опроса построена результирующая диаграмма, представленная на

рис.3.2, который показывает, что диаграмма перекошена⁶⁴. Оценивая результаты исследования мы можем предположить, что некоторая гипотетическая организация, предоставляющая образовательные услуги, предполагает, что лучше своих потребителей знает что и как им нужно преподавать; по прежнему не боится конкурентов, ориентируясь на инструкции министерства образования; руководство этой организации не пренебрегает своими интересами ради сотрудников. Такую нелестную интерпретацию полученной диаграммы баланса интересов можно долго продолжать, однако, очевидна необходимость качественных изменений в образовании. Эти качественные изменения необходимо формировать, начиная с системы ценностей, а не мониторинга количественных характеристик⁶⁵.

Таблица 3.1

Усредненные рейтинги сбалансированности интересов сторон

Заинтересованные стороны	Рейтинг RBI = W A B E	W – весомость заинтересо- ванной стороны для компании	A – уровень выпол- нения требо- ваний	B – от- сутствие рисков при невыпол- нении требо- ваний	E – возмож- ность невоздей- ствия на заинтере- сованную сторону вовремя
Инвесторы (Владельцы)	38,7917	0,19	7	6	5
Потребители	56,375	0,15	7	8	7
Менеджеры	40,6178	0,16	7	6	6
Сотрудники	12,1474	0,04	5	8	8
Поставщики	35,2625	0,15	5	7	7
Партнеры	47,32	0,12	7	9	7
Конкуренты	13,7813	0,07	5	8	6
Общество	6,1437	0,04	4	7	5
Государство	18,5354	0,09	7	6	5

Формирование системы ценностей высшего образование чрезвычайно сложно. Даже отдельный человек, осуществляющий свою профессиональную деятельность, движим противоречивыми целями. Например, написание докторской диссертации противоречит возможности сегодняшнего высокого материального обеспечения своей семьи и т.д. однако даже такое простое замечание показывает необходимость встраивания временной зависимости в проектируемую систему мониторинга качества высшего образования⁶⁶. Это достаточно сложно для построения даже самой простой математической модели исследуемого процесса. Для того, чтобы разобраться в глубинных движущих

силах выстраивания системы целеполагания обратимся к известному примеру подчеркиваемому руководителями российских консалтинговых фирм.

Если спросить руководителя российского предприятия, в чем основная цель бизнеса, которым он управляет он коротко ответит: «В получении прибыли». И поставит здесь точку. А европейский или американский менеджер поставит запятую и обязательно добавит что-то про клиентов, про общество, а японский вообще, пожалуй, так не скажет. Почему? Потому что их обучали практически с детства, что в предпринимательской деятельности всегда присутствуют внутренние и внешние цели. Внутренние цели ставит перед собой предприниматель, начиная или развивая дело. Они, как правило, личные — увеличение собственного дохода, удовлетворение каких-то личных амбиций и склонностей и т.д. Внешние цели предпринимательства — это те цели, на которые рассчитывает общество, разрешая предпринимателю его деятельность.

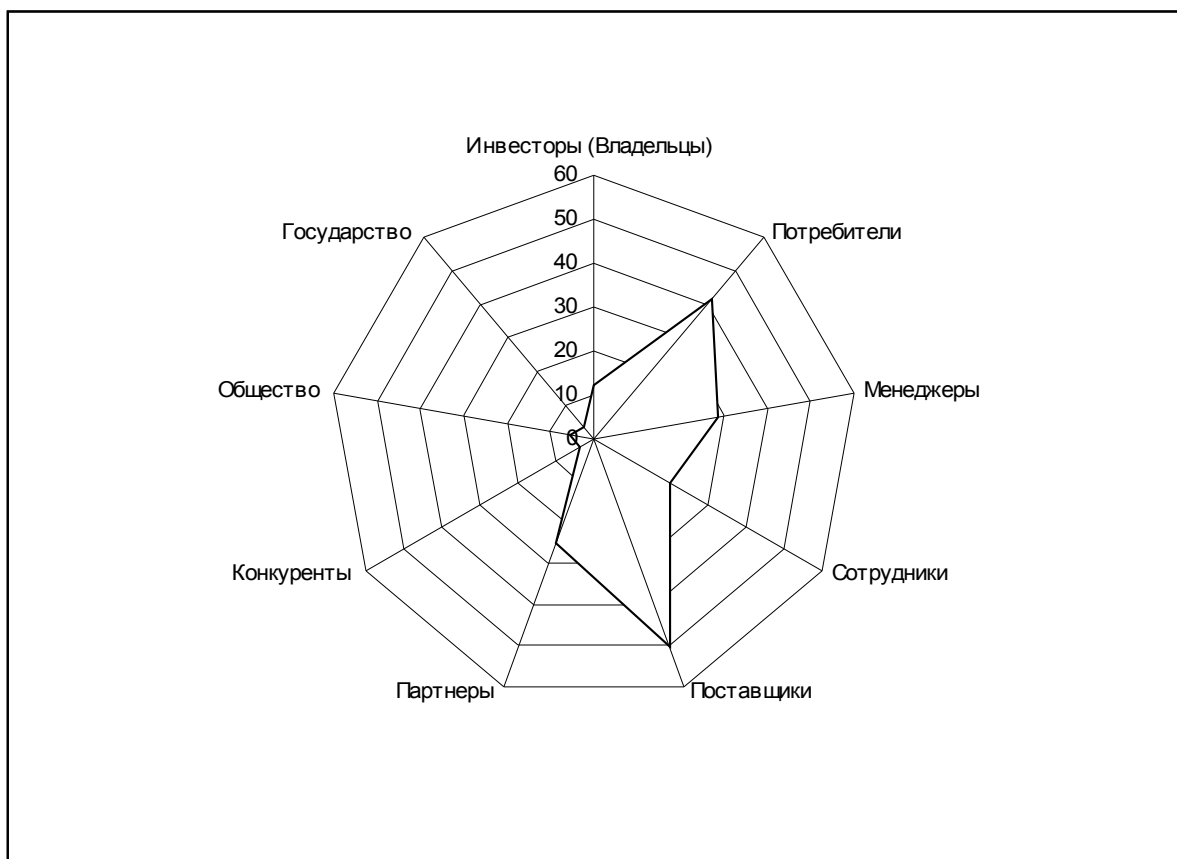


Рис. 3.2. Диаграмма баланса интересов для одного из подразделений некоторого вуза г. Саратова

Философия любой профессиональной деятельности — это фактически общепринятый компромисс между внутренними и внешними целями, который поддерживается всеми заинтересованными сторонами: предпринимателями, обществом, государством, фиксируется в профессиональных кодексах, законах, просто моральных нормах, воспроизводится в учебных программах вузов и бизнес-школ, публикациях СМИ, просто в деловом общении. Нужно сказать, что в России такой общепринятый компромисс до конца еще не найден, он только вырабатывается. Пока для многих предприятий характерен низкий приоритет внешних целей, игнорирование социальной функции предпринимательства будет сохраняться (хотя, конечно, есть и приятные исключения).

Программа Э. Деминга, ставшая одной из основ современного менеджмента качества, основана на работе автора с рядом других специалистов в период формирования «Японского чуда», ставшего одним из первых «чудес» XX века. Программа используется в основе современных национальных премий за достижения в области качества и международных стандартах ИСО. Деминг указывал на губительность погони за высокими финансовыми результатами, управление по целям, оценки деятельности по формальным показателям и др. А как быть?

Сегодня нефинансовые показатели не являются чем-то абсолютно новым и необходимость использования нефинансовых показателей в управленческом контроле также не нова. В состав системы контроля деятельности организации должны быть включены показатели, дополняющие информацию из финансовых отчетов и снижающие риск принятия решений, нацеленных на краткосрочные приоритеты, и помогают включить стратегические цели в повседневную практику выполняемых бизнес-процессов⁶⁷. В связи с этим некоторые исследователи говорят о замене экономического контроля стратегическим контролем. Однако правильнее было бы говорить об углублении понятия экономического контроля, выходящего за пределы банального текущего контроля стоимостных показателей.

Для государственной организации, не ставящей во главу угла получение финансовых прибылей накопленный опыт в области систем оценки эффективности деятельности организации, впервые предложенный в работе⁶⁸ в результате стремления усилить ориентацию организации на стратегические цели ее деятельности и улучшить контроль за их реализацией, стоит особенно остро.

Сбалансированная система показателей (Balanced Scorecard) — наиболее популярная, признанная в мире концепция управления реализацией стратегии, разработанная профессорами Гарвардского университета Д. Нортон и Р. Капланом (США)^{69,70}. Сбалансированная си-

стема показателей использует стратегические карты как способ согласования целей деятельности организации и контроля за их достижением.

Поскольку стратегические карты требуются в основном для описания тех процессов, результат которых будет виден в будущем, а преимущества в виде роста прибыли видны не сразу, они особенно интересны для определения эффективности образовательных услуг. Однако, для вуза основные аспекты сбалансированной системы показателей будут иметь трансформированную интерпретацию. Поэтому целесообразным представляется предложить модификацию сбалансированной системы показателей, более соответствующую для вуза.

3.3 От миссии организации к плану конкретных действий

Сбалансированная Система Показателей (ССП) переводит миссию и общую стратегию организации в систему четко поставленных задач^{71,72}, а также показателей, определяющих степень достижения данных установок в рамках четырех основных проекций:

- Финансы: финансовые показатели деятельности.
- Рынок: ценность для клиентов.
- Управление: внутренние бизнес-процессы.
- Ресурсы: программы обучения, развития, мотивации и роста персонала, материальные ресурсы и технологии.

ССП – это система измерения эффективности деятельности всего предприятия (система стратегического планирования), основанная на видении и стратегии, которая отражает наиболее важные аспекты бизнеса. Концепция Сбалансированной Системы Показателей поддерживает стратегическое планирование, реализацию и дальнейшую корректировку стратегии, путём объединения усилий всех подразделений предприятия.

Общая структура процесса разработки стратегических карт заключается в последующем планомерном разворачивании миссии организации, через ее видение к плану конкретных действий.

1. *Миссия компании*, видение которой дает представление компании о своем будущем. Цель разработки миссии заключается в руководстве, контроле и мотивации продвижения организации как единого целого к реализации поставленных и согласованных целей.

2. *Ключевые аспекты деятельности*. Общая миссия рассматривается и описывается в нескольких аспектах деятельности компании. Чаще всего к ним относятся финансовая деятельность и взаимоотношения с акционерами, отношения с потребителями, внутренняя организация бизнеса, обучение и развитие. Некоторые компании добав-

ляют сюда еще отношения с сотрудниками или формирование человеческого капитала.

3. *Стратегические цели.* Миссия компании представлена в виде совокупности более конкретных стратегических целей деятельности. Это помогает ее реализовывать.

4. *Ключевые факторы успеха.* На этом этапе выделяются наиболее существенные с точки зрения миссии факторы достижения поставленных целей.

5. *Стратегические показатели.* В этой части стратегических карт отражаются показатели и цели, устанавливаемые перед управленческим персоналом для мобилизации ключевых факторов успеха.

6. *План действий.* Наконец, завершает стратегическую карту раздел, описывающий этапы и конкретные мероприятия, подлежащие реализации в будущем.

ССП органично сочетает уровни стратегического и оперативного управления, контролирует наиболее существенные финансовые и нефинансовые показатели деятельности предприятия. Степень достижения стратегических целей, эффективность бизнес-процессов и работы всего предприятия в целом, каждого его подразделения и сотрудника определяется значениями так называемых ключевых показателей эффективности. В СПП рассчитывается итоговый рейтинг (Score) по взвешенным показателям каждой из проекций. Для выделенных и установленных для наблюдения уровней управления оформляется карта показателей (Score Card), в которую заносятся текущие значения показателей проекций, текущие значения рейтинга и допустимые границы изменения рейтинга (рис. 3.3)⁷³.

Типовой проект внедрения СПП проходит следующие стадии:

- выстраивание иерархии целей – определение основных и вспомогательных целей, соответствующее выделение уровней управления;
- сцепление – увязка всех уровней управления, организация стратегической и тактической коммуникаций;
- конкретизация задач для различных уровней управления – превращение стратегии в перспективные планы и совокупность связанных мероприятий;
- разработка сбалансированной системы показателей – выделение среди плановых показателей относительно небольшого набора ключевых количественных показателей деятельности;
- адаптация сбалансированной системы показателей – определение возможностей учета и контроля выбранных показателей, а так же направлений и границ изменения сложившихся процессов учета;

- планирование – конкретизация планов и заданий в соответствии с установленной сбалансированной системой показателей; определение целевых значений и границ изменения сбалансированных показателей;
- обратная связь и обучение – тестирование теоретической базы стратегии и обновление последней с отражением полученных знаний.

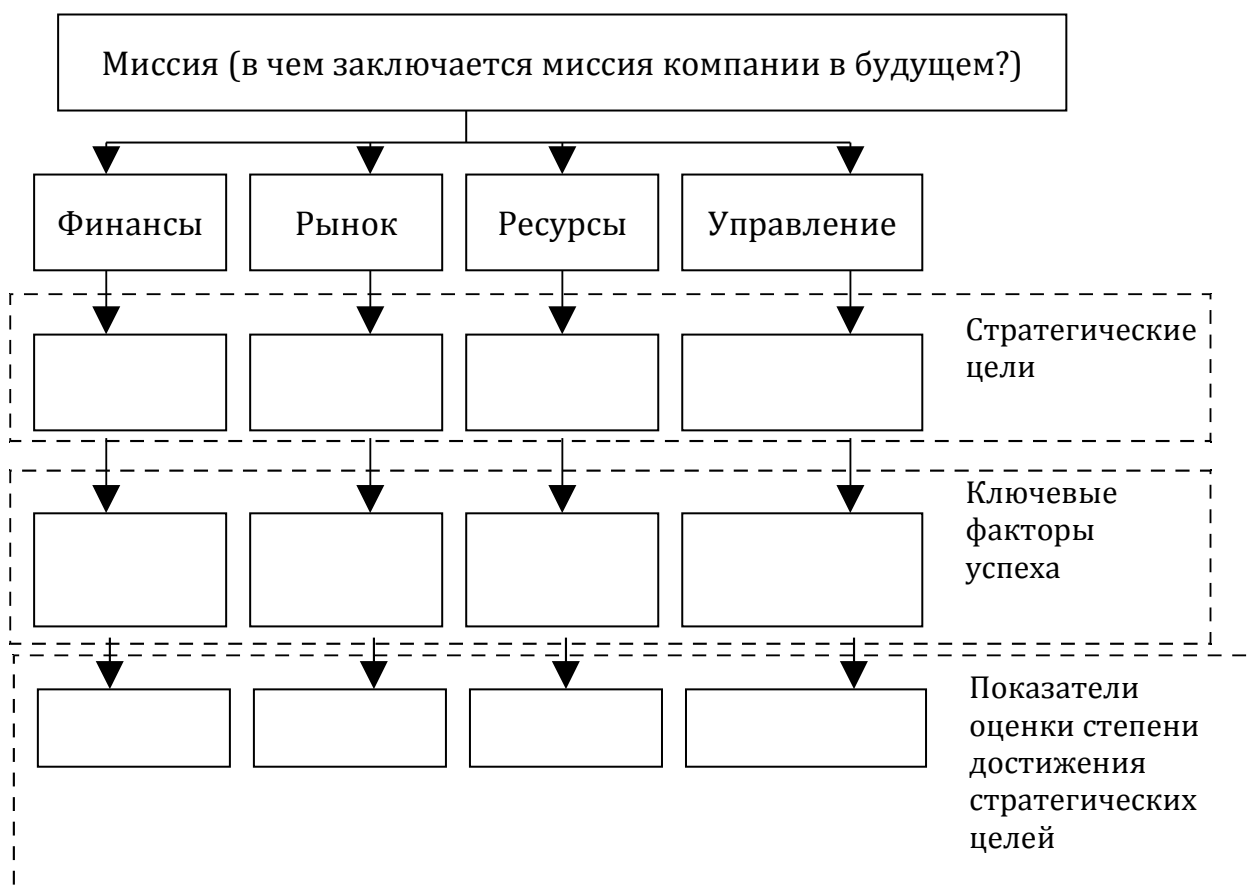


Рис. 3.3. Иерархия выстраивания показателей оценки результатов решения текущих задач для реализации ключевых факторов успеха достижения стратегических целей реализации миссии организации

Традиционное измерение эффективности деятельности предприятия, сосредоточенное только на финансовых показателях, полученных из систем бухгалтерского учета, не дает полной картины состояния предприятия, не позволяет построить точный прогноз его развития. Появилась необходимость в более совершенных и эффективных способах глобальной оценки деятельности всего предприятия. Современные подходы к стратегическому менеджменту призывают обращать внимание на такие нефинансовые составляющие, как:

персонал, бизнес-процессы, инновации, отношения с потребителями (рис.3.4).

Все управленческие решения должны приниматься с учетом долгосрочной перспективы, даже если это наносит ущерб краткосрочным целям. Для этого стратегические цели вуза должны быть развернуты по ее подразделениям и процессам, доведены до руководителей всех уровней, а подразделения должны определить свой вклад в достижение этих целей и в дальнейшем руководствоваться разработанными таким образом собственными целями.

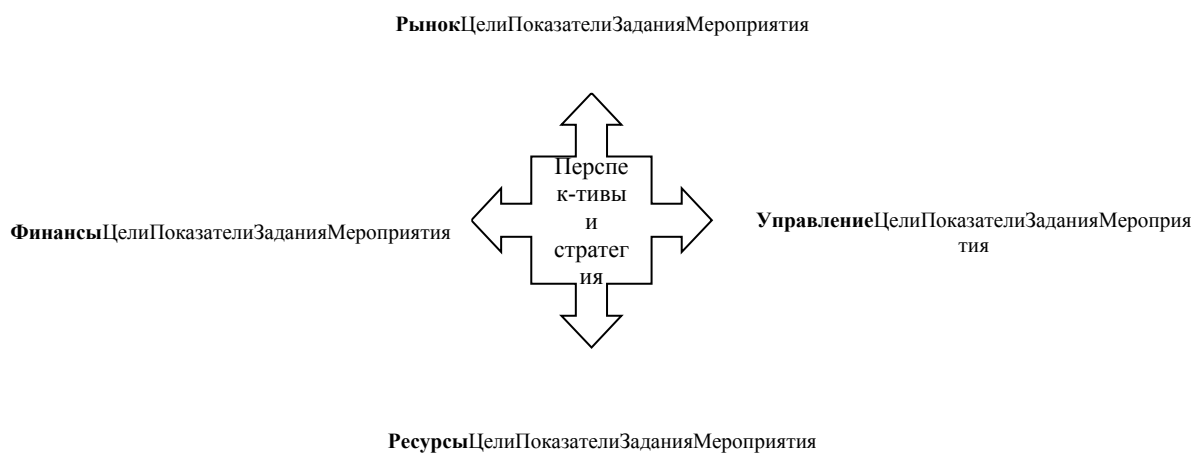


Рис. 3.4. Принципиальная структура ССП

Правильно построенная Сбалансированная Система Показателей, поддерживаемая удобными программными средствами, позволяет предприятию:

- сосредоточить все свои ресурсы (финансовые, кадровые, технологические, информационные) на реализации стратегии и добиться неуклонного движения предприятия к поставленным целям;
- обеспечить связь между стратегическими целями и ежедневной работой коммерческих, производственных и административных структур (за счет введения измеримых показателей, связанных с целями);
- повысить управляемость и эффективность деятельности предприятия, а также снизить риски.

3.4 Сбалансированная система показателей для учебного заведения

Поскольку концепция ССП основана на положении, что финансовые показатели не всегда дают представление о важных особенностях деятельности организации, эта модель особенно хорошо подходит для организаций государственного сектора. Являясь поставщиком услуг, государственный сектор имеет в основном те же требования к административному управлению, что и коммерческие организации. Измененная модель ССП прошла испытания в нескольких европейских муниципалитетах⁷⁴.

Пример такого применения показателей приведен в табл. 3.2.

Таблица 3.2
Основные критерии измерения

Аспекты	Критерии измерения
Финансы	Результаты деятельности организации по сравнению с бюджетными показателями (несколько разных соотношений)
Учащиеся	Качество (знания, чувство защищенности, степень развития)
	Процент довольных учеников
	Проблемы
	Участие родителей
Преподаватели и обслуживающий персонал	Квалификация и верность делу
	Взаимодействие
	Удовлетворение от выполнения работы
	Повышение квалификации
Развитие	Повышение квалификации
	Инвестиции в информационные технологии
	Новые методики обучения
	Новые образовательные программы
Администрация учебного заведения	Эффективность деятельности совета
	Эффективность работы администрации
	Расширение штата
	Система оценки

Критерии измерения представляют собой систему оценок по пятибалльной шкале (в основном оценки, касающиеся учащихся и служащих), процентные соотношения (финансовые показатели), суммы инвестиций (деньги, потраченные на информационные технологии) и количество (новые образовательные программы). Для этого специально выбрали приблизительные, всем понятные критерии.

Методы применения ССП в вузе в данном случае оказываются аналогичны методам, применяемым в торгово-промышленных организациях, однако потребуются некоторые изменения для приведения ССП в соответствие с требованиями образовательного учреждения.

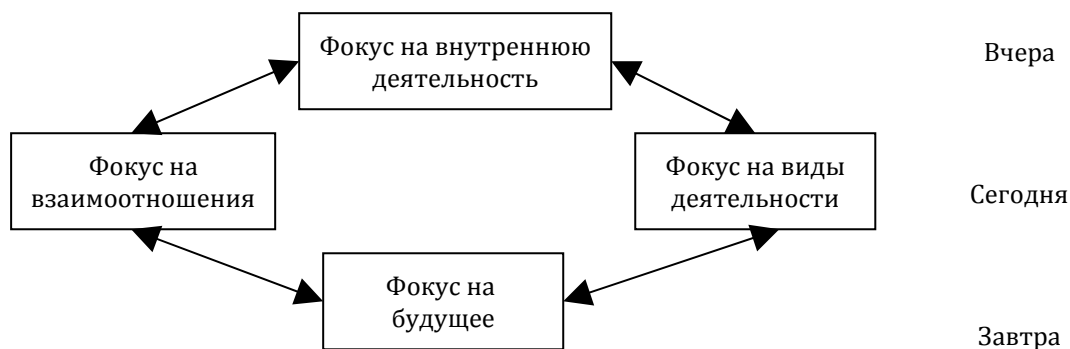


Рис. 3.5. Адаптация сбалансированной системы показателей для вуза

Во-первых, видимо необходимо найти замену аспекту финансовой деятельности. «Хозяином» такой организации будет все общество, которое хочет, чтобы такая организация приносила ему пользу, а не получала прибыль⁷⁵.

Во-вторых, результирующий процесс принятия решения будет отличаться от выбора стратегии, тогда суть политики может оказаться несколько иной.

В плане замены аспекта финансовой деятельности представляется целесообразным разделить модель ССП на секторы «вчера – сегодня – завтра». Или, другими словами, признать, что в аспекте финансовой деятельности в основном находятся результаты прошлого, а в других аспектах – планируются мероприятия на будущее. Ориентацию на финансовую деятельность назовем фокусом на внутреннюю деятельность, поскольку результаты внутренней деятельности организации «вчера» оказываются информативны в финансовых показателях деятельности.

Ориентацию на рынок – клиента – можно заменить ориентацией на взаимоотношения. В интересах общества обеспечить достаточное количество людей с необходимыми компетенциями, добиться конкурентоспособности своей страны, надлежащего функционирования рынка труда и других тому подобных преимуществ (рис. 3.6).

Ориентация на управление – внутренние бизнес-процессы – назовем фокусом на виды деятельности, учитывая сложность и перекрестность процессов образования.

Ориентация на будущее соответствует программам обучения, развития и роста.

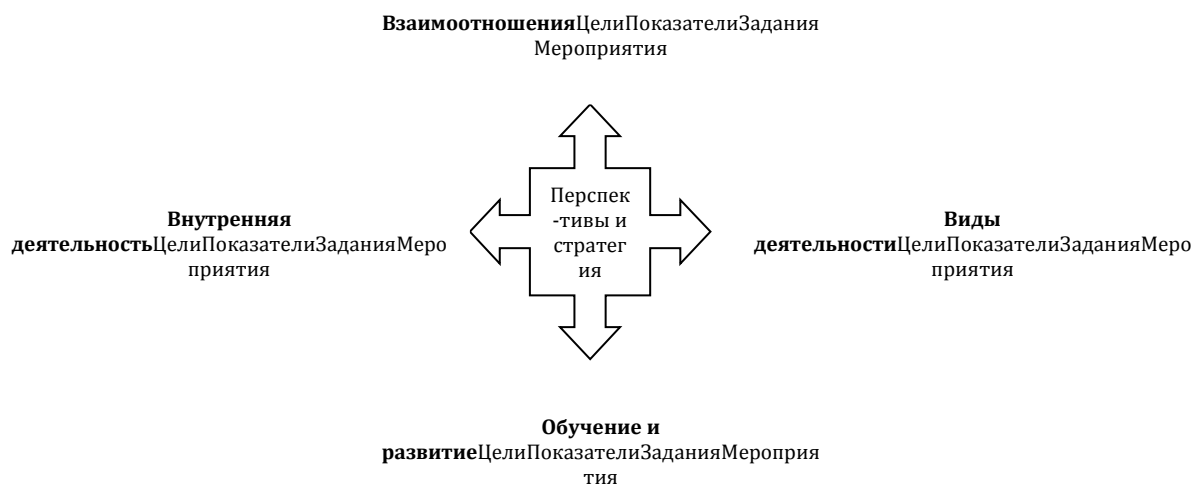


Рис. 3.6. Принципиальная структура ССП

Система высшего образования обладает очень высоким уровнем консерватизма – основой сохранения преемственности образовательных традиций и культуры. Однако в настоящее время рынки и технологии изменяются настолько быстро, что это привело общество к изменению сложившегося социального уклада и формированию префигуративной культуры. В этих условиях изменяются цели и задачи образования. Сегодня Вуз не может себе позволить слепо верить в свои знания об окружающем мире. Накопленный опыт должен быстро и систематически пересматриваться на предмет соответствия изменяющейся реальности. Система показателей в ССП формируется именно для этого. Соответственно, внедрение стратегических карт должно начинаться с выявления различных взглядов сотрудников на его ожидаемые результаты.

3.5 Этапы внедрения сбалансированной системы показателей и разработка критериев оценки эффективности деятельности подразделения ВУЗа

Логика внедрения ССП может быть кратко изложена следующим образом: ССП позволяет определить ответственность каждого работника за реализацию миссии организации, видение которой в будущем нужно представить в виде совокупности более конкретных стратегических целей деятельности. Затем определить для них наиболее существенные, с точки зрения миссии, факторы достижения поставленных целей. И, наконец, описать этапы и конкретные мероприятия, подде-

жащие реализации в будущем. Приведем обобщенное описание отдельных этапов разработки и внедрения ССП, которое нуждается в адаптации к уникальным особенностям каждой организации (см. табл. 3.3).

План разработки сбалансированной системы показателей включает несколько этапов – моделирование; коммуникации и взаимосвязь; техническая интеграция; организация обратной связи^{69, 73}.

Этап моделирования в свою очередь можно разбить на восемь ступеней. На первой определяются характерные особенности и пути развития отрасли, роли организации в ней с целью формирования единого мнения относительно отличительных особенностей и требований, предъявляемых окружающей средой. Выработка единого мнения руководства о путях развития отрасли в будущем позволяет создать надежную основу для разработки миссии и стратегии организации. Так же проводится углубленный стратегический анализ деловой среды или методов моделирования ситуации отрасли. Применяются модель SWOT-анализа (сильные и слабые стороны, конкурентные возможности и угрозы), разработанная в начале 1970-х годов; модель пяти ключевых конкурентных сил М Портера, разработанная в 1980 году и другие методики.

На второй происходит разработка и формулировка миссии организации. Миссия это вдохновляющее и впечатляющее представление о будущей роли и основных задачах организации, существенно выходящее за рамки ее современной деловой среды и конкурентной позиции. Поэтому формулировка миссии должна описывать бизнес, который ведет организация в настоящем или будет вести в будущем, наряду с ожиданиями и ценностью организации в глазах всех заинтересованных лиц.

На третьей определяются ключевые аспекты деятельности организации, для которых будет составляться сбалансированная система показателей.

На четвертой определяются стратегические цели организации. Здесь решается задача – перевести обобщенную миссию организации на более практический уровень, обеспечив тем самым баланс между долгосрочными и краткосрочными целями.

Пятая ступень представляет собой определение средств реализации стратегии и наиболее значимых факторов. Организация решает, какие факторы играют решающую роль в достижении поставленной цели, и располагает их в порядке приоритетности. Затем приступают к разработке системы ключевых показателей.

На шестой ступени разрабатывается адекватная система ключевых показателей для использования на последующих этапах. Разра-

ботку системы ключевых показателей целесообразно начать с мозгового штурма, когда никакие идеи не отвергаются и используются впоследствии. Лишь в конце можно окончательно отобрать и ранжировать показатели, наиболее адекватно отражающие реальное положение дел, позволяющие постоянно отслеживать их динамику и имеющие устоявшиеся процедуры измерения.

Сначала предлагается система показателей и проверяется практическая возможность собрать информацию о значениях каждого из них. Затем проводится проверка логической непротиворечивости разработанной системы показателей.

Далее для каждого показателя необходимо установить прогнозное значение. Как уже отмечалось, существенное значение имеет согласованность конкретных целей и задач с общей миссией и стратегией организации. Поэтому конкретные цели определяются как для подразделений, так и для уровней организационной структуры. Важно также создать систему ответственности за установление конкретных целей и контроль их реализации. При этом надо ответить на следующие вопросы: как; для каких подразделений; как часто.

Наконец, в заключение этапа моделирования, необходимо разработать план мероприятий, определить конкретные действия, предпринимаемые для реализации поставленных задач и миссии организации в целом.

Чтобы процесс разработки сбалансированной системы показателей не затянулся на долгие годы, целесообразно составить примерный график работ. Однако стоит отметить, что этот процесс занимает достаточно долгий период времени. Сбалансированная система показателей является «живым» документом, постоянно совершенствуется – новые показатели могут определяться в процессе использования ССП.

Однако, приведенный в работе⁷⁴ поэтапный план работ по разработке и внедрению ССП, ориентирован на организации торгово-промышленного сектора. Для Вуза приведенные этапы должны быть трансформированы.

Таблица 3.3
Этапы внедрения стратегических карт

Этап	Описание видов работ	Используемые приемы и методы	Ориентировочное время выполнения	трансформация для данной работы	Время в работе
1	Определение характерных особенностей и путей развития отрасли, роли организации в ней	Интервью с как можно большим количеством респондентов. Исследование положения в отрасли и тенденций ее развития	1-2 месяца	Изучение литературы, участие в курсах повышения квалификации, организация дискуссий и семинаров	2 года
2	Разработка и подтверждение миссии организации	Совместные семинары формальных и неформальных лидеров организации	1-2 семинара продолжительностью 1-2 дня каждый	Организация форума с ППС вузов области в рамках повышения квалификации	3 месяца
3	Определение ключевых аспектов деятельности организации	Семинар, проводимый совместно топ-менеджерами, членами инициативной группы и лицами, имеющими опыт внедрение ССП	1-2 дня	Организация форума с ППС вузов области в рамках повышения квалификации тем же составом	3 месяца, совместно со 2 этапом
4	Детализация миссии организации для ключевых аспектов деятельности и определение стратегических целей	Семинар в том же составе, что и на этапе 2	2-3 дня на реализацию этапов 4-5	Семинар в том же составе, что и на этапе 2	1 день
5	Определение ключевых факторов успеха	Семинар (этап 4)		Семинар в том же составе, что и на этапе 4	1 день

Таблица 3.3 (продолжение)
Этапы внедрения стратегических карт

Этап	Описание видов работ	Используемые приемы и методы	Ориентировочное время выполнения	Трансформация для данной работы	Время в работе
6	Разработка системы показателей, выявление причинно-следственных связей, согласование краткосрочных и среднесрочных целей	Семинар	1-2 дня	Организация разработки анкет, проведение анкетирования и индивидуальных обсуждений	1 месяц
7	Разработка корпоративной стратегической карты	Топ-менеджеры и инициативная группа определяют формат и содержание стратегической карты	1-2 дня	Участниками пилотных подразделений проводится предварительная подготовка стратегической карты	Открыт
8	Разработка формата и системы показателей для стратегических карт отдельных подразделений	Определяются подразделения, удовлетворяющие требованиям, предъявляемым к пилотным подразделениям проекта. Предпочтительнее, чтобы в каждом подразделении в этой работе участвовало максимальное количество сотрудников	2 месяца и больше. семинар в каждом отдельном подразделении 1-2 дня	Определены пилотные подразделения, вовлечены сотрудники, подготовлен проект для гранта РГНФ, проведено анкетирование, обработка альтернатив знаний, анализ экспертной информации и интерпретация полученных результатов	Открыт

Таблица 3.3 (продолжение)
Этапы внедрения стратегических карт

Этап	Описание видов работ	Используемые приемы и методы	Ориентировочное время выполнения	Трансформация для данной работы	Время в работе
9	Определение конкретных целей	Предложения ответственных за реализацию проекта на уровне отдельных подразделений	Не устанавливается	Предложения ответственных за реализацию проекта на уровне отдельных подразделений	Открыт
10	Разработка плана мероприятий	Готовится инициативной группой каждого подразделения	Не устанавливается	Готовится инициативной группой каждого подразделения	Открыт
11	Внедрение ССП	Постоянный контроль под общим руководством топ-менеджеров	Не устанавливается		Открыт

Далее приступают к следующему этапу – коммуникация и связь. На данном этапе сбалансированная система показателей должна интегрироваться в систему управления организацией. Одним из важных моментов реализации стратегии развития становится обучение и информирование персонала. Необходимо создать группу сотрудников организации, понимающих, что такое сбалансированная система показателей, для чего она нужна и как именно ее внедрение коснется лично их и предприятия в целом. Используют один или несколько способов обучения сотрудников – регулярные встречи руководства с сотрудниками; создание брошюр, в которых раскрываются стратегические цели организации и показатели, с помощью которых измеряется их выполнение; информационные письма, содержащие отчеты о показателях и предложения сотрудников о способах достижения поставленных целей. В идеале каждый сотрудник организации должен быть осведомлен как о стратегических целях предприятия, так и о своей роли в их достижении. Важно понимание сотрудником личных стратегических целей и степени их соответствия целям организации, возможности объединения этих целей, оценки своих способностей для достижения целей. Важным

моментом этого этапа является первоначальная реализация ССП на не-большом участке – в филиале, в подразделении, на кафедре вуза.

Однако не следует забывать, что естественной реакцией сотрудников на внедрение ССП будет сопротивление изменениям. Сформулированы общие рекомендации по успешному преодолению сопротивления изменениям при внедрении ССП73:

- информирование сотрудников всех уровней о сути предстоящих изменений;

- привлечение максимального количества сотрудников к обсуждению изменений, прием и рассмотрение предложений, поощрение инициативы;

- создание ясного и привлекательного видения будущего, тех выгод и преимуществ, которые получают организация и каждый сотрудник в результате внедрения ССП;

- получение реальных результатов на первых ступенях внедрения системы, информирование о положительном опыте подразделений, успешно внедривших ССП;

- регулярное информирование работников о пройденных организацией этапах в направлении полного внедрения ССП.

На данном этапе необходимо определить круг лиц, ответственных за сбор данных и их полномочия. Важно согласовать цели ответственных лиц со сферами ответственности в организации.

Следующий этап разработки сбалансированной системы показателей – техническая интеграция. Осуществляется автоматизация внутренней и внешней информации, сбор необходимых сведений и составление отчетов. Техническую интеграцию можно начать в процессе моделирования – идентификация параметров и источников данных, определение процедур получения необходимых сведений, разработка формата объединения данных, определение особенностей построения графиков и диаграмм.

Организация обратной связи позволяет предприятию осуществлять постоянный мониторинг исполнения принятой стратегии и достижения поставленных целей, посредством анализа отклонений фактических результатов от планируемых показателей.

Сбалансированная система показателей включает в себя набор систематических процедур:

- постоянное обновление данных для расчета необходимых показателей;

- анализ результатов использования ССП;

- подготовка отчетов по результатам использования ССП;

- совершенствование модели ССП.

Для выполнения ряда этапов внедрения сбалансированной системы показателей проводится анкетирование сотрудников трех вузов г. Саратова с целью выявления как можно большего числа показателей. Затем результаты опросов по четырем аспектам ССП подвергаются систематизированию, а также проводится проверка отражения в четырех рассматриваемых аспектах многомерного качества в которых проявляется четырех уровневая структура самих аспектов.

Мы проводим экспертный опрос организуя работу со специалистами в различных областях из числа профессорско-преподавательского состава, а также с сотрудниками вузовской администрации (приложение 2). К основным стадиям экспертного опроса относятся разработка сценария проведения сбора информации, проведение сбора экспертной информации, анализ экспертной информации и интерпретация полученных результатов.

В данном случае, мы полагаем участников коммуникативного извлечения знаний опытными экспертами, хорошо знающими структуру системы высшего образования, особенности системы целеполагания образовательного процесса и комплекса сложившихся проблем. Для извлечения знаний эксперта удобно использовать активные методы, которые подразделяются на индивидуальные и групповые. В данном случае достаточно использовать индивидуальные методы: диалог, интервью, анкетирование, беседа. Так как наша дальнейшая цель состоит в автоматизации процесса, в данном случае лучшим образом подходит метод анкетирования, который к тому же и наиболее стандартизированный. В этом случае аналитик определяет цель опроса, составляет вопросник или анкету и осуществляет процедуру опроса.

Метод экспертного опроса следует использовать в случаях, когда требуется сформировать множество альтернатив небольшой мощности или когда необходимо сформировать первичное множество альтернатив, на основе которого будут порождаться новые популяции. Мы использовали тип опроса на базе метода анкетирования. Анкета помещена в приложении 1.

Основными элементами анкеты являются вопросы и ответы. По форме вопросы классифицируются на открытые и закрытые. Открытый вопрос называет тему или предмет, оставляя полную свободу эксперту по форме и содержанию ответа. В закрытом вопросе эксперт выбирает ответ из набора предложенных. Такой набор называют набором альтернативных ответов. Исследования показали⁷⁶, что на открытый вопрос всегда отвечают примерно в два раза меньше экспертов, чем на закрытый. Поиск ответа есть точно такой же процесс, что и поиск концептуального знания вопроса. Частным случаем закрытого во-

проса является полузакрытый вопрос. Полузакрытый вопрос – это такой тип вопроса, где эксперту дается возможность дописать свой ответ, если ни одна из предложенных альтернатив не отражает его мнения. В нашем случае использована наиболее трудоемкая форма жесткого анкетирования в открытой форме. Осознавая всю сложность проделанной экспертами работы выражаем благодарность участникам анкетирования.

Сформированный первичный набор альтернатив, как правило, требует дальнейшей обработки, которая заключается либо в сокращении набора, либо в его увеличении, либо в некотором уточнении²⁸. В нашем случае потребовалось увеличение и уточнение набора альтернатив. Для увеличения множества альтернатив использовали следующие способы:

- увеличение числа альтернатив за счет их комбинирования, образования промежуточных вариантов между предложенными;
- модификация имеющейся альтернативы, т.е. формирование альтернатив, лишь частично отличающихся от известной;
- включение альтернатив, противоположных предложенным, в том числе и «нулевой».

В результате проведенной работы прохождения 3-5 этапов внедрения стратегических карт, включающих определение ключевых аспектов деятельности организации, детализацию миссии организации для ключевых аспектов деятельности и определения стратегических целей, определение ключевых факторов успеха, разработку системы показателей, выявление причинно-следственных связей, согласование краткосрочных и среднесрочных целей накоплены экспертные знания.

Проведенный анализ экспертной информации и интерпретация полученных результатов позволяют нам сформировать следующую систему критериев оценки деятельности подразделений высших учебных заведений, основываясь на сбалансированной системе показателей, проведенных опросах, а также основываясь на работе по снижению уровня субъективизма при оценке дипломных работ. Следуя описанной во второй части данной работы примеру разработки критериев оценки качества дипломных проектов выделим четыре промежуточных выхода дерева вывода, которые будут участвовать в формировании результирующей оценке эффективности деятельности ВУЗа (подразделения ВУЗа). Обозначим ее R . Поскольку мы базируемся на трансформированных для вуза четырех аспектах сбалансированной системы показателей для формирования R , мы выделим четыре аспекта, полученных в результате проведение сбора экспертной информации и анализа экспертной информации и интерпретации полу-

ченных результатов. Эти аспекты мы уже определили выше, теперь введем для них обозначения:

X - Аспект обучения и развития (по ССП Каплана и Нортон аналог – *развитие*). Аспект включает такие показатели как прохождение курсов повышения квалификации ППС кафедры; посещение семинаров, тренингов ППС кафедры; участие ППС кафедры в конференциях и др.

Y - Аспект на взаимоотношения (по ССП Каплана и Нортон аналог – *рынок*). Включает показатели удовлетворенность выпускников карьерным ростом; удовлетворенность выпускников размером доходов; удовлетворенность выпускников в стремлении получить новую (желаемую) работу, повышение в должности и др.

Z - Аспект на внутреннюю деятельность (по ССП Каплана и Нортон аналог – *финансы*). Как, например, бюджетное финансирование; внебюджетное финансирование; доходы от образовательной и научно-исследовательской деятельности и др.

Q - Аспект на виды деятельности (по ССП Каплана и Нортон аналог – *управление*). В основе определения показателей данного аспекта виды выпускаемой продукции как, например, образовательные услуги; консалтинговые услуги; образовательный процесс, научно-исследовательская работа и др, как результат основных бизнес процессов организации. Кроме того сюда следует включить еще два основных класса процессов по их влиянию на создание добавочной стоимости – обеспечивающие вспомогательные процессы и процессы менеджмента.

При построении модели оценки качества работы подразделения вуза, целесообразно провести классификацию входных переменных и по ней построить дерево вывода, определяющее систему вложенных друг в друга высказываний-знаний меньшей размерности.

Таким образом, наличие математических средств отражения нечеткости исходной информации позволяет построить модель, адекватную реальности, в которой осуществляется тонкая настройка нечеткой модели путем ее обучения по экспериментальным данным.

Итоговая оценка модели, показывающая качество работы кафедры обозначается буквой – *R*. Для оценки этого показателя выделяется *X*, *Y*, *Z*, *Q*. Для оценки каждого из аспектов определяются показатели (лингвистические переменные) (См.: Приложение 3). Далее перечислены по несколько показателей, включенных в оценки каждого из аспектов. Например, аспект обучения и развития оценивается по следующим показателям:

x_1 – прохождение курсов повышения квалификации ППС кафедры;

x_2 – посещение семинаров, тренингов ППС кафедры;

x_3 – участие ППС кафедры в конференциях.

Аспект взаимоотношения оценивается по следующим показателям:

y_1 – удовлетворенность выпускников карьерным ростом;

y_2 – удовлетворенность выпускников размером доходов;

y_3 – удовлетворенность выпускников в стремлении получить новую (желаемую) работу, повышение в должности.

Аспект на внутреннюю деятельность оценивается по следующим показателям:

z_1 – бюджетное финансирование (Количество средств бюджетного финансирования разных уровней/общее количество финансовых средств);

z_2 – внебюджетное финансирование (Количество средств внебюджетного финансирования / общее количество финансовых средств);

z_3 – доходы от образовательной и научно-исследовательской деятельности (количество финансовых поступлений).

Аспект на виды деятельности оценивается по следующим показателям:

q_1 – образовательные услуги;

q_2 – консалтинговые услуги;

q_3 – образовательный процесс.

Предположим, что лингвистические переменные $x_1 \div x_{15}$, $y_1 \div y_{10}$, $z_1 \div z_{16}$ и $q_1 \div q_{15}$ и, соответственно, X , Y , Z , Q оцениваются по приведенной шкале:

Н – низкий,

нС – ниже среднего,

С – средний,

вС – выше среднего,

В – высокий.

Рекомендации по оценке частных показателей аспектов X , Y , Z , Q (определение значений показателей) формируются в таблицы (См.: Приложение 3).

Таким образом, мы сможем сформировать некоторые выражения, позволяющие интерпретировать нечеткие лингвистические формулировки в конкретные математические выражения, которые мы обсудим в следующем разделе.

3.6 Выводы

Старинная индуистская притча рассказывает, что при дороге стоял ствол засохшего дерева. Ночью прошел вор и испугался: он

подумал, что это стоит, поджидая его, полицейский. Прошел влюбленный юноша, и сердце его радостно забилося: он принял дерево за свою возлюбленную. Ребенок, напуганный страшными сказками, увидев дерево, расплакался: он подумал, что это стоит привидение. Однако во всех случаях дерево было только деревом. Мы видим мир таким, каковы мы сами, так учит притча.

Рассуждая о параметрах качества образования и критериях их оценки, в данном разделе фактически спроектировано дерево, собранли все накопленные нами знания в общую иерархическую структуру разветвленных связей.

Это дает нам достаточно большой опытный материал обследования реально существующей ситуации в системе высшего образования, отступив от крайностей утверждений о том, что российское образование – лучшее в мире или оно стремительно деградирует. Приобретая некоторый опыт, в проведенных в данном разделе испытаниях, приведем следующие выводы:

- при построении систем качества образования в вузе не принято ориентироваться на стратегический контекст (миссия, видение, стратегические планы вуза, развертывание планов по подразделениям вуза);
- вуз придерживается традиционной технологии оценки результатов обучения, при которой преподаватель оценивает результаты своего труда по своему субъективному восприятию, основанному на его профессиональном опыте и морально-этических качествах, выставляя студентам оценки без четкого доказательства истинного уровня знаний;
- при проведении оценки образовательной деятельности вуза слабо отражается степень удовлетворения запросов клиентов высшей школы;
- классические социологические опросы слабо ориентированы на выявление конкретных дефектов управления как в конкретных направлениях обеспечения качества и эффективности процессов управления качеством образования.

Этот список можно долго продолжать. Однако основной вывод очевиден – измеряемые сегодня элементы качества образования не соответствуют международным стандартам, не ориентированы на запросы потребителей продукции и услуг высшей школы и не используют современных управленческих технологий (таких как ССП, логико-структурный подход и т.п.), теоретическая база не основана на достижениях современной математики (ТНМ).

Процессы, происходящие в сфере образования, вынуждают образовательные учреждения динамично менять характер своей дея-

тельности. Использование подобной автоматизированной системы оценки качества работы подразделений образовательных учреждений позволяет утверждать, что она дает ряд позитивных эффектов, которые способствуют повышению качества работы всей организации в целом. Во-первых, сотрудники и руководство вуза могут оперативно прогнозировать свою оценку, тем самым, управляя качеством собственной деятельности во время выполнения работы. Во-вторых, кафедра накапливает банк данных о качестве своей работы.

В данном разделе накопили сведения, предполагающие возможность присвоения к ним математической теории, с помощью которой возможно открытие скрытого знания о качестве образования и ключевых параметров воздействия на него с целью управления динамикой эволюции подходов.

Таким образом, представлены результаты длительного периода работы по сбору экспертных знаний об альтернативах реализации миссии высшего образования по воспроизводству кадрового потенциала в системы высшего образования, отражающих различное видение общих проблем, сложившихся на данном этапе развития. Резюмируя основные итоги проведенной работы, представим выводы по третьему разделу:

1. Доказывая, что первоочередными задачами достижения высокого качества образования мы представили иллюстрацию отсутствия сбалансированной системы прагматичных целей высших образовательных учреждений на примере лепестковой диаграммы баланса интересов. Отсутствие правильно распределенного баланса между заинтересованными в деятельности системы образования организациями ведет к потере устойчивого развития всей системы. На основе полученных результатов можно утверждать, что для вуза в настоящий момент развития является необходимым достижение баланса стратегических задач развития.

2. Применение сбалансированной системы показателей как основы системы мониторинга позволяет преодолеть трудности, связанные с оценкой эффективности деятельности вуза или его подразделений, например кафедр, с помощью общепринятых количественных методов, так как позволяет использовать качественные характеристики показателей в лингвистической трактовке. ССП не является статичной и обладает возможностью постоянно совершенствоваться. Эта особенность сбалансированной системы показателей особенно значима для сферы образования, так как процессы, происходящие в сфере образования, вынуждают образовательные учреждения динамично менять характер своей деятельности, выделять новые направления. Новые показатели могут определяться в процессе использова-

ния ССП. План разработки сбалансированной системы показателей включает несколько этапов: моделирование; коммуникации и взаимосвязь; техническая интеграция; организация обратной связи.

Применение сбалансированной системы показателей начинается с формулирования миссии и стратегии компании. Соответственно сбалансированную систему показателей можно определить как набор показателей на основе стратегии. ССП помогает учебному заведению решить две ключевые проблемы: эффективно оценивать результаты деятельности и реализовывать стратегию. Сформулированная стратегия переводится в оперативные цели и показатели.

При выстраивании системы оценки деятельности кафедры или другого подразделения вуза целесообразно исходить из миссии и стратегии вуза, используя при выделении направлений, соответствующих функциям образования сбалансированную систему показателей. Что позволяет построить эффективную систему мониторинга с ориентацией на встраивание качества в процесс образования и ориентацией управления на конечные результаты деятельности.

3. Исходя из миссии и стратегии вуза определяются цели и задачи подразделения вуза, которые переводятся в систему показателей для каждого из четырех аспектов, которые представляют трансформированные аспекты ССП:

- развитие – аспект на обучение и развитие;
- рынок – аспект на взаимоотношения;
- финансы – аспект на внутреннюю деятельность (анализ результатов деятельности кафедры);
- управление – аспект на виды деятельности. Анализ результатов деятельности по аспектам ССП позволяет говорить, в целом, об эффективности работы кафедры вуза в достижении поставленных перед ней целей.

4. Проводя накопление экспертных знаний на основе опроса посредством анкетирования, накоплен достаточно большой объем сведений для оценки параметров четырех аспектов сбалансированной системы показателей с возможными критериями оценки. Полученные результаты могут быть использованы при реализации *логико-структурного подхода* при проектировании системы менеджмента качества вуза. Заметим, что логико-структурный подход состоит из *аналитической фазы* (анализ заинтересованных сторон, анализ проблем, анализ целей) и *фазы планирования* (выведение логики реализации, указание допущений и факторов риска, определение показателей, составление графика мероприятий, составление плана расходов). Всего восемь этапов, из которых выполнено в методике, близкой к проектному управлению, почти шесть.

5. Поставив себе главной целью обсуждение аспектов математического моделирования систем управления мониторингом качества высшего образования, будем акцентировать основное внимание не на практической реализации наиболее значительных результатов данной работы, а на проектировании некоторой математической модели, описывающей состояние сложного пространства параметров составляющих понятие качества. Соответственно интерпретация полученных данных проведена с целью последующего применения математического аппарата теории нечетких множеств. В результате получена некоторая система, которая может послужить основой математической модели мониторинга.

4 Нечеткая логика для управления вузом на примере сбалансированной системы показателей

Каким бы ни было мое видение дерева, мне нет нужды отрезать от него. Ни от чего не должен я отвращать свой взгляд ради того, чтобы узреть, и ничего из того, что я знаю о нем, я не обязан предать забвению.

Мартин Бубер

4.1 Введение и цели раздела

У богатыря Байкала было больше 300 сыновей и только одна дочь – красавица Ангара... Так начинается старинная легенда об озере Байкал, в которое втекают 336 рек, а вытекает из которого только одна река. Следует заметить, что таким свойством обладает не только богатырь Байкал. Как правило, сколько бы рек ни втекало в озеро, вытекает из него всего одна. Например, много рек втекает в Ладожское озеро, а вытекает из него только Нева; из Онежского озера вытекает одна Свирь и т. д. Это явление можно объяснить. Вода вытекает по самому глубокому руслу, а другие возможные истоки оказываются лежащими выше уровня воды в озере. Маловероятно, что возможные русла рек в местах истока будут точно на одинаковой высоте.

Если озеро достаточно полноводное (в него втекает много воды), то из озера могут вытекать и две реки. Однако такая ситуация неустойчива и возможна у сравнительно недавно образовавшихся (молодых) озер. Со временем река с более глубоким руслом, в которой скорость течения большая, будет размываться, что повлечет увеличение расхода воды и понижение ее уровня в озере. Сток воды через мелкую реку будет уменьшаться, и она постепенно заилится. Таким образом, «выживает» только самая глубокая из вытекающих рек.

Подобно глубокому озеру наполняется наша база знаний (БЗ) множеством альтернатив экспертных знаний, накапливается большой «резервуар» БЗ, с целью автоматизировать процесс сбора информации и построить один выход – правильный выбор решения из множества альтернатив. Шутя можно сказать, представить миру дочь красавицу Ангару. Однако нам сопутствуют серьезные риски выстраивания ложной модели, которые мы можем увидеть исходя из аналогии с озером.

Первый, очевидный, – отсутствие опыта апробации накопленных данных БЗ. Из него следует необходимость множества рекурсий¹ корректировки накапливаемых сведений, увеличение числа альтернатив за счет их комбинирования, образования промежуточных вариантов между предложенными, модификация имеющихся альтернатив, и включение альтернатив, противоположных предложенным, в том числе и «нулевой». Следует отметить, что, осознавая серьезность данного пункта, проводится разработка только пробной модели оценки эффективности деятельности вузов и их структурных подразделений, из которых кафедры являются естественными элементами выстраивания общей системы.

Вторым риском следует отметить, что, оказание мощного силового воздействия на проектируемую модель, не дает возможности реализовать обратную связь с реальным объектом, но ничего из накапливаемых сведений «я не обязан предать забвению», по словам М.Бубера, вынесенным в эпиграф.

Третьим риском выстраивания ложной модели следует признать стремление выстроить жесткую структуру иерархии решений и направить решение по заранее ожидаемому «руслу». Отметим, что возможны и альтернативные решения и выбор наиболее способного к «выживанию» решения для нас может оказаться достаточно затруднительным и достижимым только на этапе тонкой настройки.

Обратим внимание, что для того чтобы из озера могли вытекать одновременно две реки, необходимо, чтобы их русла у истока оказались точно на одинаковой высоте. В таком случае говорят, что происходит бифуркация² (этот термин сейчас широко используют математики для обозначения удвоения числа решений уравнений). Бифуркация – редкое явление, и поэтому обычно из озера вытекает только одна река. Однако в сложной социальной системе мы можем получить целую серию бифуркаций.

Важными математическими достижениями, позволяющими сегодня исследовать поведение динамических систем, считают теорию особенностей гладких отображений и теорию бифуркаций. Одним из простейших выводов данных теорий назовем, например, что непрерывное движение от плохого установившегося режима к хорошему приводит к ухудшению состояния, что скорость этого ухудшения растет по мере продвижения к лучшему режиму, что сопротивле-

¹ Рекурсия – метод определения класса объектов или методов предварительным заданием одного или нескольких (обычно простых) его базовых случаев или методов, а затем заданием на их основе правила построения определяемого класса, ссылающегося прямо или косвенно на эти базовые случаи

² Бифуркация – это изменение качественных свойств исследуемого объекта, зависящего от параметра, при изменении этого параметра

ние системы изменению режима, вначале незначительное, при этом продвижении также возрастает и что в случае преодоления этого сопротивления система скачком переходит в лучшее состояние, а в противном случае – столь же катастрофически быстро возвращается в плохое состояние) – очевидно верны.

Следуя изгибам течения реки мысли, подобно периодическим изгибам океанских течений предположим, что также как и физических процессах случайные процессы социальных явлений приводят к образованию периодической структуры, и хотя причины, вызывающие изгибы, могут быть разными, форма образующихся периодических кривых должна будет оказаться одинаковой. В данном разделе будем решать следующие задачи:

1. Создадим основы построения математической модели оценки эффективности деятельности вузов и их структурных подразделений, из которых наиболее естественными сослагающими единицами являются кафедры различных направлений специализации. Поскольку одной из ближайших стратегических целей научно-технической и финансовой политики Минобрнауки РФ в области информатизации является создание единой образовательной информационной среды, объединяющей министерство, образовательные учреждения, органы управления образованием и федеральные органы. Поскольку реализация систем качества невозможна без информатизации сферы образования, выстраиваемая модель может внести серьезный вклад в усилия по развитию эффективных систем обеспечения качества, увеличению совместимости и сопоставимости образования, создание более прозрачных структур высшего образования на уровне вузов, национальном и общеевропейском уровнях.

2. Сознвая, что разработка модели принятия решений слабоформализованных задач управления учебным процессом в области высшего образования представляет собой задачу принятия решений в условиях неопределенности, наиболее интересным в данной работе является не получение конкретного результата вывода. Будем ориентироваться скорее на проведение качественного анализа исследуемых структур, предполагая последующее применение для этого анализа теорию особенностей Уитни.

3. Аккумулируем материалы исследования предыдущих разделов и будем применять теорию нечетких множеств, проведем проектирование нечеткого регулятора, спроектированного в 70х годах прошлого века, на работах Л.Заде. Анализируя данные третьей части данной работы предложим дерево вывода.

4.2 Основание для использования нечеткой логики в управлении учебным процессом и модель нечеткого регулятора

Важной отличительной особенностью современного общества является высокая неопределенность воздействия на образовательные организации неконтролируемых факторов внешней среды. Радикальные изменения социально-экономических и культурных отношений на фоне роста интенсивности информационного обмена усиливает социально-нравственную миссию и ответственность высшего образования за сохранение и репродукцию социального капитала, сохранение и ретрансляцию основных общечеловеческих нравственных, национально-исторических ценностей. Обеспечение высокого качества образования на основе сохранения его фундаментальности в процессе смены традиционной образовательной парадигмы на компетентностную в рамках значительной структурной реформы высшего образования Европы, определяемую Болонской конвенцией, направленной на создание открытого европейского образовательного пространства выводит первоочередную проблему определения путей и способов адаптации к новым условиям функционирования. Даже беглый взгляд на происходящие в системе образования преобразования позволяет сделать вывод, что неопределенность является отличительной особенностью различных задач управления изменениями в образовательном процессе, а также фактором риска при принятии управленческих решений, поэтому необходимо учитывать ее для более адекватного отражения действительности. Принятие объективных управленческих решений, позитивно воздействующих на процесс образования, возможно лишь на основе количественной оценки параметров научно-образовательного процесса. Очевидно, что в этой ситуации целесообразно применение различных Теорий обработки неопределенности и современных информационных технологий для анализа состояния и задач стратегических и тактических задач высшего образования. В условиях нестабильности социально-экономических и культурных отношений, наряду с другими Теориями обработки неопределенности, оправдано использование аппарата Теории нечетких множеств (ТНМ) в решении различных задач управления деятельностью предприятия.

Выход ТНМ за рамки классических математических моделей расширяет возможности изменяемости параметров оценки результативности и эффективности, образующих управляемую систему¹⁷. Не принятая к практическому использованию вскоре после своего создания в конце 60-х годов прошлого века значительно опередила свое время. Наиболее существенным ее достижением представляется поня-

тие лингвистической переменной, в качестве значений (термов) которой выступают нечеткие множества. Возможность использования лингвистических описаний и характеристик объектов значительно повышает спектр задач управления, для которых могут быть применены методы теории нечетких множеств. Вместо четкого определения простой характеристики «принадлежит» или «не принадлежит» элемент подмножества данному множеству каждому элементу ставится в соответствие характеристическая функция принадлежности, которая указывает *степень* (или уровень) принадлежности элемента к множеству. Тогда вместо лингвистических характеристик оценки деятельности организации возможно построение ее математической модели путем замены характеристик соответствующими функциями принадлежности. Таким образом, модель оценки эффективности деятельности организации может быть также построена с применением математического аппарата теории нечетких множеств и с позиции возможности варьировать функцию принадлежности основываясь на экспериментальной проверке функционирования всей модели оценки эффективности деятельности организации. Подобную возможность можно представить как возможность «обучения» спроектированной модели работе с реальными организациями.

Следует особенно отметить, что сфере образования свойственны специфические задачи управления, для которых нет готовых программных средств и прямо применимых классических математических моделей. В первую очередь к ним относятся задачи мониторинга качества учебного процесса и оценки его качества с позиции результативности и эффективности. Это задача принятия решения в условиях расплывчатости исходных условий. Неопределенности являются неотъемлемой частью процессов принятия решений. Их принято разделять на три класса⁷⁷:

а) неопределенности, связанные с неполнотой знаний о проблеме, по которой принимается решение;

б) неопределенность, связанная с невозможностью точного учета реакции окружающей среды на наши действия;

в) неопределенность, связанная с неточным пониманием целей лицом, принимающим решение.

Эти три класса неопределенностей вполне соответствуют соображениям о возможных рисках выстраивания ошибочной модели оценки эффективности деятельности образовательного учреждения с целью принятия управленческого решения, полученным из соображений аналогии с меандрами¹ рек. Свести задачи с подобными неопреде-

¹ Меандр – древнее название извилистой реки в Малой Азии, ставшее нарицательным и обозначающее плавный изгиб речного русла равнинной реки.

ленностями к точно поставленным целям крайне трудно и почти невозможно⁷⁷. Для этого надо «снять» неопределенности. Одним из пространственных способов снятия является субъективная оценка специалиста (эксперта, руководителя), определяющая его предпочтения. Субъективная оценка оказалась в настоящее время единственно возможной основой объединения разнородных физических параметров решаемой проблемы в единую модель, позволяющую оценивать варианты решений⁷⁷. Учет фактора субъективности лица принимающего решение (ЛПР) в принятии решения нарушает фундаментальный принцип поиска объективно оптимального решения. Признание права ЛПР на субъективность решения есть признак появления новой парадигмы, характерной для другого научного направления – принятия решений при многих критериях^{78,79}. С другой стороны, при принятии решений по многим критериям существует и объективная составляющая. Обычно эта составляющая включает в себя ограничения, накладываемые внешней средой на возможные решения (наличие ресурсов, временные ограничения, экологические требования, социальная обстановка и т. п.).

Задачи принятия решений в управлении учебным процессом характеризуются большим числом расплывчатых ограничений, неполнотой исходных данных, множеством целей, декомпозирующихся на подцели, поэтому при их решении необходимо применять модели принятия решений в условиях неопределенности⁸⁰. Это означает, что создаваемая модель должна описывать отображение множества допустимых альтернатив во множество критериев оценки степени достижения поставленных целей, состоящее из нескольких критериев, базирующееся на предпочтениях коллектива в целом.

Для построения модели принятия решения необходимо рассмотреть методы генерации альтернатив, методы их оценки и методы выбора альтернатив. Формирование множества альтернатив является трудоемким, творческим процессом⁸¹. Этот процесс, как правило, выполняется в две стадии. На первой стадии формируется первичное множество альтернатив. На второй – либо генерирование множества альтернатив на основе первичного, либо его уточнение.

Стадия сбора информации близка к методам извлечения знаний, их использование позволит формализовать вышеперечисленные этапы проведения опроса. Эта стадия реализована в предыдущем разделе. Следующая стадия – моделирование нечеткого регулятора.

Моделирование нечетких регуляторов, основано на использовании нечеткой логики и нечеткого логического вывода, которые позволяют представить систему управления как набор решающих правил. Модель, основанная на нечетком регуляторе, представляет собой та-

блицу лингвистических правил, непосредственно связывающих входные и выходные переменные. Распределение исходного множества альтернатив производится по набору решающих правил, описывающих множество требований исходной задачи.

Нечеткие регуляторы были разработаны в 1970-е годы как результат внедрения фундаментальных работ Л. Заде по теории нечетких множеств в задачи автоматического управления⁸². Методы и алгоритмы, лежащие в основе реализации нечетких регуляторов, создаются на базе формализма теории нечетких множеств. Первые публикации и значительные результаты были получены в исследовательских группах, возглавляемых Е. Мамдани⁸³, начиная с 1970-х годов.

Процедура нечеткого вывода, осуществляемая в нечетком регуляторе, включает в себя следующие операции:

1. формирование базы правил системы нечеткого вывода;
2. преобразование входных переменных в значения функций принадлежности элементов нечетких множеств входных лингвистических переменных (фаззификация);
3. сопоставление значений функций принадлежности различных входных переменных для получения веса каждого правила (агрегация);
4. определение выходных нечетких значений от каждого правила (аккумуляция);
5. преобразование значений принадлежности выходных переменных в выходное значение (дефаззификация).

Нечеткий регулятор позволяет оценить множество альтернатив большой мощности, при распределении которых используется множество ограничений. Основным средством обеспечения данной возможности являются решающие правила, которые предназначены в данном случае для отражения влияния человека на оценку и выбор альтернатив. При этом выбор альтернатив осуществляется как вывод единственного решения. Таким образом, с целью решения вопросов адаптации рассмотрим структуру нечеткого регулятора и опишем методы, которые необходимо разработать. Состоящий из пяти функциональных блоков нечеткий регулятор схематично представлен на рис. 4.1.

Рассмотрим основные особенности каждого из этапов формирования нечеткого регулятора.

Формирование базы правил. База правил систем нечеткого вывода предназначена для формального представления эмпирических знаний или знаний экспертов в той или иной проблемной области. В системах нечеткого вывода используются правила нечетких продукций, в которых условия и заключения сформулированы в терминах нечет-

ких лингвистических высказываний, рассмотренных выше видов. Совокупность таких правил будем далее называть базами правил нечетких продукций, которая представляет собой конечное множество правил нечетких продукций, согласованных относительно используемых в них лингвистических переменных.

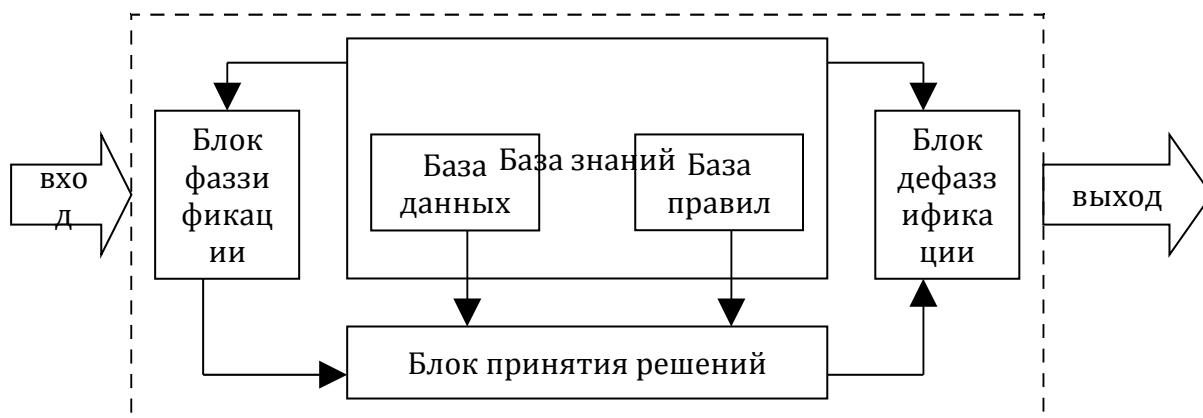


Рис. 4.1. Структура нечеткого регулятора

Согласованность правил относительно используемых лингвистических переменных означает, что в качестве условий и заключений правил могут использоваться только нечеткие лингвистические высказывания, при этом в каждом из нечетких высказываний должны быть определены функции принадлежности значений терм-множества для каждой из лингвистических переменных.

В системах нечеткого вывода лингвистические переменные, которые используются в нечетких высказываниях подусловий правил нечетких продукций, часто называют входными лингвистическими переменными, а переменные, которые используются в нечетких высказываниях подзаключений правил нечетких продукций, часто называют выходными лингвистическими переменными.

База правил нечетких продукций считается заданной, если заданы множества:

- правил нечетких продукций,
- множество входных лингвистических переменных и
- множество выходных лингвистических переменных.

Фаззификация. В контексте нечеткой логики под фаззификацией понимается не только отдельный этап выполнения нечеткого вывода, но и, собственно, процесс или процедура нахождения значений функций принадлежности нечетких множеств (термов) на основе обычных (не нечетких) исходных данных. Фаззификацию еще называют введением нечеткости.

Целью этапа фаззификации является установление соответствия между конкретным (обычно – численным) значением отдельной входной переменной системы нечеткого вывода и значением функции принадлежности соответствующего ей терма входной лингвистической переменной. После завершения этого этапа для всех входных переменных должны быть определены конкретные значения функций принадлежности по каждому из лингвистических термов, которые используются в подусловиях базы правил системы нечеткого вывода.

Этап фаззификации считается законченным, когда будут найдены все значения $b_i = \mu(a_i)$ для каждого из подусловий всех правил, входящих в рассматриваемую базу правил системы нечеткого вывода. Это множество значений обозначим через $V = \{b_i\}$. При этом, если некоторый терм α'' лингвистической переменной β_i не присутствует ни в одном из нечетких высказываний, то соответствующее ему значение функции принадлежности не находится в процессе фаззификации.

Агрегирование. Агрегирование представляет собой процедуру определения степени истинности условий по каждому из правил системы нечеткого вывода.

Формально процедура агрегирования выполняется следующим образом. До начала этого этапа предполагаются известными значения истинности всех подусловий системы нечеткого вывода, т. е. множество значений $V = \{b_i\}$. Далее рассматривается каждое из условий правил системы нечеткого вывода. Если условие правила представляет собой простое нечеткое высказывание, то степень его истинности равна соответствующему значению b_i . Если же условие состоит из нескольких подусловий, причем, лингвистические переменные в подусловиях попарно не равны друг другу, то определяется степень истинности сложного высказывания на основе известных значений истинности подусловий.

При этом значения b_i' используются в качестве аргументов соответствующих логических операций. Тем самым находят количественные значения истинности всех условий правил системы нечеткого вывода.

Этап агрегирования считается законченным, когда будут найдены все значения b_k'' для каждого из правил R_k , входящих в рассматриваемую базу правил P системы нечеткого вывода. Это множество значений обозначим через $V'' = \{b_1'', b_2'', \dots, b_n''\}$.

Активизация. Активизация в системах нечеткого вывода представляет собой процедуру или процесс нахождения степени истинности каждого из подзаключений правил нечетких продукций. Активи-

зация в общем случае во многом аналогична композиции нечетких отношений, но не тождественна ей.

Формально процедура активизации выполняется следующим образом. До начала этого этапа предполагаются известными значения истинности всех условий системы нечеткого вывода, т.е. множество значений $B'' = \{b_1'', b_2'', \dots, b_n''\}$ и значения весовых коэффициентов для каждого правила. Далее рассматривается каждое из заключений правил системы нечеткого вывода. Если заключение правила представляет собой простое нечеткое высказывание, то степень его истинности равна алгебраическому произведению соответствующего значения b_i'' на весовой коэффициент F_i .

Если же заключение состоит из нескольких подзаключений, причем лингвистические переменные в подзаключениях попарно не равны друг другу, то степень истинности каждого из подзаключений равна алгебраическому произведению соответствующего значения b_i'' на весовой коэффициент F_i . Таким образом, находятся все значения c_i , степеней истинности подзаключений для каждого из правил R_k , входящих в рассматриваемую базу правил P системы нечеткого вывода. Это множество значений обозначим через $C = \{c_1, c_2, \dots, c_q\}$, где q — общее количество подзаключений в базе правил.

После нахождения множества $C = \{c_1, c_2, \dots, c_q\}$ определяются функции принадлежности каждого из подзаключений для рассматриваемых выходных лингвистических переменных.

Этап активизации считается законченным, когда для каждой из выходных лингвистических переменных, входящих в отдельные подзаключения правил нечетких продукций, будут определены функции принадлежности нечетких множеств и их значений, т.е. совокупность нечетких множеств: C_1, C_2, \dots, C_q , где q — общее количество подзаключений в базе правил системы нечеткого вывода.

Аккумуляция. Аккумуляция или аккумуляирование в системах нечеткого вывода представляет собой процедуру или процесс нахождения функции принадлежности для каждой из выходных лингвистических переменных множества $W = \{\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_s\}$.

Цель аккумуляции заключается в том, чтобы объединить или аккумуляировать все степени истинности заключений (подзаключений) для получения функции принадлежности каждой из выходных переменных. Причина необходимости выполнения этого этапа состоит в том, что подзаключения, относящиеся к одной и той же выходной лингвистической переменной, принадлежат различным правилам системы нечеткого вывода.

Формально процедура аккумуляции выполняется следующим образом. До начала этого этапа предполагаются известными значения

истинности всех подзаключений для каждого из правил R_k , входящих в рассматриваемую базу правил P системы нечеткого вывода, в форме совокупности нечетких множеств: C_1, C_2, \dots, C_q , где q — общее количество подзаключений в базе правил. Далее последовательно рассматривается каждая из выходных лингвистических переменных $\omega_j \in W$ и относящиеся к ней нечеткие множества: C_1, C_2, \dots, C_q .

Результат аккумуляции для выходной лингвистической переменной ω_j определяется как объединение нечетких множеств C_1, C_2, \dots, C_q

Этап аккумуляции считается законченным, когда для каждой из выходных лингвистических переменных будут определены итоговые функции принадлежности нечетких множеств их значений, т. е. совокупность нечетких множеств: C_1', C_2', \dots, C_s' , где s — общее количество выходных лингвистических переменных в базе правил системы нечеткого вывода.

Дефаззификация. Дефаззификация в системах нечеткого вывода представляет собой процедуру или процесс нахождения обычного (не нечеткого) значения для каждой из выходных лингвистических переменных множества $W = \{\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_s\}$.

Цель дефаззификации заключается в том, чтобы, используя результаты аккумуляции всех выходных лингвистических переменных, получить обычное количественное значение каждой из выходных переменных, которое может быть использовано специальными устройствами, внешними по отношению к системе нечеткого вывода.

Действительно, применяемые в современных системах управления устройства и механизмы способны воспринимать традиционные команды в форме количественных значений соответствующих управляющих переменных. Именно по этой причине необходимо преобразовать нечеткие множества в некоторые конкретные значения переменных. Поэтому дефаззификацию называют также приведением к четкости.

Формально процедура дефаззификации выполняется следующим образом. До начала этого этапа предполагаются известными функции принадлежности всех выходных лингвистических переменных в форме нечетких множеств: C_1', C_2', \dots, C_s' , где s — общее количество выходных лингвистических переменных в базе правил системы нечеткого вывода. Далее последовательно рассматривается каждая из выходных лингвистических переменных $\omega_j \in W$ и относящееся к ней нечеткое множество C_j' . Результат дефаззификации для выходной лингвистической переменной ω_j определяется в виде количественного значения $u \in R$, получаемого по одной из рассматриваемых ниже формул.

Этап дефаззификации считается законченным, когда для каждой из выходных лингвистических переменных будут определены итоговые количественные значения в форме некоторого действительного числа, т. е. в виде y_1, y_2, \dots, y_s , где s – общее количество выходных лингвистических переменных в базе правил системы нечеткого вывода.

4.3 Введение нечеткости для модели экспертной системы управления качеством образования

Зададимся целью построить нечеткую базу знаний для проведения комплексной оценки качества работы вуза и его подразделений. Построение эффективной системы мониторинга деятельности подразделения ВУЗа, такого как кафедра нужно начать с глубокого осмысления функций образования на стадии фаззификации и на их основе приступить к формированию лингвистических переменных, которые оцениваются качественными терминами (первый принцип лингвистического моделирования). Использование числовых рейтингов, скрывающих реальные проблемы и достижения, существенно формализуя процесс оценки деятельности подразделений, может привести к снижению качества результатов образования за счет перераспределения человеческих ресурсов в область реализации функций позиционирования в ущерб основным целям образовательной деятельности.

Встает очевидный вопрос: как можно сопоставить, например, количество прочитанных лекций или лекций с использованием мультимедиа с формированием и воспроизводством умений и навыков, необходимых для подготовки кадров? Когда количество проведенных открытых лабораторно-практических и семинарских занятий переходит в развитие социализации членов общества? В какой мере проведенные занятия по оказанию дополнительных образовательных услуг способствуют развитию материальной и духовной жизни общества? И многие другие вопросы заставляют задуматься о сложности введения количественных характеристик качества образования. И создание модели оценки эффективности постоянно изменяющегося процесса представляет собой очень серьезную проблему.

В основу системы мониторинга, способной обучаться и подстраиваться под динамично изменяющиеся условия внешней социально-экономической среды, следует положить сбалансированную систему показателей (ССП).

ССП переводит миссию и общую стратегию организации в систему четко поставленных задач, а также показателей, определяющих степень достижения данных установок в рамках четырех основных проекций:

- Финансы: внутренняя деятельность, поскольку результаты внутренней деятельности организации в прошлом оказываются информативны в финансовых показателях деятельности.

- Рынок: взаимоотношения, поскольку в интересах общества обеспечить достаточное количество людей с необходимыми компетенциями, добиться конкурентоспособности своей страны, надлежащего функционирования рынка труда и других тому подобных преимуществ.

- Управление: виды деятельности – это внутренние бизнес-процессы, учитывающие сложность и перекрестность процессов образования.

- Ресурсы: программы обучения, развития и роста – как и в базовой ССП программы обучения, развития, мотивации и роста персонала, материальные ресурсы и технологии.

В предыдущем разделе, описывая ССП в результате проведения экспертных опросов, проведена формализация представления эмпирических знаний или знаний экспертов в той или иной проблемной области. В проектируемой модели мы создали правила нечетких продукций, в которых условия и заключения сформулированы в терминах нечетких лингвистических высказываний рассмотренных выше видов. Полученную совокупность таких правил, назовем *базой правил* нечетких продукций, которая представляет собой конечное множество правил нечетких продукций, согласованных относительно используемых в них лингвистических переменных. При формировании базы правил нечетких продукций необходимо определить множество входных лингвистических переменных и множество выходных лингвистических переменных.

Введение нечеткости на следующем этапе – *фаззификации* – проектирования нечеткого регулятора – представляет собой процесс нахождения значений функций принадлежности нечетких множеств (термов) на основе обычных (не нечетких) исходных данных.

Целью этого этапа является установление соответствия между конкретным значением отдельной входной переменной системы управления качеством образования и организации нечеткого вывода принимаемого решения и значением функции принадлежности соответствующего ей терма входной лингвистической переменной.

На основе спроектированных знаний о соотношениях взаимосвязи частных показателей аспектов ССП спроектируем функции принадлежности с использованием аппарата теории нечетких множеств для проведения оценки деятельности структурного подразделения вуза. Определим блок фаззификации – процедуры преобразования входных данных в значения функций принадлежности элементов не-

четких множеств входных лингвистических переменных. Для оценки лингвистических переменных определим функции принадлежности следующего вида:

- низкий уровень (отмечается верхним индексом «H»):

$$\mu^H(x, a^H, b^H) = \begin{cases} 1, & \text{если } x \leq a^H \\ 1 - \frac{2(x - a^H)^2}{(b^H - a^H)^2}, & \text{если } a^H < x \leq \frac{a^H + b^H}{2} \\ \frac{2(x - b^H)^2}{(b^H - a^H)^2}, & \text{если } \frac{a^H + b^H}{2} < x < b^H \\ 0, & \text{если } x \geq b^H \end{cases}$$

- ниже среднего (отмечается верхним индексом «HC»):

$$\mu^{HC} = \exp\left(-\frac{(x - a^{HC})^2}{2b^{HC2}}\right)$$

- средний (отмечается верхним индексом «C»):

$$\mu^C(x, a^C, b^C, c^C, d^C) = \begin{cases} 0, & \text{если } x \leq a^C \\ \frac{2(x - a^C)^2}{(b^C - a^C)^2}, & \text{если } a^C < x \leq \frac{a^C + b^C}{2} \\ \frac{2(x - a^C)^2}{(b^C - a^C)^2}, & \text{если } \frac{a^C + b^C}{2} < x < b^C \\ 1, & \text{если } b^C \leq x \leq c^C \\ 1 - \frac{2(x - c^C)^2}{(d^C - c^C)^2}, & \text{если } c^C < x \leq \frac{c^C + d^C}{2} \\ \frac{2(x - d^C)^2}{(c^C - d^C)^2}, & \text{если } \frac{c^C + d^C}{2} < x < d^C \\ 0, & \text{если } d^C \leq x \end{cases}$$

- выше среднего (отмечается верхним индексом «BC»):

$$\mu^{BC} = \exp\left(-\frac{(x - a^{BC})^2}{2b^{BC2}}\right)$$

- высокий (отмечается верхним индексом «B»):

$$\mu^B(x, a^B, b^B) = \begin{cases} 0, & \text{если } x \leq a^B \\ \frac{2(x - a^B)^2}{(b^B - a^B)^2}, & \text{если } a^B < x \leq \frac{a^B + b^B}{2} \\ 1 - \frac{2(x - b^B)^2}{(b^B - a^B)^2}, & \text{если } \frac{a^B + b^B}{2} < x < b^B \\ 1, & \text{если } x \geq b^B \end{cases}$$

Определим диапазон изменения x от 0 до 100, по аналогии с примером для снижения уровня субъективизма при оценке дипломных работ. Соответствующие графики для функций принадлежности представлены на рис.4.2. Переменные x_i, y_i, z_i, q_i могут быть и количественными и качественными. В нашем случае определим их как качественные, предполагая возможность преобразования количественных показателей по ряду критериев оценки в качественные термины.

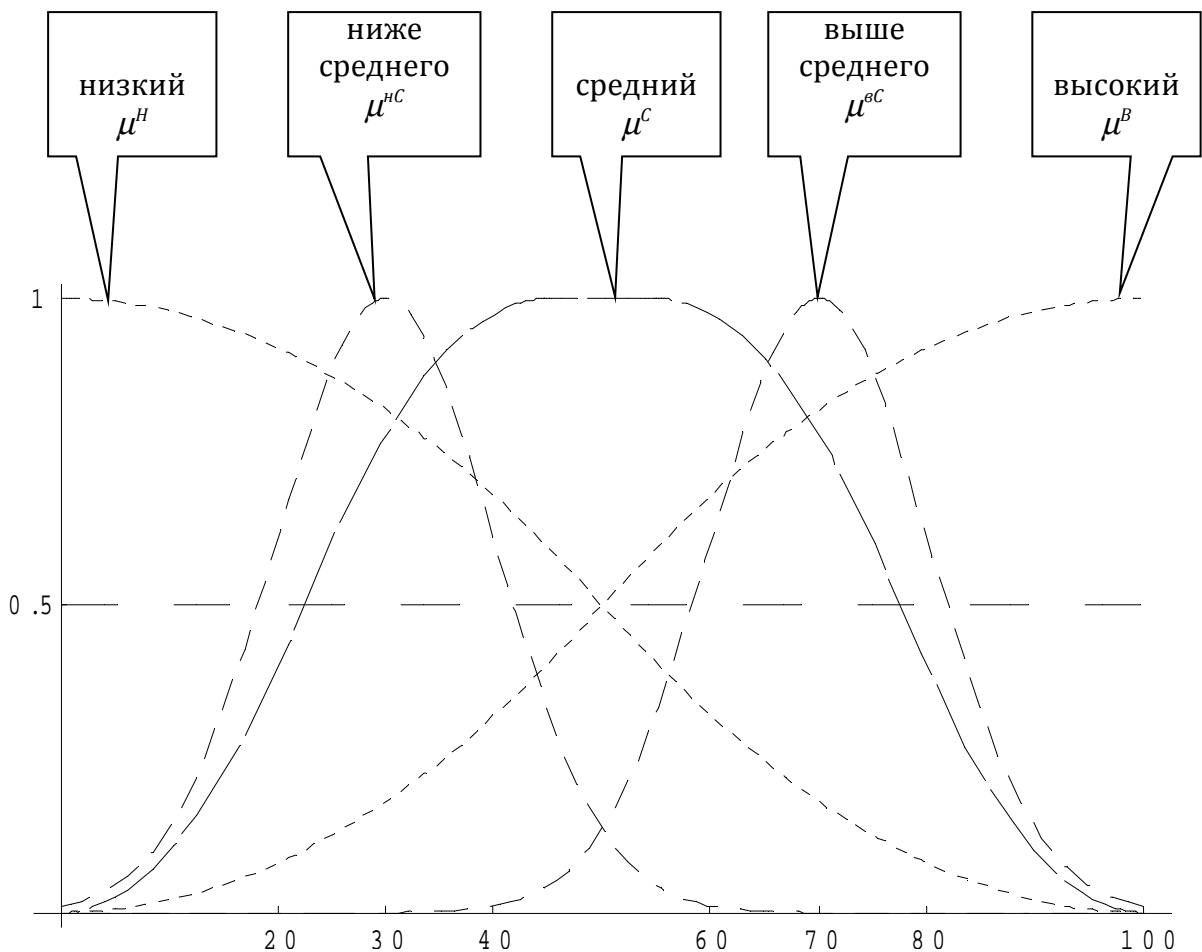


Рис. 4.2. Вид функций принадлежности

После установления соответствующих функций принадлежности, получены соответствия между конкретным лингвистическим значением отдельной входной переменной системы нечеткого вывода и значением функции принадлежности соответствующего ей терма входной лингвистической переменной. После завершения этого этапа для всех входных переменных должны быть определены конкретные значения функций принадлежности по каждому из лингвистических термов системы нечеткого вывода.

Рассмотрим пример на основе приложения 3. Данные оценок частных показателей аспекта обучения и развития приведены в табл. 4.1-4.4. Обратим внимание на выделяемые в наборе две группы, которые назовем

- x_a , включающий переменные $x_1 - x_9$ и оценивающий показатели оценки эффективности качества деятельности профессорско-преподавательского состава.
- x_b , объединяющий группу $x_{10} - x_{15}$, и относящийся к оценке обучения и развития студентов или иных обучающихся в организации групп.

В свою очередь в этих группах выделяются следующие подгруппы:

- в группе x_a – обучение $x_{a1}(x_1, x_2, x_3)$, развитие $x_{a2}(x_4, x_5, x_6, x_7)$, коммуникации $x_{a3}(x_8, x_9)$
- в группе x_b – обучение $x_{b1}(x_{10}, x_{11})$, развитие $x_{b2}(x_{12}, x_{13})$, коммуникации $x_{b3}(x_{14}, x_{15})$

Таблица 4.1
Оценка показателей X (аспект обучения и развития)

Частный показатель		Уровень оценки показателя	Расшифровка	Функция принадлежности
x_1	Прохождение курсов повышения квалификации ППС кафедры	Ниже среднего	1 раз в 5 лет, но при наличии финансовых возможностей вуза и интересных программ может быть и чаще	μ^{nC}
x_2	Посещение семинаров, тренингов ППС кафедры	Ниже среднего	Семинары, тренинги посещаются по указанию руководства вуза, кафедры	μ^{nC}
x_3	Участие ППС кафедры в конференциях	Высокий	Участие ППС в международных конференциях	μ^B

Таблица 4.1 (продолжение)
Оценка показателей X (аспект обучения и развития)

Частный показатель		Уровень оценки показателя	Расшифровка	Функция принадлежности
X ₄	Новые методики и технологии обучения	Средний	Применяются новые методики и технологии обучения, разработанные в других вузах РФ, а так же адаптированные международные разработки	μ^C
X ₅	Участие кафедры в получении грантов	Низкий	Не участвует	μ^H
X ₆	Образовательные программы	Выше среднего	На кафедре разрабатываются инновационные образовательные программы	$\mu^{вC}$
X ₇	Дипломированность ППС ((Количество доцентов + количество профессоров) /общее количество ППС)	Высокий	>0,75	μ^B
X ₈	Наличие коммуникаций в коллективе, позволяющих обмен опытом ППС	Высокий	Обмен опытом является нормой отношений, элементом корпоративной культуры кафедры	μ^B
X ₉	Организация конференций кафедрой	Низкий	Не организывает	μ^H
X ₁₀	Успеваемость студентов (Количество успевающих на «хорошо» и «отлично») /общее количество студентов)	Выше среднего	0,5<x<0,75	$\mu^{вC}$
X ₁₁	Участие студентов в олимпиадах, конкурсах	Ниже среднего	Участие студентов без занятия призовых мест	μ^{HC}
X ₁₂	Участие студентов в конференциях	Ниже среднего	Менее 20% студентов принимают участие в студенческих конференциях вуза	μ^{HC}
X ₁₃	Участие студентов в разработке новых методик обучения	Низкий	Не принимают участия	μ^H
X ₁₄	Участие студентов в спортивных состязаниях	Выше среднего	Вузовские спортивные команды занимают призовые места в соревнованиях	$\mu^{вC}$
X ₁₅	Общественная работа студентов (социальная активность)	Средний	Наличие социально активно групп студентов	μ^C

Данные оценок частных показателей аспекта взаимоотношения, приведены в табл. 4.2. В наборе выделены две группы, которые назовем:

- u_a , включающий переменные $u_1 - u_6$ и оценивающий показатели оценки эффективности взаимодействия с внешними потребителями.
- u_b , объединяющий группу $u_7 - u_{10}$, и относящийся к оценке взаимоотношений внутренних потребителей организации, включающих сотрудников вуза, преподавателей и студентов или иных обучающихся в организации групп.

Таблица 4.2
Оценка показателей Y (взаимоотношения)

Частный показатель		Уровень оценки показателя	Расшифровка	Функция принадлежности
u_1	Удовлетворенность выпускников карьерным ростом	низкий	Не отслеживается	μ^H
u_2	Удовлетворенность выпускников размером доходов	низкий	Не отслеживается	μ^H
u_3	Удовлетворенность выпускников в стремлении получить новую (желаемую) работу, повышение в должности	Средний	Появилась возможность повышения по службе	μ^C
u_4	Удовлетворенность студентов учебным процессом	средний	Соотношением лекций, семинарских, практических занятий, доступностью учебной и методической литературы	μ^C
u_5	Удовлетворенность потребителей услуг – работодателей	Ниже среднего	Уровнем теоретических знаний и практических навыков недостаточно для работы по специальности – требуется дополнительная подготовка	μ^{HC}
u_6	Взаимодействие кафедры с представителями государственной власти на федеральном и региональном уровнях	низкий	нет	μ^H

Таблица 4.2
Оценка показателей Y (взаимоотношения)

Частный показатель		Уровень оценки показателя	Расшифровка	Функция принадлежности
y ₇	Удовлетворенность ППС взаимоотношениями в коллективе	высокий	Взаимоотношения подчинены нормам корпоративной культуры	μ^{HC}
y ₈	Удовлетворенность ППС организацией учебного процесса	Выше среднего	Проведением занятий, своими знаниями	μ^{eC}
y ₉	Удовлетворенность ППС взаимоотношениями с руководством вуза	Выше среднего	Демократический стиль управления (наличие коллективного договора в вузе)	μ^{eC}
y ₁₀	Удовлетворенность внутренних потребителей	средний	Наряду с хорошей теоретической подготовкой недостаточно развиты практические навыки студентов	μ^C

Данные оценок частных показателей аспекта внутренней деятельности, приведены в табл. 4.3. В наборе выделены в наборе три группы:

- Z_a , включающий переменные $Z_1, Z_2, Z_3, Z_4, Z_5, Z_6, Z_7, Z_8$ и оценивающий показатели оценки финансовой деятельности,
- Z_b , показатели – $Z_9, Z_{10}, Z_{11}, Z_{12}, Z_{13}, Z_{14}$ – учебной и научной деятельности,
- Z_c по показателям Z_{15}, Z_{16} , оценивающим процессы менеджмента.

Таблица 4.3
Оценка показателей Z (внутренняя деятельность)

Частный показатель		Уровень оценки показателя	Расшифровка	Функция принадлежности
z ₁	Бюджетное финансирование (Количество средств бюджетного финансирования разных уровней/ общее количество финансовых средств)	Высокий	>0,75	μ^B

Таблица 4.3
Оценка показателей Z (внутренняя деятельность)

Частный показатель		Уровень оценки показателя	Расшифровка	Функция принадлежности
Z ₄	Создание научно-производственных объединений (объем финансовых поступлений)	Средний	Наличие работающих НПО	μ^C
Z ₅	Количество зарегистрированных патентов	Средний	Участие отдельных сотрудников в разработке патентов	μ^C
Z ₆	Средства, затраченные на обучающие программы	Средний	2 %	μ^C
Z ₇	Финансирование научных разработок	Высокий	Ежегодное участие более 20% сотрудников в международных конференциях	μ^B
Z ₈	Затраты на публикации научной продукции	Выше среднего	Негулярный выпуск печатной научной и учебно-методической продукции	μ^{eC}
Z ₉	Результаты работы ученого совета	Выше среднего	Есть члены ученого совета, рецензенты и оппоненты кандидатских и докторских диссертаций, защита кандидатских диссертаций	μ^{eC}
Z ₁₀	Результаты последней сессии ((Количество сдавших на «хорошо» и «отлично») /общее количество студентов)	Средний	Около 50 % сдали на хорошо и отлично	μ^C
Z ₁₁	Оценки государственной экзаменационной комиссии и защитах дипломных проектов	Высокий	Более 80% сдали на хорошо и отлично	μ^B
Z ₁₂	Система оценки и контроля качества знаний студентов	Ниже среднего	Оценка выставляется преподавателем исходя из его личного профессионального знаний, опыта и морально-этических качеств	μ^{nC}
Z ₁₃	Структура учебного процесса	Средний	Лекции, семинары, практические занятия, защита контрольной или курсовой работы, экзамен или зачет.	μ^C

Таблица 4.3
Оценка показателей Z (внутренняя деятельность)

Частный показатель		Уровень оценки показателя	Расшифровка	Функция принадлежности
z_{14}	Применение информационных технологий	Средний	Информационные технологии используются на лекциях и практических занятиях	μ^c
z_{15}	Разработка систем мониторинга	Средний	Проводятся анкетирования, изучающие одну или несколько проблем	μ^c
z_{16}	Эффективность работы администрации	Средний	Кадровая и ресурсная политика связана с решением стратегических задач	μ^c

Данные оценок частных показателей аспекта на виды деятельности, приведены в табл. 4.4. В этом наборе выделены в наборе три группы, которые мы объединяем, основываясь на процессном подходе, который получил широкое применение при разработке и созданию систем менеджмента качества и программах Master of Business Administration (MBA). Классификация процессов по степени влияния на получение добавленной ценности наиболее часто предполагает классификацию процессов на бизнес процессы, обеспечивающие процессы и процессы менеджмента. В этом аспекте соответствующие промежуточные переменные назвали:

- q_a , соответствующий бизнес процессам и включающий переменные $q_1 - q_9$. Они в свою очередь объединены в подгруппы оказания краткосрочных консалтинговых услуг (q_1, q_2), обеспечение основного образовательного процесса по программам высшего профессионального образования (q_3, q_4, q_5) и научно-исследовательская работа (q_6, q_7, q_8, q_9).
- q_b , объединяющий группу $q_{10} - q_{13}$, и относящийся к оценке обеспечивающих процессов.
- q_c , образующий группу частных показателей процессов менеджмента.

Таблица 4.4
Оценка показателей Q (виды деятельности)

Частный показатель		Уровень оценки показателя	Расшифровка	Функция принадлежности
q1	Образовательные услуги	Выше среднего	Предложение новой образовательной услуги наряду со старой образовательной услугой с применением информационных технологий	μвС
q2	Консалтинговые услуги	Низкий	Не оказываются	μН
q3	Образовательный процесс	Средний	Применение информационных технологий в образовательном процессе для повышения качества подготовки студентов	μС
q4	Учебно-организационная деятельность: создание учебно-организационной документации и организация образовательного процесса	Ниже среднего	Учебно-организационная деятельность не соответствует документированной процедуре системы менеджмента качества по управлению учебно-организационной деятельностью	μнС
q5	Методическая деятельность	Низкий	Не разработано документированной процедуры системы менеджмента качества по управлению методической деятельностью	μН
q6	Исследовательская деятельность	Средний	Отдельные сотрудники кафедры занимаются инновационными разработками	μС
q7	Фундаментальные и прикладные исследования	Ниже среднего	Разработки отдельных проектов, направленных на решение конкретных задач	μнС
q8	Формы представления результатов НИР	Средний	Специализированные публикации. Участие в межвузовских, региональных, российских конференциях, научных семинарах и других видах научных форумов	μС
q9	Деятельность в рамках хозяйственных договоров	Ниже среднего	Некоторые преподаватели кафедры участвуют в хозяйственных программах	μнС

Таблица 4.4 (продолжение)
Оценка показателей Q (виды деятельности)

Частный показатель		Уровень оценки показателя	Расшифровка	Функция принадлежности
q ₁₀	Повышение квалификации ППС	Средний	Отдельные элементы процесса повышения квалификации ППС не соответствуют документированной процедуре системы менеджмента качества по управлению процессом повышения квалификации ППС	μ^c
q ₁₁	Подготовка научных кадров	Высокий	Наличие аспирантуры, докторантуры	μ^B
q ₁₂	Материально-техническое обеспечение	Средний	Есть необходимые материалы и оборудование для обеспечения учебного процесса	μ^c
q ₁₃	Информационные и технические ресурсы	Выше среднего	Образовательный процесс обеспечен информацией, информационными, техническими и программными средствами	μ^{cC}
q ₁₄	Процесс управления персоналом	Средний	Кадровая деятельность; оценка соответствия преподавателя требуемой квалификации; оценка профессионализма; проведение проверки трудовой дисциплины; поощрения	μ^c
q ₁₅	Система менеджмента качества	Средний	Высшим руководством принята политика в области качества, разработаны документированные процедуры СМК, рабочая документация	μ^c

Найдены все значения переменных в виде функций принадлежности для каждого из подусловий всех правил, входящих в рассматриваемую базу правил системы нечеткого вывода. Эти множества значений обозначены через x_i , y_i , z_i , q_i . На этом этап фаззификации считается законченным.

4.4 Построение графа связей аспектов сбалансированной системы показателей

Опишем последовательно агрегирование, активизацию, аккумуляцию, в результате чего придем к формированию ориентированного графа, на вершине которого будет находиться результирующая оценка. Получаемую структуру одинаково часто называют как графо, так и деревом вывода.

Оценка показателей в иерархической структуре дерева вывода будет ставиться исходя из операции логического пересечения функций принадлежности, которая в ряде частных случаев может быть заменена на умножение. Такая замена максиминных операций допустима, если множества значений переменных конечны и возможна мягкая интерпретация операции логического умножения²¹. В этом случае предполагается, что существует некоторая возможность компенсации имеющихся значений $\mu_A(x)$ какими-либо значениями μ_B и, наоборот, «компенсации» $\mu_B(x)$ за счет значений μ_A в операции логического пересечения $\mu_{A \cap B} = \mu_A \wedge \mu_B$. Таким образом, в своей работе по созданию общей теории по принятию решений в расплывчатых условиях Заде ввел умножение и сложение соответствующих переменным функций принадлежности.

Используя управленческую концепцию ССП проведем формализацию исходной информации. По каждому из четырех аспектов получим объект с одним выходом и входами вида:

$$\begin{aligned}R &= f_r(x, y, z, q) \\X &= f_x(x_1, x_2, \dots, x_n) \\Y &= f_y(y_1, y_2, \dots, y_n) \\Z &= f_z(z_1, z_2, \dots, z_n) \\Q &= f_q(q_1, q_2, \dots, q_n)\end{aligned}$$

где R – интегральный показатель качества, X, Y, Z, Q – промежуточные выходные переменная; x_i, y_i, z_i, q_i – входные переменные. Этим соотношениям будут поставлены в соответствие нечеткие логические уравнения, которые позволяют определять уровень показателя r по максимуму функции принадлежности. Каждый аспект состоит из разветвленной структуры (рис. 4.3).

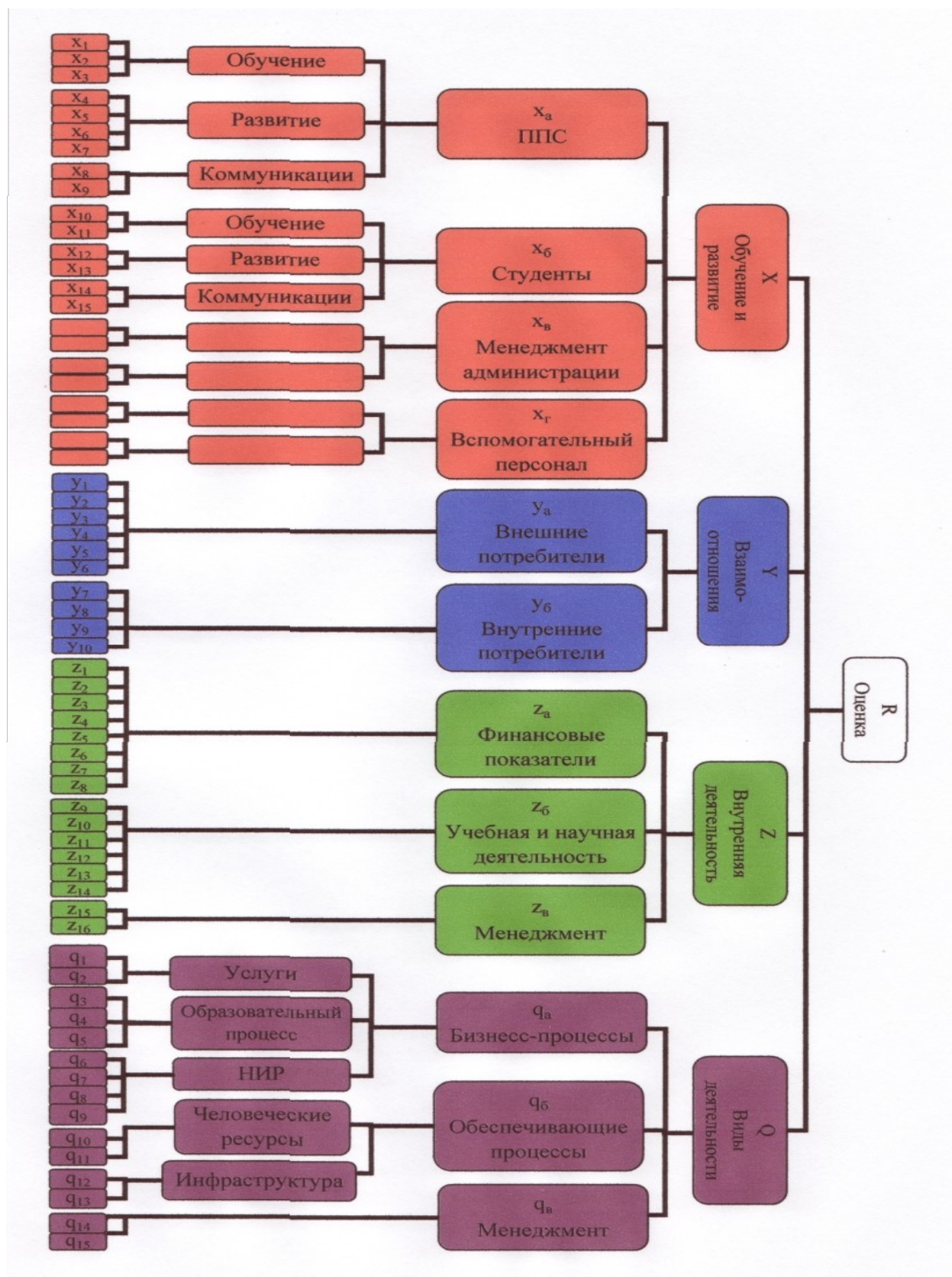


Рис. 4.3. Разветвленная структура дерева вывода

Например, в аспекте виды деятельности будем основываться на процессном подходе и выделим три группы процессов: бизнес процессы – q_1 , обеспечивающие процессы – q_2 , процессы менеджмента – q_3 . Каждая из этих групп процессов получается в результате операций со множеством соответствующих входных переменных.

Определим промежуточную переменную x_a , включающую переменные $x_1 - x_9$. Соответствующая функция принадлежности будет сформирована в результате операции пересечения всех выбранных функций принадлежности, согласно выбранным лингвистическим термам рассматриваемых переменных модели. Аналогично определяется промежуточная переменная x_b , объединяющий группу $x_{10} - x_{15}$, и относящийся к оценке обучения и развития студентов или иных обучающихся в организации групп. Результаты представлены на рис.4.5.

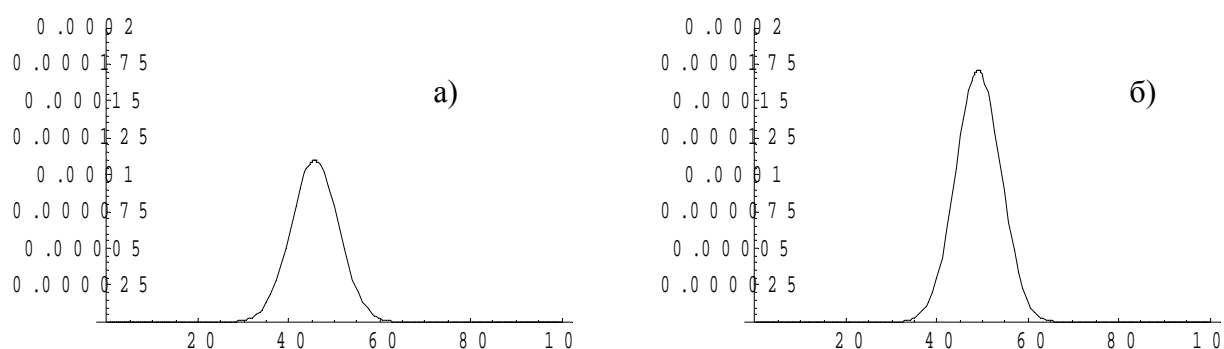


Рис.4.5. Функция принадлежности для x_a , полученная как результат пересечения функций принадлежности переменных $x_1 - x_9$ (а),
Функция принадлежности для x_b , полученная как результат пересечения функций принадлежности переменных $x_{10} - x_{15}$ (б)

На рис.4.6 представлены полученные аналогичным образом функции принадлежности частных показателей аспекта взаимоотношения, разделенные на два промежуточных показателя u_a , включающий переменные $u_1 - u_6$ и оценивающий показатели оценки эффективности взаимодействия с внешними потребителями и u_b , объединяющий группу $u_7 - u_{10}$, и относящийся к оценке взаимоотношений внутренних потребителей организации, включающих сотрудников вуза, преподавателей и студентов или иных обучающихся в организации групп. По каждому из частных показателей определены функции принадлежности и представлен результат их пересечения.

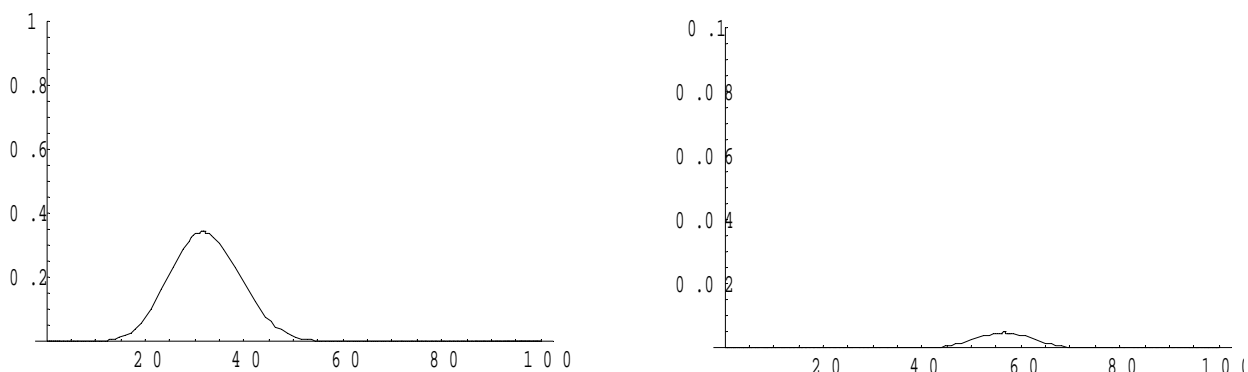


Рис.4.6. Функция принадлежности для u_a , полученная как результат пересечения функций принадлежности переменных $u_1 - u_6$ (а),
 Функция принадлежности для u_b , полученная как результат пересечения функций принадлежности переменных $u_7 - u_{10}$ (б)

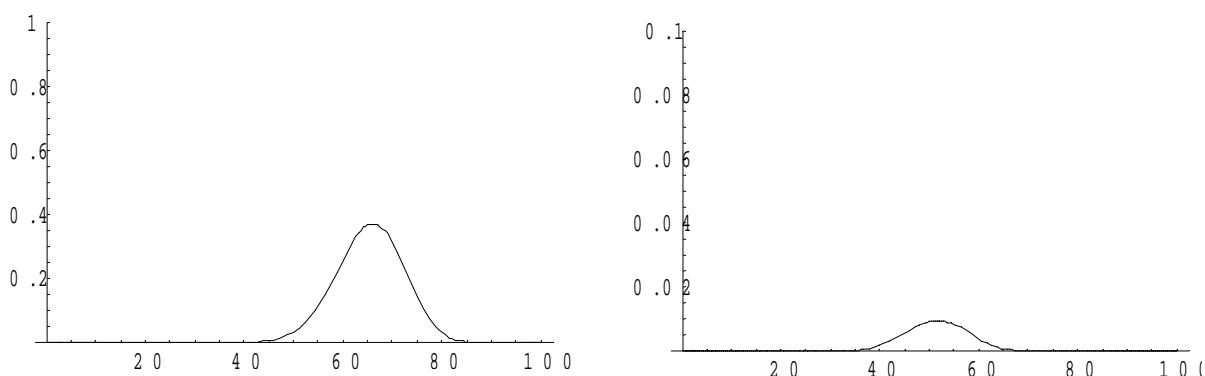


Рис.4.7. Функция принадлежности для z_a , полученная как результат пересечения функций принадлежности переменных $z_1 - z_9$ (а),
 Функция принадлежности для z_b , полученная как результат пересечения функций принадлежности переменных $z_{10} - z_{16}$ (б)

Представленные на рис.4.7 функции принадлежности получены для группы финансовой деятельности и объединенной с целью последующей пространственной развертки группы частных показателей учебной и научной деятельности и процессов менеджмента. Такое объединение можно считать оправданным, поскольку формирование условий для выполнения требований Болонской конвенции и проектируемых Федеральных Государственных Образовательных Стандартов высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) в соответствии с компетентностным подходом в свете смены образовательной парадигмы предполагает формирование управленческих отношений между обучающим преподавателем и обучающимся студентом.

Изменяющиеся подходы к системе образования предполагают изменение отношений с традиционных: преподаватель как носитель и транслятор специализированных знаний на современные, в которых преподаватель становится менеджером, организатором учебного процесса.

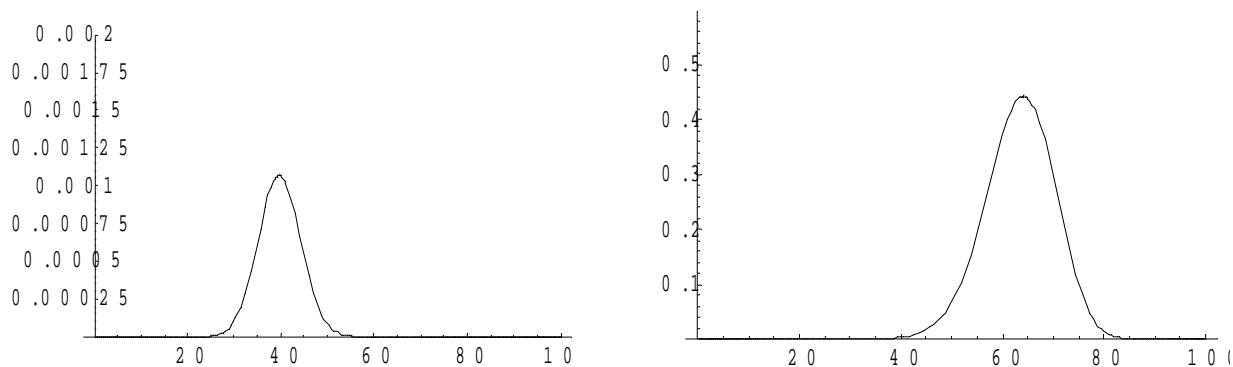


Рис.4.8. Функция принадлежности для q_a , полученная как результат пересечения функций принадлежности переменных $q_1 - q_9$ (а),
Функция принадлежности для q_b , полученная как результат пересечения функций принадлежности переменных $q_{10} - q_{15}$ (б)

Для получения функций принадлежности оценок частных показателей аспекта на виды деятельности также проведем объединение которое считается обоснованным во многих программах реализации процессного подхода в рамках разработки и внедрения систем менеджмента качества согласно стандарту ИСО или МВА. В ряде случаев обеспечивающие процессы и процессы менеджмента объединяются в одну группу и получают две основные группы процессов: бизнес процессы и процессы называемые вспомогательными.

4.5 Выводы

Работы немецкого математика Д. Гильберта, которым присуща убежденность в единстве математики и естествознания, на рубеже XIX – XX веков оказали большое влияние на развитие многих разделов математики. В них автор ввел математическое понятие гильбертова пространства, обобщающее случай евклидова пространства на бесконечномерный случай. Д. Гильберт сформулировал свои задачи в виде списка проблем, из которых 13 проблема звучит так: *какие непрерывные функции трех переменных могут быть выражены суперпозициями непрерывных функций двух переменных?*

Вопрос о представимости непрерывной функции любого числа переменных суперпозициями непрерывных функций двух переменных, состоящими из алгебраических функций, остается открытым до

настоящего времени и очень интересным. Ожидается, что «топологическая сложность» ветвления многозначной функции препятствует ее представимости.

Предполагаем, что, получив наборы функций двух переменных, сможем сконструировать сложную функцию многих переменных. Вообще говоря, это предположение взято за основу при проведении интерпретации результатов экспертного опроса, полученную в предыдущем, третьем, разделе, в котором было использовано объединение разветвляющихся направлений и заданы две переменных – направления (внутри и наружу). Из функций двух переменных, подставляя одну в другую, можно составить функции любого числа переменных (например, $f(g\{x, y\}, h(z, y))$ – функция трех переменных).

Таким образом, в результате работы над данным разделом можно резюмировать следующие выводы:

1. При построении функций принадлежности для каждого из четырех аспектов использована операция пересечения для первичных входных переменных в мягком смысле, допускающая, что возможна какая-то компенсация некоторых характеристик, присущих одной из переменных, характеристиками другой. Это оправдано, поскольку мы использовали некоторые параметры оценки достаточно близко взаимосвязанные по их организационному обеспечению. Например, оценка показателей X аспекта обучения и развития в направлении, объединяющем критерии работы профессорско-преподавательского состава, включает переменные $x_1 - x_9$ такие как прохождение курсов повышения квалификации ППС кафедры, новые методики и технологии обучения, образовательные программы и др., которые явно тесно взаимосвязаны между собой.

2. Получена нечеткая иерархическая модель сложной динамической социальной системы. Анализ такого класса систем достаточно сложен, его теоретическую основу составляют методы анализа иерархий, теория нечетких множеств, теория измерений, теория автоматов, дискретная математика, которые были разработаны не только в многократно упоминавшихся работах Заде, но также в известных и часто цитируемых работах Саати⁸⁴, Месаровича⁸⁵, Пфанцгаля⁸⁶ и других авторов.

3. Следует признать, что построенная система в некоторой степени иллюзорна и почти не опробована. Однако, при проектировании системы учтены особенности информации и конкретных способов ее обработки, основные черты системы информационного мониторинга на этапе деффазификации можно интерпретировать представленным образом.

4. Данная проектируемая модель системы мониторинга качества образования нацелена на приоритетные акценты в проблеме реализации миссии высшего образования в текущих задачах управления образовательными организациями и их подразделениями. Основные стремления проводимого исследования направлены не столько на сами образования, его качества, задачи мониторинга и проекты их реализации, сколько на саму возможность построения математической модели данной системы и проведение качественного анализа полученных результатов. Заметим, что в выражениях «мониторинг качества образования» и «качественный анализ» само слово «качество» имеет различный смысл. В первом подразумевается «*качество продукции*», которая может быть определена согласно международному стандарту ИСО48, или как совокупность свойств продукции, обуславливающая ее способность удовлетворять определенные потребности народного хозяйства или населения⁸⁷. Во втором случае понятие *качество* используется как философская категория, выражающая существенную определенность объекта, благодаря которой он является именно этим, а не иным. В этом случае качество – объективная и всеобъемлющая характеристика объектов, обнаруживающаяся в совокупности их свойств⁸⁷.

5. Интерпретация полученных результатов для автора оказалась несколько неожиданной. Исходя из использованных градаций оценки некоторого параметра *низкий, ниже среднего, средний, выше среднего и высокий*, то при вычислении итогового результата ожидается получить результат *средний* или *близкий к среднему*, если только при оценке параметра не преобладают высокие или низкие критерии оценки. Тогда и распределение полученной в итоге функции принадлежности должно быть приближено к функции, определяющей среднее значение, а это была задана квадратичная функция. Однако доминирующим в полученных функциях принадлежности четырех аспектов ССП оказалось экспоненциальное распределение.

6. Рассмотрим распределение, которое получается для итогового результата $R(X,Y,Z)$ оценки по четырем аспектам ССП. В этом случае следует использовать операцию жесткого пересечения, поскольку компенсация таких параметров как, например, разработка систем мониторинга и участие студентов в спортивных состязаниях, представляются трудно компенсируемыми друг друга. Результирующая функция представлена на рис. 4.9.

Видно, что пик полученного экспоненциального распределения приходится примерно на 50 условных единиц измерения, которые можно интерпретировать как проценты. Исходя из сравнения с результатами, полученными для оценки дипломных работ, можно пред-

положить, что это уровень оценки выше просто хорошего, однако скудность накопленного опыта представляет такую интерпретацию результата на стадии дефазификации недостаточно уверенной. Необходимо большое количество исследований для возможности тонкой настройки системы. Тем не менее, предполагаемая в таком контексте интерпретация результатов дефазификации, приятно обнадеживает.

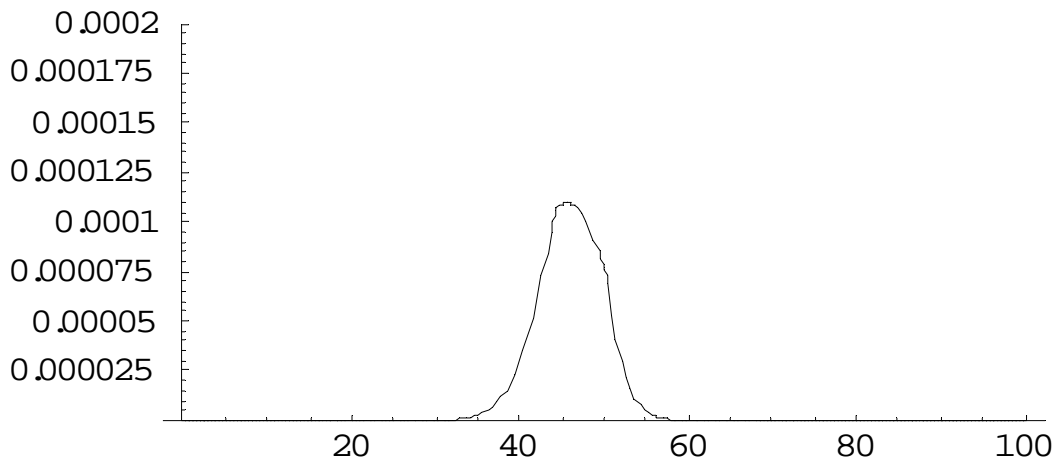


Рис. 4.9. Результирующая функция $R(X, Y, Z)$, полученная как результат жесткого пересечения функций принадлежности промежуточных переменных, соответствующих четырем аспектам ССП

7. Д. Гильберт говорил, что по-настоящему хороший математический результат всегда можно растолковать «человеку с улицы». Попробуем очень просто попытаться растолковать, что же получено в итоге. Полученное распределение говорит об установлении в системе некоторого доминирующего решения – суперпозиции экспоненциальных функций. В начале раздела приведена старинная легенда об озере Байкал и проведено обсуждение почему в водной системе озер и рек устанавливается одно доминирующее решение и система не идет на возникновение бифуркации. Вот и в нашем случае мы получили моду⁸⁸, как основную струю установившегося решения. Тогда, завершая сказку о единственной красавице дочери Ангаре, можно, указав на рис. 4.9, сказать: «Вот красавица – мода решения системы показателей ССП!»

5 Многомерность качества

Отношение есть взаимность. Мое Ты воздействует на меня, как и я воздействую на него. Наши ученики учат нас, наши создания создают нас.

Мартин Бубер

5.1 Введение и цели раздела

Трудно найти ученого, оказавшего столь же сильное влияние на развитие мировой науки и культуры, чем И. Ньютон, один из величайших гениев человечества. Механика Ньютона – краеугольный камень в фундаменте современного естествознания. Опираясь на открытый им закон всемирного тяготения, Ньютон создал логичную и стройную систему мироздания. Большая часть математического аппарата современного естествознания основана на разработанном Ньютоном исчислении бесконечно малых, созданных в XVII веке в связи с успехами на основе современной тогда механики земных и небесных тел (работы Г. Галилея и И. Кеплера). Ньютон понял, что все это множество задач распадается на два класса взаимно обратных задач, которые могут быть сформулированы в общем виде, и ввел понятие флюенты (величины, меняющейся при изменении времени или другой величины) и флюксии (скорости изменения флюенты). Одновременно Ньютон заложил основы аналитической геометрии. Аналитическая геометрия, основанная еще Аполлонием в III в. до н. э., была создана только в XVII веке П. Ферма (1636) и Р. Декартом (1637). Вводя систему координат, оба математика рисовали одну координатную ось (горизонтальную) с помеченным началом отсчета, для второй оси задавалось только направление. Они довольствовались тем, что приводили уравнение к одному из канонических видов, встречающихся у Аполлония, а затем просто пользовались его результатами. И. Ньютон сразу же начал рисовать на чертеже обе оси координат (под произвольным углом друг к другу). Наконец, Ньютон приступил к исследованию кривых третьего порядка, лишь отдельные примеры которых были известны ранее.

Вот, что говорил сам Ньютон о своем творчестве: «Не знаю, как на меня посмотрит мир, но самому себе я представляюсь мальчиком, играющим на морском берегу и приходящим в восхищение, когда ему удастся порой найти более гладкий, нежели обыкновенно, камешек или красивую раковину; между тем, громадный океан сокровенной истины простирается передо мною»⁸⁹.

И, кажется, что человечество всегда будет находиться в той же самой ситуации, чувствуя себя лишь ребенком, который собирает камни, выброшенные на берег океаном.

Собирая камни на берегу океана знаний, будем довольствоваться идеями, заложенными в основе современной науки, и пойдем путем, открытым И. Ньютоном – зададим два направления изменения параметров переменных, входящих в полученную в предыдущем разделе модель системы ССП. Это *первая из целей данного раздела*. Для ее реализации мы продумаем, какие соотношения зададут направления изменения многомерного качества образования.

Итак, И. Ньютон изобрел дифференциальные уравнения – одно из основных орудий математического естествознания. Заметим, что задачи, по существу приводящие к дифференциальным уравнениям, появлялись и до Ньютона, однако решать их умели лишь признанные гении, такие как президент французской Академии наук Х. Гюйгенс (1629—1695) и учитель Ньютона, математик и богослов, проповедник английского короля И. Барроу (1630— 1677). После Ньютона их решают любые студенты, и даже школьники.

Теория дифференциальных уравнений перерабатывает вопросы естествознания в геометрические задачи о кривых, определенных векторными полями подобно тому, как декартов метод координат превращает вопросы об алгебраических уравнениях в задачи о линиях и поверхностях.

Чтобы изучить какой-либо процесс, нужно, прежде всего, уметь описывать множество всевозможных состояний этого процесса. Зададимся *второй целью раздела*: посмотрим, как возможно представить реализацию в нашем случае модели ССП в виде поверхностей и получим для них алгебраические выражения.

Например, состояние плоского маятника тоже описывается двумя параметрами, например углом отклонения от вертикали α и угловой скоростью маятника $\dot{\alpha}$ (см. раздел 1 данной работы). Однако множеством состояний здесь будет не плоскость, а цилиндрическая поверхность. Множества состояний процесса в теории дифференциальных уравнений называют *фазовыми пространствами*. Каждая точка фазового пространства (*фазовая точка*) изображает состояние процесса. Само течение конкретного процесса изображается линией в фазовом пространстве; эти линии называются *фазовыми траекториями*. В рассматриваемой задаче не участвуют дифференциальные уравнения, но описание хода процесса как линии подходящего фазового пространства часто оказывается чрезвычайно полезным. Поскольку начальное состояние рассматриваемых нами процессов определяет их будущий ход, оно определяет и скорость изменения состояния, то есть

скорость движения фазовой точки. Финальной целью данной работы *и третьей целью раздела* будет построение трехмерной поверхности, соответствующей некоторому состоянию рассматриваемого процесса проектируемой модели мониторинга качества образования, которому мы можем приписать начальное в последующем исследовании, выходящим за рамки текущей работы.

5.2 Продукция вуза и многомерная модель качества образования

Качество – это степень соответствия присущих отличительных свойств объекта (продукции, процесса, системы, системы менеджмента качества и др.) потребностям или ожиданиям, которые установлены, обычно предполагаются или являются обязательными⁹⁰. Такое определение качества включает многомерность данного понятия. В своей работе⁹¹ Липидус В.А., рассматривая историю развития управления качеством со времени возникновения массового производства материальной продукции, выделяет два направления развития управления качеством: обеспечение производства качественной продукции (от простейших методов контроля готовой продукции до современных методов универсального менеджмента качества), предоставление потребителю гарантий качества приобретаемой продукции (до сертификации систем качества).

Следует подчеркнуть что, несмотря на существование требований к качеству со времен цивилизаций древнего мира, активно развиваться управление качеством продукции стало лишь с начала массового производства готовой продукции. В настоящее время культурологи отмечают изменение социокультурных отношений, говорят о формировании префигуративной культуры. Бурное развитие информационных технологий, беспрецедентные темпы изменения информационного пространства приводит к огромным темпам изменения в жизни, созданию единой коммуникативной сети. В этом процессе возникает необходимость для современного человека постоянно адаптироваться к социально-экономическим преобразованиям, быть социально и профессионально мобильным, изменять профессию или дополнять профессиональные навыки новыми знаниями (например, курсы MBA, IBM и т.п.). Следствием развития общества проявляются новые требования к высшему образованию, которое, как и производство более века назад, становится массовым, что приводит к необходимости внедрения понятий и методов управления качеством, развитых на производстве, в сферу образовательных услуг⁹².

Кроме того, к активному развитию управления качеством подталкивает и вступление России в Болонский процесс в сентябре 2003

года, который является самой значительной структурной реформой высшего образования Европы. Она направлена на создание к 2010 г. открытого европейского образовательного пространства, расширение мобильности студентов, преподавателей и исследователей, повышение потенциала трудоустройства выпускников, рост конкурентоспособности и привлекательности европейских вузов. Присоединение России к Болонской конвенции по высшему образованию обязывает образовательные учреждения создавать вызывающие доверие у потребителей системы оценки знаний и качества самих образовательных систем⁹³.

Решая задачу повышения качества выпускаемой продукции, которая по современным определениям может быть как материальным продуктом, так и нематериальным, вузу прежде всего, необходимо определиться с конечной продукцией, которую он выпускает. Рассматривая вопросы управления качеством образования с позиций менеджмента качества, В.А.Качаловым в 2000 г. обозначены основополагающие термины и определения в этой области⁹⁴. С его точки зрения результатами деятельности вузов являются (рис. 5.1):

- образовательные услуги;
- научно-техническая продукция;
- интегрированная продукция на базе научно-технической продукции и образовательных услуг;
- учебно-методическая продукция.



Рис. 5.1. Продукция вуза

Представление о качестве зависит от личных взглядов и убеждений сотрудников и клиентов вуза. Например, некоторые преподаватели утверждают, что качество интуитивно понятно всем, но его невозможно измерить. Поэтому лучше не строить автоматизированных систем, а возложить решение проблемы на плечи опытных профессоров. Такая позиция сформирована вековым развитием университетской системы образования, но, с другой стороны, изменяющаяся объективная реальность окружающего мира требует определения качества в конкретных терминах и понятиях: в стоимости основных фондов вуза, в количестве диссертационных советов и профессоров с учеными степенями и т.д. Обе эти позиции имеют право на существование, но они представляют небольшой интерес с точки зрения менеджмента вуза и не вполне соответствуют требованиям современной философии качества, которая понимает систему управления качеством образования как многомерную систему, элементы которой по-разному определяются, исходя из разных интересов.

Основываясь на опыте промышленности, можно выделить четыре уровня качества на соответствие изделия стандарту, применению, стоимости и скрытым потребностям (рис. 5.2).

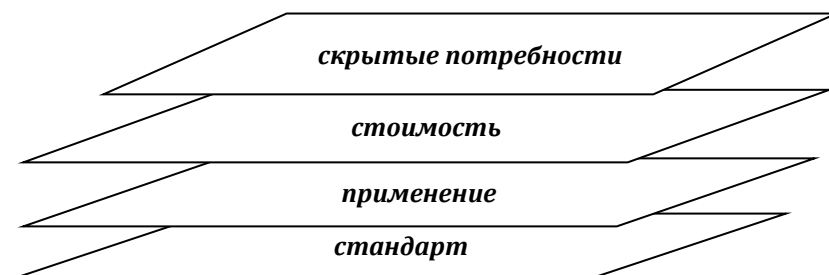


Рис. 5.2. Четыре уровня качества

Если при изготовлении продукции не выполнен стандарт, то изделие можно просто выбросить. Соответствие применению подразумевает, что изделие должно выполнять функции, требуемые от него потребителем (а не производителем или стандартом). Продукция не должна стоить дороже соответствующих аналогов, если потребитель может приобрести продукцию с аналогичными свойствами по более низкой цене, производитель теряет своего клиента. Самым сложным является соответствие скрытым потребностям, поскольку их очень трудно выявить и понять, но не способность организации услышать голос потребителя ведет к потере потребителя в будущем. Следует отметить, что, несмотря на кажущуюся сложность понимания скрытых потребностей, производитель в своих стратегических целях может сформировать эти потребности. Например, бурное развитие рынка

мобильных телефонов представляет собой пример формирования новых потребностей у клиентов компаниями производителей телефонных аппаратов и операторами сотовой связи⁹⁵.

Можно провести аналогию очевидных для любого потребителя требований к готовой продукции с учетом двух исторически сложившихся направлений на качество создания готовой продукции (ориентированного на внутренние процессы организации) и на предоставление потребителю гарантий качества приобретаемой продукции (услуги) для сложного случая образовательных услуг. Такая аналогия позволит показать многомерность понятия качества и определить на четырех представленных уровнях два основных аспекта качества образовательных услуг.

1. Первый уровень качества – это соответствие требованиям, сформулированным потребителями продукции и услуг вуза или определенным государственным стандартом. Государственные образовательные стандарты высшего профессионального образования определяют образовательный минимум содержания основных образовательных программ, максимальный объем учебной нагрузки обучающихся, требования к уровню подготовки выпускников. Данные стандарты устанавливаются органами государственной власти (управления) и выступают основой объективной оценки уровня образования и квалификации выпускников независимо от форм получения образования.

1.1. На уровне соответствия стандарту направление на внутренние процессы полностью обеспечивается профессорско-преподавательским составом и его компетентностью. Такое интуитивно чувствуемое качество, основанное на взаимодействии между «исполнителем» учебного процесса и произведенной «продукцией». Хотя качество преподавания трудно измерить в часах проведенных занятий или опубликованных научных работ, создание и совершенствование учебных планов отчасти уменьшает эту неопределенность.

1.2. Другое направление соответствия стандарту ориентировано на потребителя. Продукция вуза востребована всем обществом в целом, в лице принимающей на работу выпускника фирмы, а в дальнейшем ее клиентами. Все общество заинтересовано в грамотных высокоморальных учителях, квалифицированных врачах, ответственных инженерах, не устраивающих экологических катастроф и т.д. Система аттестации вузов представляет собой механизм контроля качества, основанный на соответствии требованиям государственных и региональных стандартов. Этот подход поддерживается обществом по ряду причин:

- во-первых, теоретически он позволяет «развеять дымовую завесу» вокруг некоторых вузов, рекламные действия которых не соответствуют реальным успехам в сфере качества образования;
- во-вторых, аттестация высшего учебного заведения создает в обществе уверенность, что работа вуза отличается приемлемым качеством.

Вместе с тем простое соответствие минимальным стандартам предоставляет вузу небольшие стратегические преимущества, т.к. многие показатели качества не оцениваются аттестационной комиссией. В результате вуз может соответствовать стандартам аттестационных комиссий и не соответствовать стандартам качества, распространенным в среде студентов, родителей, работодателей и других клиентов высшей школы. Другими словами может не удовлетворять потребителя, пренебрегая потребностями рынка.

2. Второй уровень качества – это соответствие применению.

2.1. Знание предметов и профессиональная компетентность студентов представляют собой элементы качества, которые поддаются измерениям. Качество рассматривается как четкая и измеряемая переменная, как, например, средний балл выпускника вуза. Возможно, главной ценностью этого подхода является то, что он позволяет перейти от интуитивных представлений к измеряемым критериям. Несомненное преимущество данного подхода к качеству состоит в том, что он является стратегическим. При этом оценка должна быть объективной и независимой, что не всегда характерно для современной высшей школы.

2.2. Качество определяется рейтингом вуза. Министерство образования использует подобные критерии качества, когда определяет объемы бюджетного финансирования вузов. Однако, слабость конкурентного преимущества основанного на соответствии применению представляет собой серьезный недостаток такого понимания качества. Поэтому, необходимо осуществить переход от контроля качества к созданию качества.

3. Определяя третий уровень качества применительно к образованию, аргументируем, что качество образования определяется уровнем одновременного соответствия стандартам и стоимости. Подход к качеству на основе затрат подразумевает действительную стоимость товара или услуги, исходя из их качественных характеристик. Следует подчеркнуть, что понятие «потребитель» не ограничивается студентами и родителями. У высшего образования много клиентов, как внешних, так и внутренних (подразделения вуза, сотрудники, общество), где каждый участник этих групп обладает своим собственным законным пониманием качества, которое пригодно к использованию.

3.1. В плане ориентации на внутренние процессы организации внутренний потребитель – сотрудник должен испытывать удовлетворение от произведенного труда, тогда качество образовательных услуг возрастет в неизмеримых и трудно прогнозируемых масштабах.

3.2. Для лиц, связанных с финансированием или оплатой образования высококлассная образовательная услуга по разумной цене представляется более качественной, чем такая же услуга по более высокой цене, сложившейся благодаря различиям в затратах. Эта позиция связана с участием внешнего потребителя в оценке качества образования. В таком случае принимаются во внимание предпочтения потребителей и возможности «исполнителя» процессов (поставщика) соответствовать их желаниям.

Подход на основе участия потребителя очень субъективен. Каждый сам решает, какой продукт или услуга отличаются наивысшим качеством, определяя их пригодность к использованию. Изучение восприятия студентами и родителями качества образования важно для будущего развития университета.

4. Соответствие скрытым потребностям клиентов.

4.1. Развитие фундаментальных, не всегда востребованных рынком научных направлений сотрудниками и преподавателями.

4.2. Высшая школа должна предугадывать будущие, еще не осознанные запросы потребителей. Вузу необходимо участвовать в формировании требований внешнего потребителя в оценке качества или, другими словами раскрытию совести участников образовательного процесса как активно проявляемой компетенции в процессах социального взаимодействия.

Предложенная система понимания многомерности качества образовательных услуг представлена на рис. 5.3.

Очевидно, что высшее образование не может позволить себе роскошь использования суженых определений качества. Качество образования, качество вуза – понятия многомерные и многоаспектные. Понятие многомерного качества распространяется выше традиционной идеи качества, которая выражается в степени соответствия стандарту содержания учебных программ или уровне экзаменационных оценок студентов вуза. Язык многомерного качества должен стать общепринятым языком общения в университете. Концепция многомерного качества предполагает использование огромного количества показателей качества, поэтому практическая реализация идей управления многомерным качеством возможна только при комплексной компьютеризации всех сфер деятельности вуза и автоматизации сбора данных о всех показателях качества.

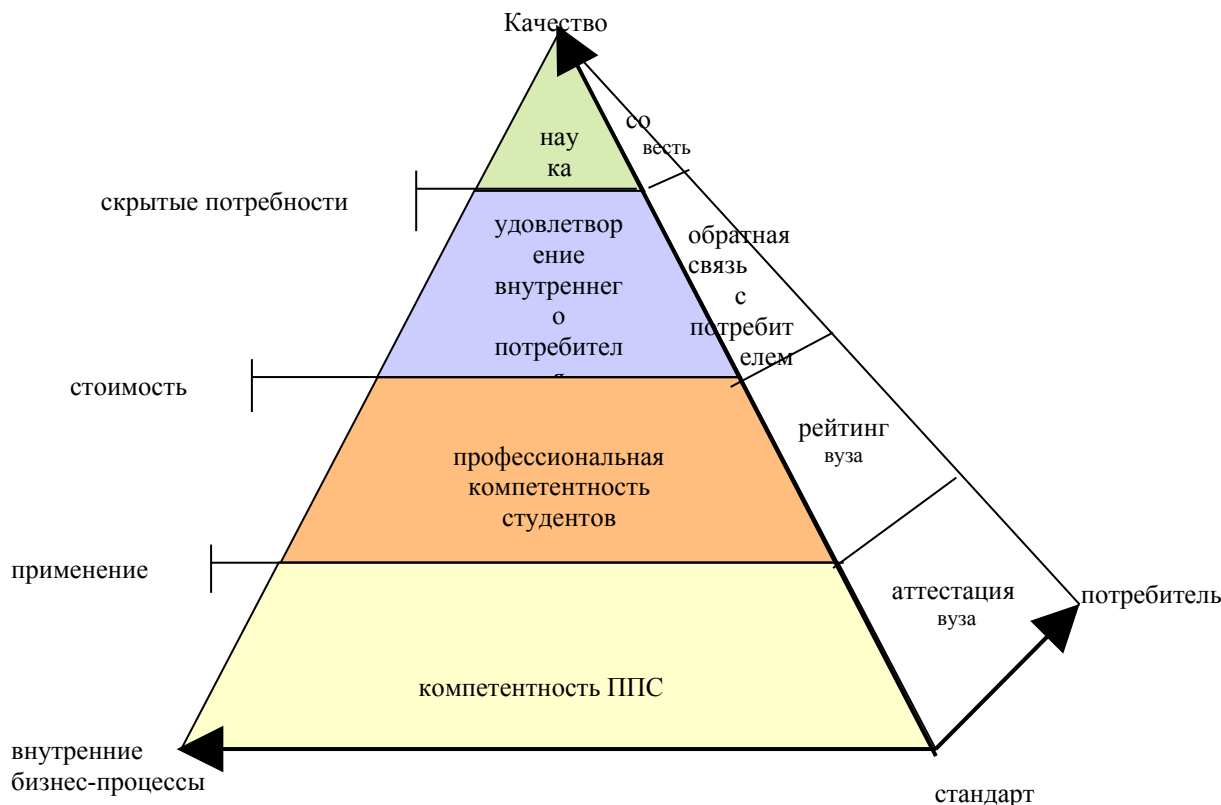


Рис. 5.3. Многомерное качество образования

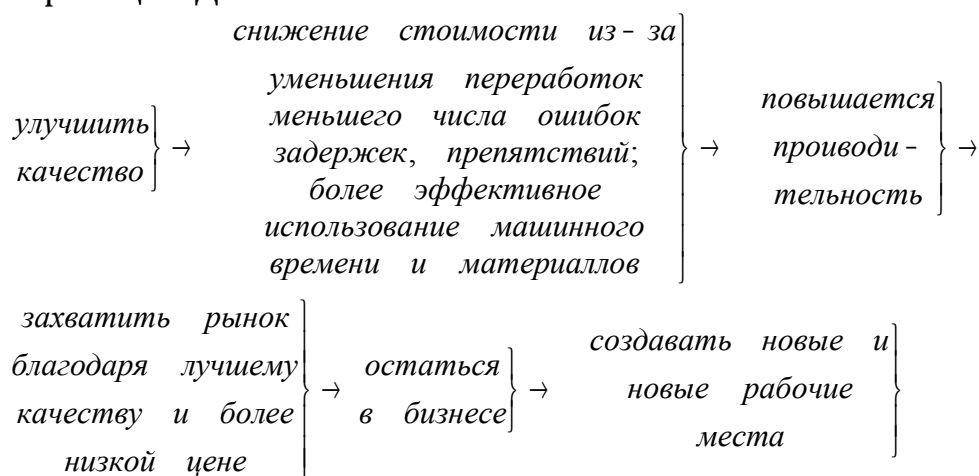
5.3 Моделирование поля качества

Основываясь на проведенном проектировании многомерного качества, применим основные предпосылки разделения частных показателей качества для формирования трехмерной структуры «поля качества». В спроектированном дереве вывода (рис. 5.4) проведено два объединения ветвей дерева, в результате чего для каждой из промежуточных переменных X , Y , Z , Q получено две промежуточных входящих, которые мы обозначили соответственно индексами a и b . В некотором смысле они аналогичны двум традиционно выделяемым направлениям обеспечения качества, исходящим из основы рыночных взаимоотношений поставщика и потребителя. Это направления, названные нами направлением на внутренние бизнес-процессы и на предоставление потребителю гарантий соответствия качества поставляемой продукции предъявляемым требованиям. Для показателя X (обучения и развития) выделим группу показателей x_a (студенты) как направление во внешнюю среду организации (наружу), а направление, описываемое группой показателей x_b (профессорско-преподава-

тельский состав) будем считать направлением на внутренние бизнес-процессы организации, поскольку обучение и развитие собственных кадров внутри образовательной организации является ее социально-нравственным обязательством за сохранение и репродукцию социального капитала, сохранение и ретрансляцию основных общечеловеческих нравственных, национально-исторических ценностей. В такой интерпретации получим в результате операции мягкого логического пересечения структуру, представленную на рис. 5.4 а.

Проведем аналогичные рассуждения для показателя взаимоотношений Y . Проведенное в этом аспекте объединение изначально объединяет группу частных показателей показателя u_a , включающую переменные $u_1 - u_6$ и оценивающий показатели оценки эффективности взаимодействия с внешними потребителями и u_b , объединяющий группу $u_7 - u_{10}$, и относящийся к оценке взаимоотношений внутренних потребителей организации, включающих сотрудников вуза, преподавателей и студентов или иных обучающихся в организации групп. Сохраним этим направлениям использованные ранее названия «*Students*» – соответствующий направлению «наружу» и «*Professors*» – «внутри» (рис. 5.4 б).

Для показателя Z аспекта внутренней деятельности две группы показателей также соответствуют направлениям «наружу» по показателям учебной и научной деятельности, а также процессам менеджмента, поскольку это основные составляющие продукции вуза предоставляемые заинтересованным сторонам в результате осуществления вузом своей лицензированной деятельности; «внутри» включающий переменные оценивающие показатели оценки финансовой деятельности (рис. 5.4 в). Поскольку это одна из составляющих цепной реакции Деминга⁹⁶:



Такой подход к организации основных бизнес-процессов любого предприятия основывается на ориентации на клиента, которая подразумевает, что взгляд со стороны производителя продукции и ее потребите-

ля на качество отличаются. Они по-разному измеряют ценность и стоимость продукции. Компании, как правило, измеряют величину ценности своей продукции на основе затрат на производство. Это подразумевает, что для компании цена и ценность продукции имеют одно и то же значение. Прежде чем купить продукцию, потребитель делает ее оценку, основываясь на следующих составляющих: ценность, которую покупатель назначает продукции исходя из ее способности удовлетворить его потребности и решить его проблемы и стоимость, которую должен заплатить потребитель, покупая и используя продукцию (цена, эксплуатационные расходы и издержки вследствие неисправностей). Это современное понятие включает прибавочную стоимость, «пойманную с полочным» К. Марксом в его работе «Das Kapital»⁹⁷.

Пересечение функций принадлежности, полученных для группы Q (виды деятельности) и объединенных с целью последующей пространственной развертки, группы частных показателей учебной и научной деятельности и процессов менеджмента, были заранее спроектированы для представленного поля (рис. 5.4 г). В данной группе ориентацией «наружу» включаем показатели оценки бизнес процессов по причинам уже очевидным после вышеизложенных рассуждений, а направление «внутри» составляют вспомогательные процессы, объединяющие обеспечивающие процессы и процессы менеджмента.

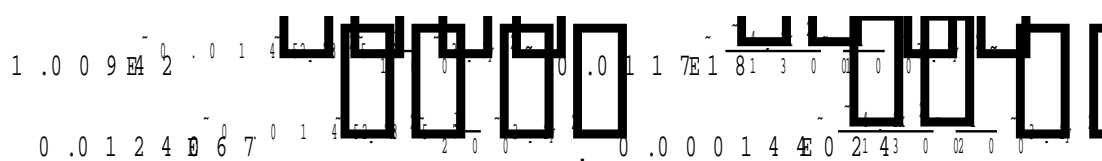
Поскольку полученные в предыдущем разделе графики функций принадлежности входных переменных X, Y, Z, Q получились сильно различающимися по максимальным значениям, для того, чтобы избежать доминирования функции принадлежности одного из аспектов, проведем преобразование соответствующих субнормальных нечетких множеств и получим четыре нормальных множества, для которых выполняется условие:

$$\sup_U \mu(x) = 1.$$

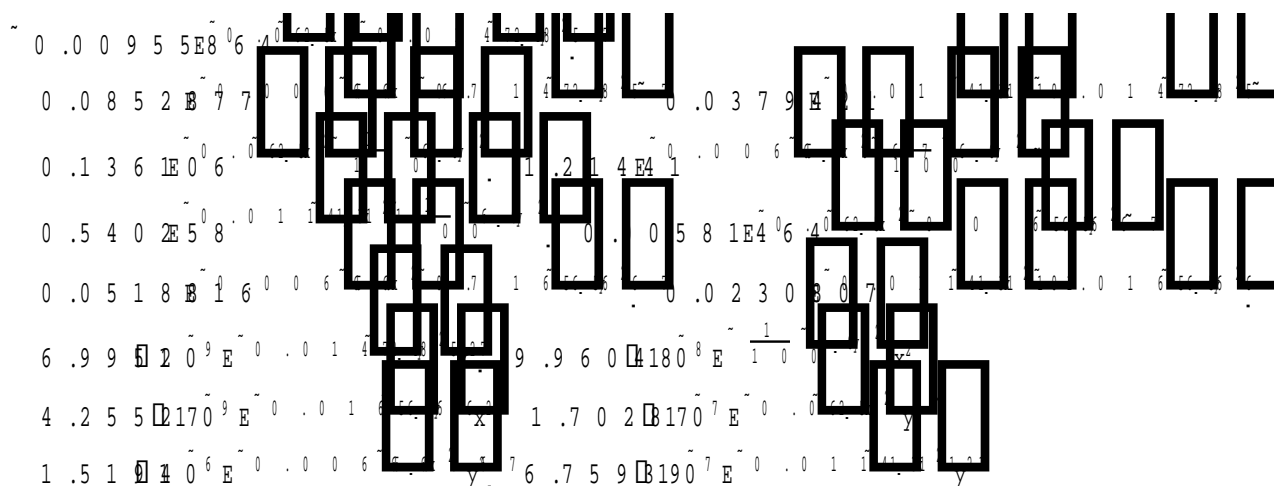
Для получения такого множества проводим ряд преобразований, в результате которых получаем выражения для функций принадлежности:

$$\mu_x(x, y) =$$

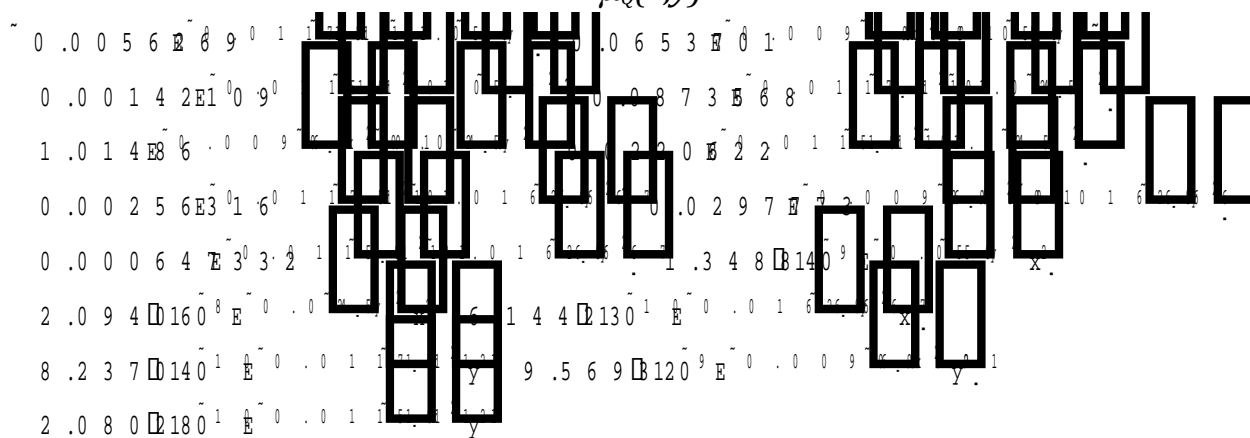
$$\mu_y(x,y)=$$



$$\mu_z(x,y)=$$



$$\mu_q(x,y)=$$



Не допуская возможности компенсации показателей проведем классическую операцию объединения полученных множеств. В результате получим поле, представленное на рис. 5.5. Это поле результирующего взаимодействия всех показателей, которые были разработаны при проектировании сбалансированной системы показателей в 3 разделе. Это довольно сложное поле, интерпретация результатов мониторинга по которому будет, скорее всего, мало информативна. Главное, для чего проведено обсуждение многомерного качества в начале данного раздела, обращает на себя внимание: это только первый уровень качества – соответствие стандарту. Для того чтобы построить та-

кое поле, которое действительно покажет особенности свойственные оцениваемой системе образования необходимо внести в него векторные переменные, задав принудительную ориентацию каждого показателя от соответствия стандарту на формирование скрытых потребностей.

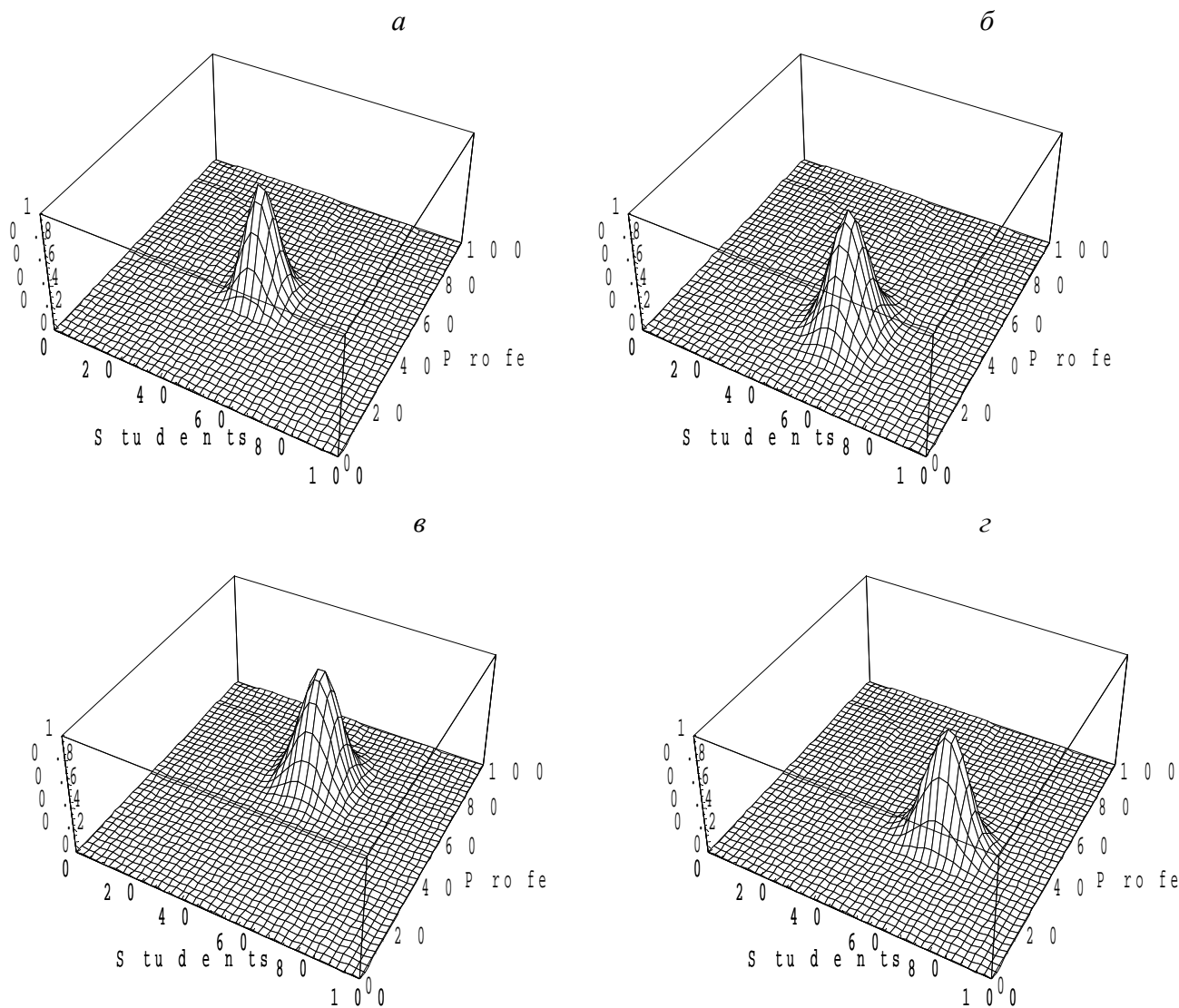


Рис. 5.4. Трехмерные графики нормированных функций принадлежности:
 а) для показателя X (обучения и развития) «Students» x_a и x_b «Professors»;
 б) для показателя Y (взаимоотношений) «Students» y_a и y_b «Professors»;
 в) для показателя Z (обучения и развития) «Students» z_a и z_b «Professors»;
 г) для показателя Q (обучения и развития) «Students» q_a и q_b «Professors».

Сложно рассматривать вопрос о формировании скрытых потребностей, поскольку они еще не высказаны потребителем. Однако в на-

шем случае путь разработки такой модели в принципе понятен – это развитие фундаментальной университетской науки в области ориентации на внутренние процессы организации и формирование высоких нравственных качеств всех слоев населения, регулярно получающих образовательные услуги как социальное благо.

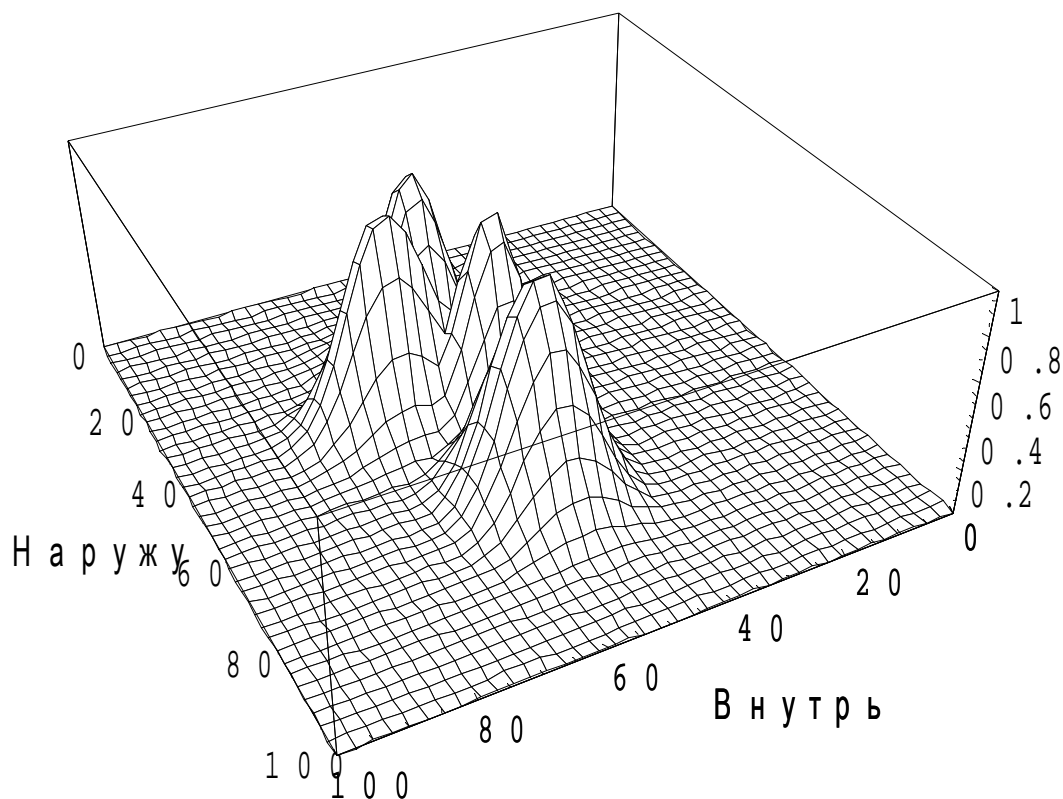


Рис. 5.5. Результат R объединения входящих переменных X, Y, Z, Q .

Это обоснованно, поскольку качество образования определяется совокупностью связей, отношений, мотиваций, политических факторов в образовательном процессе конкретной страны в конкретных исторических и геополитических условиях. На качество образования определяющее влияние оказывают экономический, научно-технологический потенциалы и вообще уровень жизни в стране. Кроме того, оно зависит от общего социокультурного развития общества, определяющего тип государственной формационной специфики. В зависимости от устройства государства и общества, доминирующей в нем идеологии, его духовности и ценностей, образование призвано формировать общественные и гражданские качества как обучаемого, так и обучающего. Отметим, нельзя говорить о качестве образования, если оно

неспособно формировать высокие нравственные установки обучаемого человека.

5.4 Выводы

Таким примером силлогизма (умозаключения) начинался в свое время почти каждый учебник логики:

"Все люди смертны".

"Сократ – человек".

"Следовательно, Сократ смертен".

Можно сказать: «Конечно, невелика наука, все просто».

Вот вам еще пример (в замечательное пьесе Э. Ионеско «Носороги» его изрекает малоприятный персонаж, так и именуемый: «логик»):

1. *Все кошки смертны.*
2. *Сократ смертен.*
3. *Следовательно, Сократ – кошка.*

Важнейший вопрос для логики – это вопрос истинности, однако, логику интересуют не столько сами по себе истинность и ложность отдельных утверждений, сколько, прежде всего, *связь между различными утверждениями, законы (правила), согласно которым из одних истинных утверждений можно с полной уверенностью получать новые истинные утверждения, то есть, нормы правильных рассуждений.*

Таким образом, современной логикой объявили булеву алгебру, построив на ее математических основах современный компьютер. Однако каждая логика, обладая несомненными достоинствами, обладает и недостатками. Можно смело утверждать, что все эти логические функции "И", "ИЛИ", "НЕ", "ЕСЛИ..., ТО" – обман простых людей, на что своевременно указал Клини. Он с грустью констатировал, что в этой логике два предложения⁹⁸:

1) *Мэри вышла замуж "И" родила ребенка.*

2) *Мэри родила ребенка "И" вышла замуж.*

будут равносильными. Разница между реальным смыслом результирующего высказывания очевидна. Подобные рассуждения могут быть оппозиционным взглядом на результаты данного исследования.

Определимся с основными выводами раздела.

1. Получена математическая модель сложной социальной системы, состоящей из большого числа элементов, связанных сложными причинно-следственными связями. Каждая модель, даже несовершенная, представляет собой движение в направлении разработки совершенной модели. Например, блестящие модели механики Ньютона, составив основу для современной физики, алгебры геометрии, вообще всего естествознания и даже всего мировоззрения, включая филосо-

фию и др., на самом деле не точно описывают механические процессы. Долгое время полагали, что для моделей окружающего нас макромира модели являются усреднением микрочастиц, движения составляющих изучаемые тела. За счет усреднения накапливается ошибка, но для микромира механика Ньютона будет абсолютно точной. Теперь хорошо известно, что для движения микрочастиц эти законы вообще не применимы, так же, как и основные понятия механики, а когда это было удивительным.

2. На основе большого количества работ, посвященных качеству образования, спроектирована схема, достаточно полно охватывающая многомерное качество. В основу положено определение качества по российской версии международного стандарта ИСО, определяющего качество как степень соответствия характеристик требованиям. Характеристика – отличительное свойство. Требование – потребность или ожидание, которое установлено, обычно предполагается или является обязательным⁴⁸. Для системы координат был использован давно известный, но редко используемый при определении понятия качества квадрат качества В.А. Лapidуса⁹¹. Однако в данной работе направления заложены, исходя не из истории развития промышленности, а проведено выстраивание новой системы, предназначенной для образования. Дальнейшее развитие этого подхода производится путем применения данной схемы для четырех уровней и заданием третьего направления – на удовлетворение скрытых потребностей. Скрытые потребности – это очень важная составляющая качества применительно к высшему образованию. Поскольку высшее образование работает для своего социального окружения, оно обязано нести ответственность за воспроизводство социального капитала. Размышляя о сложной судьбе родины, выдающийся русский философ И. А. Ильин в своей статье "Спасение в качестве" утверждал, что ныне верить в национальное возрождение России – значит верить в грядущую победу качества, в победу верности над предательством, знания над невежеством, труда над хищничеством, воли над страстью. И нет возможности выстроить систему мониторинга качества, не ориентируясь на создание качества, ориентироваться на создания качества без формирования внутренней потребности в высоком качестве жизни во всех ее проявлениях, поскольку в глобальном смысле разбитые дороги и грязные подъезды – это тоже проблема высшего образования, а точнее его не выполненная миссия, попросту брак.

3. Проведена оригинальная работа по проектированию «поля качества». Данная работа выполнена для первого уровня – соответствия качества стандарту. Однако уровень соответствия стандарту также был расширен достаточно обоснованно, руководствуясь сбалансиро-

ванной системой показателей и результатами, полученными в 3 и 4 частях данной работы. Эта работа может иметь очень серьезное значение, поскольку для сложной проблемы качества продукции вуза разработано некоторое наглядное представление, значительно превышающее по комплексности характеристик традиционные лепестковые диаграммы, статистические методы и т.п. Спроектировано и представлено трехмерное пространство, отображающее бесконечномерное количество линейных пространств входных характеристических функций нечетких лингвистических переменных, соответствующих параметрам качества. Поддавшись очарованию таинственной картины «поля качества», проиллюстрируем его загадочным восьмистишьем⁹⁹ О. Мандельштама:

*И я выхожу из пространства
В запущенный сад величин,
И мнимое рву постоянство
И самосогласье причин.*

*И твой, бесконечность, учебник
Читаю один без людей –
Безлиственный, дикий лечебник,
Задачник огромных корней.*

Руководствуясь оригинальными архетипами он не знал современную физику, для которой «запущенные векторные поля» с трудом раскручиваются с помощью «бесконечномерных линейных пространств» и которой так тяжело рвать причинно-следственные связи. Проведенное в текущей работе исследование представляет возможность проанализировать их взаимодействие, формирование и развитие.

4. Даже беглый взгляд на полученное поле позволяет ожидать впечатляющие результаты. Спроектированное поле, во-первых, определяется экспоненциальными функциями, что уже понятно и ожидаемо по итогам четвертого раздела, во-вторых, это поле представляет собой гладкую поверхность с особенностями. Большинство реальных объектов ограничено гладкими поверхностями. Поэтому постоянно приходится проводить обработку отображений гладких поверхностей на плоскости, например на сетчатку глаза. В 1955 г. Х. Уитни опубликовал работу «Об отображении плоскости на плоскость», заложившей основу новой математической теории – теории особенностей гладких отображений¹. Теория особенностей Уитни и теория бифуркаций динамических систем Пуанкаре и Андронова заложили основу теории

¹ Отображение поверхности на плоскость – это сопоставление каждой точке поверхности точки плоскости

катастроф², этот термин изобретен для привлечения внимания исследователей, управленцев и всего общества к очень важным математическим достижениям (теории особенностей гладких отображений и теории бифуркаций динамических систем). Первые известия о новой теории в западных средствах массовой информации говорили о перевороте в математике, сравнимым, разве что, только с изобретением Ньютоном дифференциального и интегрального исчисления. Утверждалось, что новая наука для человечества гораздо ценнее, чем математический анализ: в то время как ньютоновская наука позволяет исследовать лишь плавные, непрерывные процессы, теория катастроф дает универсальный метод исследования всех скачкообразных переходов, разрывов внезапных качественных изменений. В начале 70х годов прошлого века эта новая теория сделалась чрезвычайно модной. Математические работы основоположника теории катастроф Р.Тома были переизданы массовым тиражом в карманной серии – событие, которого не было в математике со времен возникновения кибернетики. Позже появилась обоснованная критика на шумевшей теории. В настоящее время теория катастроф обладает развитым математическим аппаратом, позволяющим применять ее для решения практических задач в различных областях человеческой деятельности, таких как исследование устойчивости конструкций, гидродинамике, аэродинамике, электродинамике, физике лазеров и многих других задачах, связанных с исследованием перестроек поверхностей полей.

Полученная поверхность имеет особенности, которые могут быть исследованы с применением теории особенностей гладких отображений на предмет наличия на фронте поля ростков катастроф типа складки и сборки, наличие и форма которых дает возможность предположить о возможных преобразованиях данного поля при отображении на различные поверхности.

Можно сказать, что наше сильно различающееся восприятие сложного многомерного качества образования связано именно с взглядом, как отображением гладкой поверхности поля, определяющего понятие на личную субъективную «сетчатку» восприятия проблемы.

5. Анализируя сложный полученный в работе опыт, нужно применить для решения задачи моделирования поля много мерного качества дедуктивный метод, и пойти от сложного к простому. Полученная сложная взаимосвязь параметров, говорит о необходимости ее учесть раньше, чем приступить к построению сложного многомерного поля качества. Нужно изменить измеряемость самих частных показа-

² Катастрофами называются скачкообразные изменения, возникающие в виде внезапного ответа системы на плавное изменение внешних условий

телей: измерять каждый из них по трем направлениям (рис.5.6) и сделать их зависящими не от линейной переменной, а от радиус-вектора:

$$r = r \cdot \exp(I \varphi)$$

Тогда модель измеряемости самого параметра исключит проблему, которую была поставлена перед обсуждением выводов по данному разделу, когда обсудили комбинацию высказываний о событиях в жизни Мери, которая основана на свойствах операций нечетких множеств. Математические основы такого представления параметров лингвистических термов тоже известны – это алгебры Клини.

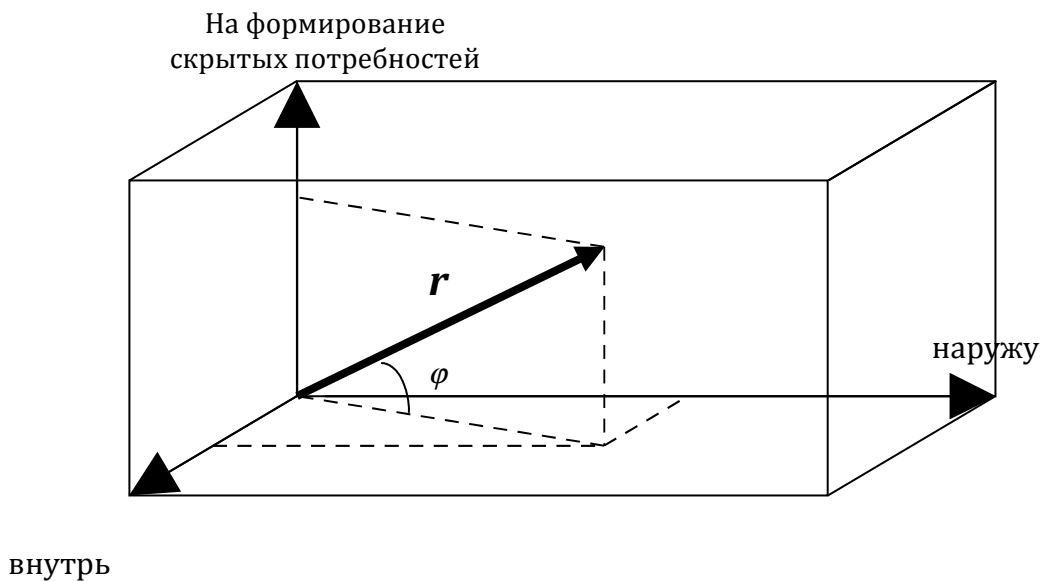


Рис.5.6. Модель разработки многомерных частных показателей качества

Кроме того, в результате будет получено векторное поле, которое позволит достаточно легко внести зависимость от времени, основанную на победе воли над страстью, знания над невежеством, совести над предательством – победе качества.

Заключение

Как же дерзнули мы включить в мир основного слова то, что лежит за пределами речи?

Мартин Бубер

Проведенные исследования основываются на изучении большого объема научной литературы различных дисциплин, ориентированных, с одной стороны, на управление (прежде всего менеджмент качества и сбалансированная система показателей), а с другой стороны, на математическое моделирование, аналогичное моделям естественнонаучных дисциплин. Опыт применения математических знаний в области математического моделирования динамики сложных лазерных полей и их анализ с применением математического аппарата теории катастроф¹⁰⁰¹⁰¹¹⁰²¹⁰³ позволяет особенно отметить, что обсуждение аспектов моделирования систем управления мониторингом качества высшего образования ориентировано именно на возможность применения знаний по анализу перестроек лазерных полей к более сложным – социальным системам. Приведем основные выводы, полученные в результате выполненной работы:

1. Проанализирована применимость математической логики для проектирования модели снижения уровня субъективизма при оценке дипломных работ. При этом итоговая оценка была получена как результат применения матрицы соотношений. Разработана система проектирования совместимости последовательности лингвистических выражений. Результаты полученной системы знаний о соотношениях суперпозиционных выражений предназначены для дальнейшего использования при моделировании систем оценок качества.

2. Для построения моделей оценок качества образования на примере развития полученной модели определения качества выполненной дипломной работы показана возможность применения теории нечетких множеств и рассмотрен конкретный пример. Полученные результаты показывают согласованность результирующей оценки, принятой на модели, использующей нечеткую логику с применением заданных функций принадлежности с экспертными представлениями об истинности логических заключений и ее адекватность профессиональным знаниям и простому здравому смыслу.

3. Разработанная модель отвечает не только требованиям активного развития экспертных и интеллектуальных систем мониторинга качества, продиктованным изменением экономических и социокультурных отношений, но и требованиям, предъявляемым к образованию задачами, исходящими из постепенной смены доминирующей образовательной парадигмы. Полученная модель может быть исполь-

зована при разработке учебного процесса, ориентированного на формирование компетентностного содержания учебных дисциплин и ФГОС ВПО третьего поколения и квалификационных характеристик специальности, отвечающих необходимости воспитания ключевых социальных компетенций, описанных в материалах Болонского процесса.

4. Для оценки качества применена известная и хорошо зарекомендовавшая себя в промышленности сбалансированная система показателей. Для вуза в данной работе четыре аспекта традиционной ССП были трансформированы, основываясь на разработанной в муниципальной системе управления, испытанной в скандинавских странах, на основе введенных секторов «вчера – сегодня – завтра» и в данной работе заменены:

- финансовый аспект – на внутреннюю деятельность, поскольку результаты внутренней деятельности организации «вчера» оказываются информативны в финансовых показателях деятельности;

- аспект рынка – на взаимоотношения, так как в интересах общества обеспечить достаточное количество людей с необходимыми компетенциями;

- аспект управления – на виды деятельности, учитывая сложность и перекрестность процессов образования.

- развитие также соответствует программам обучения, развития и роста.

5. Разработаны и проведены экспертные опросы в открытой форме методом анкетирования. В результате интерпретации результатов полученных данных для трансформированной с целью адаптации к вузу сбалансированной системы показателей, разработаны показатели для четырех аспектов и критерии их оценки, представленные в приложении 3.

6. Представлены результаты анализа этапов построения нечеткого регулятора для реализации цели построения нечеткой базы знаний для проведения комплексной оценки качества работы вуза и его подразделений. При этом описаны и пройдены все этапы нечеткого регулятора.

7. Для построенной модели, трансформированных для вуза аспектов сбалансированной системы показателей, введена нечеткость и сформированы функции принадлежности для оценки показателей по критериям в соответствии с предкоординированной шкалой.

8. Разработан конкретный пример оценки каждого из показателей по критериям и получены выражения для программной обра-

ботки функций принадлежности промежуточных входных переменных.

9. Для всей сбалансированной системы показателей проведено объединение показателей и структурировано с целью построения дерева вывода в виде ориентированного графа.

10. Для основных ветвей дерева вывода получены функции принадлежности промежуточных входных переменных для формирования результирующей оценки посредством специально разработанной программы.

11. Представлены результаты анализа формирования итоговой оценки. Получено выделение доминирующего распределения, позволяющего интерпретировать его как введение понятия моды для математической модели социальной системы.

12. Проведена интерполяция полученных решений и представлены математические выражения функций принадлежности отдельных ветвей дерева вывода, что показывает стремление системы к экспоненциальному распределению функций принадлежности.

13. Исходя из понимания многомерности понятия качества, в силу разносторонности предъявляемых заинтересованными сторонами требований, разработана модель многомерного качества образования, представляющая собой трехмерную модель, в которой выделены два базисных направления, из которых впоследствии сформирована декартова система координат, и четыре слоя, позволяющие выделить ось, ориентированную на формирование скрытых потребностей всего общества в целом, которая должна представлять собой направление вектора эволюционного развития окружающей среды вуза. Для наглядности и простоты модель представлена в виде пирамиды.

14. Для нижнего уровня понятия многомерного качества, соответствующего минимальным требованиям его обеспечения, сформировано поле в виде функции, зависящей от двух базисных координат. Представлены поля для отдельных аспектов сбалансированной системы показателей и для результирующего их объединения в виде итоговой оценки. Показана перспектива изменения оценок параметров и формирования многомерного векторного поля, зависящего от многих параметров.

15. Проведен предварительный анализ полученного поля, показывающий, что возникающей в первой простой математической модели, предназначенной для построения реальной модели мониторинга качества образования, вид распределения позволяет судить о его сложности, требующей применения для его исследования современных математических теорий, таких как теория особенностей гладких отображений и теории катастроф.

Приложение 1
Анкета для сбора данных по подготовке
модели системы критериев оценки деятельности подразделений
ВУЗа

Дата заполнения анкеты «__»_____200__г.

ВУЗ	
Подразделение	
Должность	

1. Какой Вы видите миссию Вашего ВУЗа?

2. Каковы основные цели, достижение которых необходимо для реализации миссии?

3. Предложите возможные показатели эффективности деятельности и критерии их оценки:

3.1. Аспект обучения и развития

Показатель	Критерии оценки

3.2. Аспект на взаимоотношения

Показатель	Критерии оценки

3.3. Аспект на внутреннюю деятельность

Показатель	Критерии оценки

3.4. Аспект на виды деятельности

Показатель	Критерии оценки

Спасибо за участие!

Приложение 2

Разработка критериев оценки качества работы кафедры вуза

Таблица 1.прил.2

Оценка показателей X (обучения и развития)

Частный показатель		Уровни оценки показателей				
		Низкий	Ниже среднего	Средний	Выше среднего	Высокий
x ₁	Прохождение курсов повышения квалификации ППС кафедры	1 раз в 5 лет	1 раз в 5 лет, но при наличии финансовых возможностей вуза и интересных программ может быть и чаще	1 раз в 2 года, но с возможностью прохождения курсов чаще, чем 1 раз в 2 года	1 раз в год	1 раз в год с возможностью прохождения курсов чаще при наличии обновляющихся интересных программ, личной заинтересованности преподавателя
x ₂	Посещение семинаров, тренингов ППС кафедры	Нет	Семинары, тренинги посещаются по указанию руководства вуза, кафедры	Посещаются, но не чаще, чем 1 раз в 5 лет	1 раз в год, только соответствующие специализации	посещаются чаще, чем 1 раз в год, так как предлагаются новые, полезные, своевременные семинары, тренинги
x ₃	Участие ППС кафедры в конференциях	Нет вузовских конференций	Нет участия в конференциях (менее 50% ППС)	Участие ППС в вузовских конференциях	Участие ППС в российских конференциях	Участие ППС в международных конференциях

**Таблица 1.прил.2 (продолжение)
Оценка показателей X (обучения и развития)**

Частный показатель		Уровни оценки показателей				
		Низкий	Ниже среднего	Средний	Выше среднего	Высокий
x ₄	Новые методики и технологии обучения	Нет	Применяются новые методики и технологии обучения, разработанные и используемые в других вузах РФ	Применяются новые методики и технологии обучения, разработанные в других вузах РФ, а также адаптированные международные разработки	Применяются новые методики и технологии обучения, разработанные на других кафедрах вуза	Разрабатываются и применяются собственные оригинальные методики и технологии в соответствии со спецификой работы кафедры
x ₅	Участие кафедры в получении грантов	Не участвует	Отдельные сотрудники ППС кафедры участвует в получении грантов грантодающих организаций РФ	Коллектив кафедры участвует в получении грантов грантодающих организаций РФ	Отдельные сотрудники ППС кафедры участвует в получении международных грантов	Коллектив кафедры участвует в получении международных грантов
x ₆	Образовательные программы	Не разрабатываются	Разрабатываются в соответствии со стандартами	На кафедре адаптируются инновационные образовательные программы, разработанные ППС кафедр вуза	На кафедре разрабатываются инновационные образовательные программы	На кафедре разрабатываются инновационные программы с учетом требований к уровню компетентности выпускников

**Таблица 1.прил.2 (продолжение)
Оценка показателей X (обучения и развития)**

Частный показатель		Уровни оценки показателей				
		Низкий	Ниже среднего	Средний	Выше среднего	Высокий
x ₇	Дипломированность ППС ((Количество доцентов + количество профессоров) /общее количество ППС)	$x < 0,25$	$0,25 < x < 0,5$	0,5	$0,5 < x < 0,75$	$> 0,75$
x ₈	Наличие коммуникаций в коллективе, позволяющих обмен опытом ППС	Нет обмена опытом между преподавателями кафедры	Предусмотрена программа адаптации молодых преподавателей в начале их трудовой деятельности	Процесс регламентирован, проводится исключительно на заседаниях кафедры	Возможно обратиться с вопросами к любому преподавателю в рабочем порядке	Обмен опытом является нормой отношений, элементом корпоративной культуры кафедры
x ₉	Организация конференций кафедрой	Не организует	1 раз в 5 лет	Чаще чем 1 раз в 5 лет	1 раз в год	Чаще чем 1 раз в год
x ₁₀	Успеваемость студентов ((Количество успевающих на «хорошо» и «отлично») /общее количество студентов)	$x < 0,25$	$0,25 < x < 0,5$	0,5	$0,5 < x < 0,75$	$> 0,75$

**Таблица 1.прил.2 (продолжение)
Оценка показателей X (обучения и развития)**

Частный показатель		Уровни оценки показателей				
		Низкий	Ниже среднего	Средний	Выше среднего	Высокий
X ₁₁	Участие студентов в олимпиадах, конкурсах	Нет региональных олимпиад, конкурсов	Участие студентов без занятия призовых мест	Студенты занимают призовые места в вузовских олимпиадах, конкурсах	Студенты занимают призовые места в региональных олимпиадах, конкурсах	Студенты занимают призовые места в российских и международных олимпиадах, конкурсах
X ₁₂	Участие студентов в конференциях	Нет студенческих конференций в вузе	Менее 20% студентов принимают участие в студенческих конференциях вуза	Участие студентов в вузовских научных конференциях	Участие студентов в российских конференциях	Участие студентов в международных конференциях
X ₁₃	Участие студентов в разработке новых методик обучения	Не принимают участия	Новые методики обучения разрабатываются совместно с ППС выпускающей кафедры	Новые методики обучения разрабатываются совместно несколькими кафедрами вуза и студентами	Новые методики обучения разрабатываются совместно кафедрами нескольких вузов	Отработан механизм обратной связи «студент-преподаватель», разработки инновационных методик и программ обучения

**Таблица 1.прил.2 (продолжение)
Оценка показателей X (обучения и развития)**

Частный показатель		Уровни оценки показателей				
		Низкий	Ниже среднего	Средний	Выше среднего	Высокий
X ₁₄	Участие студентов в спортивных состязаниях	Не участвуют	Отдельные студенты активно занимаются различными видами спорта, более 50% студентов ведут здоровый образ жизни	Есть вузовские спортивные команды, которые принимают участие в соревнованиях	Вузовские спортивные команды занимают призовые места в соревнованиях	Вузовские спортивные команды принимают участие в международных соревнованиях
X ₁₅	Общественная работа студентов (социальная активность)	Не участвуют	Отдельные студенты принимают участие в различных группах социальной активности	Наличие социально активных групп студентов	Студенты групп социальной активности привлекают к общественной работе других студентов	Участие студентов в международных организациях по социальной защите и благотворительности

Таблица 2.прил.2
Оценка показателей Y (взаимоотношения)

Частный показатель		Уровни оценки показателей				
		Низкий	Ниже среднего	Средний	Выше среднего	Высокий
у ₁	Удовлетворенность выпускников карьерным ростом	Не отслеживается	Наличие хорошего коллектива по работе	Образование позволило удовлетворить потребность в самоуважении и развитии по специальности	Постоянное самосовершенствование и карьерный рост	Реализации своих потенциальных возможностей и рост как личности
у ₂	Удовлетворенность выпускников размером доходов	Не отслеживается	Нет сбережений	Полученная работа позволяет чувствовать защищенность в материальном плане	В расходах есть средства на отдых и обучение	Доход обеспечивает возможности для развития творческих способностей, которые позволили полностью использовать потенциал
у ₃	Удовлетворенность выпускников в стремлении получить новую (желаемую) работу, повышение в должности.	Не отслеживается	На работе больше уважают, образование дает уверенность в профессиональной компетентности	Появилась возможность повышения по службе	Компетентность позволяет достичь максимального повышения по службе	Повышение по службе открыло новые перспективы роста и самосовершенствования

**Таблица 2.прил.2 (продолжение)
Оценка показателей У (взаимоотношения)**

Частный показатель		Уровни оценки показателей				
		Низкий	Ниже среднего	Средний	Выше среднего	Высокий
у ₄	Удовлетворенность студентов учебным процессом	Не отслеживается	Благоприятные взаимоотношения со студентами в группе	Соотношением лекций и семинарских, практических занятий, доступностью учебной и методической литературы	Наличие программ взаимодействия «преподаватель – студент» - экскурсии, проведение проблемно-деловых семинаров	Участие студентов в инновационных, исследовательских проектах
у ₅	Удовлетворенность потребителей услуг – работодателей	Не отслеживается	Уровня теоретических знаний и практических навыков недостаточно для работы по специальности – требуется дополнительная подготовка	Уровня теоретических знаний и практических навыков достаточно для работы по специальности	Теоретические знания, практические навыки и владение нормами делового общения позволяют выпускнику адаптироваться в профессиональном и социальном аспектах	Полученные выпускником теоретические знания, практические навыки и владение нормами делового общения позволяют совершенствоваться и развивать свои потенциальные возможности

**Таблица 2.прил.2 (продолжение)
Оценка показателей У (взаимоотношения)**

Частный показатель		Уровни оценки показателей				
		Низкий	Ниже среднего	Средний	Выше среднего	Высокий
у ₆	Взаимодействие кафедры с представителями государственной власти на федеральном и региональном уровнях	нет	Отдельные преподаватели участвуют в коммуникациях с отдельными региональными министерствами	Коллектив кафедры взаимодействует с региональными министерствами образования, здравоохранения	Коллектив кафедры взаимодействует с региональными министерствами образования, здравоохранения и участвует в заседаниях общественной палаты	Коллектив кафедры взаимодействует с министерствами образования, здравоохранения РФ и участвует в заседаниях общественной палаты
у ₇	Удовлетворенность ППС взаимоотношениями в коллективе	Не отслеживается	Отсутствуют конфликтные ситуации в коллективе по внутренним причинам	Благоприятный климат в коллективе	Психологический комфорт, соблюдение правил делового общения	Взаимоотношения подчинены нормам корпоративной культуры
у ₈	Удовлетворенность ППС организацией учебного процесса	Не отслеживается	Взаимоотношения со студентами	Расписанием занятий, учебным планом	Проведением занятий, своими знаниями	Своим профессиональным развитием, качеством результатов работы
у ₉	Удовлетворенность ППС взаимоотношениями с руководством вуза	Не отслеживается	Нет взаимодействия	Авторитарный стиль руководства	Демократический стиль управления (наличие коллективного договора в вузе)	Активная деятельность профсоюзной организации вуза и расширение сферы решаемых ей вопросов

**Таблица 2.прил.2 (продолжение)
Оценка показателей Y (взаимоотношения)**

Частный показатель		Уровни оценки показателей				
		Низкий	Ниже среднего	Средний	Выше среднего	Высокий
у ₁₀	Удовлетворенность внутренних потребителей	Не отслеживается	Теоретические знания и практические навыки студентов не соответствуют предъявляемым требованиям	Наряду с хорошей теоретической подготовкой недостаточно развиты практические навыки студентов	Знания и практические навыки студентов достаточны для продолжения обучения	Уровень знаний и практических навыков студентов позволяет удовлетворить растущие требования, выявленные в процессе опроса, анкетирования

Таблица 3.прил.2
Оценка показателей Z (внутренняя деятельность)

Частный показатель		Уровни оценки показателей				
		Низкий	Ниже среднего	Средний	Выше среднего	Высокий
z ₁	Бюджетное финансирование (Количество средств бюджетного финансирования разных уровней/ общее количество финансовых средств)	$x < 0,25$	$0,25 < x < 0,5$	0,5	$0,5 < x < 0,75$	$> 0,75$
z ₄	Создание научно-производственных объединений (объем финансовых поступлений)	Отсутствие научно-производственных объединений (НПО)	Наличие низкоэффективных НПО	Наличие работающих НПО	Наличие высокоэффективных НПО	Активная деятельность НПО на Российском и международном рынках
z ₅	Наличие зарегистрированных патентов	нет	Отдельные сотрудники принимали участие в разработке патентов	Участие отдельных сотрудников в разработке патентов	Наличие научных групп, занимающихся научными разработками	$> 0,75$
z ₆	Средства, затраченные на обучающие программы (процент от общего объема средств организации)	0 %	< 2 %	2 %	< 4 %	> 4 %

**Таблица 3.прил.2 (продолжение)
Оценка показателей Z (внутренняя деятельность)**

Частный показатель		Уровни оценки показателей				
		Низкий	Ниже среднего	Средний	Выше среднего	Высокий
z ₇	Финансирование научных конференций	Нет финансирования	Отдельные сотрудники регулярно принимают участие в российских конференциях	Отдельные сотрудники регулярно принимают участие в российских и международных конференциях	Более 20% сотрудников ежегодно принимают участие в российских конференциях	Ежегодное участие более 20% сотрудников в международных конференциях
z ₈	Затраты на публикации научной продукции	Нет	Отдельным сотрудникам выделяется финансирование для публикаций монографий	Наличие регулярного финансирования публикаций по запросу сотрудников	Регулярный выпуск печатной научной и учебно-методической продукции	Наличие регулярного выпуска периодических изданий
z ₉	Результаты работы ученого совета	Нет участия	Есть члены ученого совета	Есть члены ученого совета, рецензенты и оппоненты кандидатских и докторских диссертаций	Есть члены ученого совета, рецензенты и оппоненты кандидатских и докторских диссертаций, защита кандидатских диссертаций	Есть члены ученого совета, рецензенты и оппоненты кандидатских и докторских диссертаций, ежегодная защита докторских и кандидатских диссертаций

**Таблица 3.прил.2 (продолжение)
Оценка показателей Z (внутренняя деятельность)**

Частный показатель		Уровни оценки показателей				
		Низкий	Ниже среднего	Средний	Выше среднего	Высокий
z ₁₀	Результаты последней сессии ((Количество сдавших на «хорошо» и «отлично») /общее количество студентов)	низкая успеваемость	Около 30 % сдали на хорошо и отлично	Около 50 % сдали на хорошо и отлично	Около 70 % сдали на хорошо и отлично	Более 80 % сдали на хорошо и отлично
z ₁₁	Оценки государственной экзаменационной комиссии на защитах дипломных проектов	Менее 20% сдали на хорошо и отлично	Около 30% сдали на хорошо и отлично	Около 50 % сдали на хорошо и отлично	Около 70% сдали на хорошо и отлично	Более 80% сдали на хорошо и отлично
z ₁₂	Система оценки и контроля качества знаний студентов	Итоговая система оценки: экзамен (5-ти балльная), зачет	Оценка выставляется преподавателем исходя из его личных профессиональных знаний и опыта и морально-этических качеств	При вынесении итоговой оценки по предмету учитываются результаты работы на практических и семинарских занятиях	Применяется разработанная в вузе система постоянного контроля качества знаний и их оценок, учитываемых при итоговой оценке на экзамене	Применяется разработанная на кафедре система постоянного контроля качества знаний и их оценок, учитываемых при итоговой оценке на экзамене

**Таблица 3.прил.2 (продолжение)
Оценка показателей Z (внутренняя деятельность)**

Частный показатель		Уровни оценки показателей				
		Низкий	Ниже среднего	Средний	Выше среднего	Высокий
z ₁₃	Структура учебного процесса	Лекции, курсовая или контрольная работа, экзамен или зачет	Лекции, семинары, защита контрольной или курсовой работы, экзамен или зачет.	Лекции, семинары, практические занятия, защита контрольной или курсовой работы, экзамен или зачет.	Лекции, семинары, промежуточные тесты, контрольная или курсовая работа, экзамен или зачет	Лекции, семинары, практические занятия, промежуточные тесты, защита контрольной или курсовой работы, экзамен или зачет.
z ₁₄	Применение информационных технологий	Не применяются	Информационные технологии используются как источник информации	Информационные технологии используются на лекциях и практических занятиях	Информационные технологии дополняют основные занятия, осуществляется дистанционная связь «студент-преподаватель»	Информационные технологии дополняют основные занятия, осуществляется дистанционная связь «студент-преподаватель», возможность самосовершенствования в информационной системе
z ₁₅	Разработка систем мониторинга	Не разработана	Иногда проводятся анкетирования, опросы бессистемно	Проводятся анкетирования, изучающие одну или несколько проблем	Разработана система мониторинга	Система мониторинга заложена в структуру СМК и является основой оценки качества работы

**Таблица 3.прил.2 (продолжение)
Оценка показателей Z (внутренняя деятельность)**

Частный показатель		Уровни оценки показателей				
		Низкий	Ниже среднего	Средний	Выше среднего	Высокий
z ₁₆	Эффективность работы администрации	Не оценивается	Работа администрации основана на решении текущих задач, без планирования будущего развития	Кадровая и ресурсная политика связана с решением стратегических задач	Грамотная кадровая и ресурсная политика, компетентный подход при определении целей	Грамотная кадровая и ресурсная политика, компетентный подход при определении целей и учет приоритета развития фундаментального направления науки над текущими административными показателями и их изменение во времени

Таблица 4.прил.2
Оценка показателей Q (виды деятельности)

Частный показатель		Уровни оценки показателей				
		Низкий	Ниже среднего	Средний	Выше среднего	Высокий
q ₁	Образовательные услуги	Сокращение спектра предлагаемых образовательных услуг	Спектр образовательных услуг не изменяется	Изменение характеристик в уже предлагаемых образовательных услугах	Предложение новой образовательной услуги наряду со старой образовательной услугой с применением информационных технологий	Предложение новых образовательных услуг в сфере дополнительного образования (ответ на потребности рынка труда)
q ₂	Консалтинговые услуги	Не оказываются	Оказание услуг внутри вуза	Оказание услуг внутри вуза, а так же вузам города	Оказание услуг внутри вуза и другим образовательным учреждениям	Оказание услуг внутри вуза, другим образовательным учреждениям, а также организациям других ведомств
q ₃	Образовательный процесс	Образовательный процесс заключается в передаче информации, знаний по изучаемой дисциплине	Анализ и систематизация полученной студентом информации	Применение информационных технологий в образовательном процессе для повышения качества подготовки студентов	Образовательный процесс направлен на стимулирование студента к активному получению знаний	Развитие и совершенствование образовательного процесса в целях раскрытия профессионального и личностного потенциала студентов

**Таблица 4.прил.2 (продолжение)
Оценка показателей Q (виды деятельности)**

Частный показатель		Уровни оценки показателей				
		Низкий	Ниже среднего	Средний	Выше среднего	Высокий
q ₄	Учебно-организационная деятельность: создание учебно-организационной документации и организация образовательного процесса	Не разработано документированной процедуры системы менеджмента качества по управлению учебно-организационной деятельностью	Учебно-организационная деятельность не соответствует документированной процедуре системы менеджмента качества по управлению учебно-организационной деятельностью	Отдельные элементы учебно-организационной деятельности не соответствуют документированной процедуре системы менеджмента качества по управлению учебно-организационной деятельностью	В отдельных элементах учебно-организационной деятельности имеются несоответствия документированной процедуре системы менеджмента качества по управлению учебно-организационной деятельностью	Учебно-организационная деятельность соответствует документированной процедуре системы менеджмента качества по управлению учебно-организационной деятельностью
q ₅	Методическая деятельность	Не разработано документированной процедуры системы менеджмента качества по управлению методической деятельностью	Методическая деятельность не соответствует документированной процедуре системы менеджмента качества по управлению методической деятельностью	Отдельные элементы методической деятельности не соответствуют документированной процедуре системы менеджмента качества по управлению методической деятельностью	В отдельных элементах методической деятельности имеются несоответствия документированной процедуре системы менеджмента качества по управлению методической деятельностью	Методическая деятельность соответствует документированной процедуре системы менеджмента качества по управлению методической деятельностью

**Таблица 4.прил.2 (продолжение)
Оценка показателей Q (виды деятельности)**

Частный показатель		Уровни оценки показателей				
		Низкий	Ниже среднего	Средний	Выше среднего	Высокий
q ₆	Исследовательская деятельность	Не проводится	Проводятся теоретические исследования	Отдельные сотрудники кафедры занимаются инновационными разработками	В инновационных разработках	Инновационные разработки, внедренные в сфере образования
q ₇	Фундаментальные и прикладные исследования	Не проводятся	Разработки отдельных проектов, направленных на решение конкретных задач	Увеличение и разнообразие исследовательских проектов	Активно работают научно-исследовательские структуры; научные школы	Образуются новые научно-исследовательские структуры; новые научные школы
q ₈	Формы представления результатов НИР	Различного рода специализированные публикации: монографии, статьи, сборники научных работ, учебники и учебные пособия и др.	Специализированные публикации. Участие в межвузовских, региональных, российских конференциях, научных семинарах и других видах научных форумов	Специализированные публикации. Участие в межвузовских, региональных, российских конференциях, научных семинарах и других видах научных форумов	Специализированные публикации. Участие в межвузовских, региональных, российских, международных конференциях, научных семинарах и других видах научных форумов. Участие в конкурсах на получение грантов	Специализированные публикации. Участие в межвузовских, региональных, российских, международных конференциях, научных семинарах и других видах научных форумов. Участие в конкурсах и получение грантов

**Таблица 4.прил.2 (продолжение)
Оценка показателей Q (виды деятельности)**

Частный показатель		Уровни оценки показателей				
		Низкий	Ниже среднего	Средний	Выше среднего	Высокий
q ₉	Деятельность в рамках хозяйственных договоров	Не осуществляется	Некоторые преподаватели кафедры участвуют в хозяйственных программах	ППС кафедры участвует в хозяйственных программах	Преподаватели кафедры активно участвуют в хозяйственных программах и привлекают студентов	Созданы малые предприятия на материально-технической базе вуза из числа аспирантов, выпускников
q ₁₀	Повышение квалификации ППС	Не разработано документированной процедуры системы менеджмента качества по управлению процессом повышения квалификации ППС	Процесс повышения квалификации ППС не соответствует документированной процедуре системы менеджмента качества по управлению процессом повышения квалификации ППС	Отдельные элементы процесса повышения квалификации ППС не соответствуют документированной процедуре системы менеджмента качества по управлению процессом повышения квалификации ППС	В отдельных элементах процесса повышения квалификации ППС имеются несоответствия документированной процедуре системы менеджмента качества по управлению процессом повышения квалификации ППС	Процесс повышения квалификации ППС соответствует документированной процедуре системы менеджмента качества по управлению процессом повышения квалификации ППС
q ₁₁	Подготовка научных кадров	Преподаватели кафедры не участвуют в подготовке научных кадров	Рецензирование диссертаций, авторефератов, отчетов, статей и других документов	Выступление сотрудников кафедры в качестве официальных оппонентов	Наличие на кафедре аспирантов (соискателей), проходящих обучение в других вузах	Наличие аспирантуры, докторантуры

**Таблица 4.прил.2 (продолжение)
Оценка показателей Q (виды деятельности)**

Частный показатель		Уровни оценки показателей				
		Низкий	Ниже среднего	Средний	Выше среднего	Высокий
q ₁₂	Материально-техническое обеспечение	Не соответствует требованиям учебного процесса	Состояние учебного корпуса и аудиторий соответствуют требованиям	Есть необходимые материалы и оборудование для обеспечения учебного процесса	Учебный корпус и аудитории соответствуют требованиям, есть необходимое оборудование для обеспечения учебного процесса	Материально-техническое обеспечение способствует развитию и совершенствованию учебного процесса
q ₁₃	Информационные и технические ресурсы	Образовательный процесс не обеспечен информацией, информационными, техническими и программными средствами	Научная библиотека вуза обеспечивает документами и информацией образовательный процесс	Научная библиотека вуза обеспечивает документами и информацией образовательный процесс и научные исследования	Образовательный процесс обеспечен информацией, информационными, техническими и программными средствами	Образовательный процесс и научные исследования обеспечены информацией (научная библиотека вуза, библиотека кафедры), информационными, техническими и программными средствами

**Таблица 4.прил.2 (продолжение)
Оценка показателей Q (виды деятельности)**

Частный показатель		Уровни оценки показателей				
		Низкий	Ниже среднего	Средний	Выше среднего	Высокий
q ₁₄	Процесс управления персоналом	Кадровая деятельность; проведение проверки трудовой дисциплины	Кадровая деятельность; выборы заведующих кафедрами; оценка соответствия преподавателя требуемой квалификации; проведение проверки трудовой дисциплины; поощрения	Кадровая деятельность; выборы заведующих кафедрами; оценка соответствия преподавателя требуемой квалификации; оценка профессионализма; проведение проверки трудовой дисциплины; поощрения	Кадровая деятельность; выборы заведующих кафедрами; оценка соответствия преподавателя требуемой квалификации; проведение ежегодного рейтинга; оценка профессионализма; проведение проверки трудовой дисциплины; поощрения	Кадровая деятельность; выборы заведующих кафедрами; оценка соответствия преподавателя требуемой квалификации; проведение ежегодного рейтинга; проведение конкурса на лучшего лектора; оценку профессионализма; проведение проверки трудовой дисциплины; поощрения
q ₁₅	Система менеджмента качества (СМК)	Не разрабатывалась	Высшим руководством принята политика в области качества, но не доведена до понимания каждого сотрудника вуза	Высшим руководством принята политика в области качества, разработаны документированные процедуры СМК, рабочая документация	Анализ СМК высшим руководством, проводятся внутренние аудиты, разработаны документированные процедуры СМК, рабочая документация	Анализ СМК высшим руководством, проводятся внутренние аудиты, руководство по качеству кафедры, разработаны документированные процедуры СМК, рабочая документация

Содержание

<u>К 10-летию Института дополнительного</u>	<u>2</u>
<u>профессионального образования СГУ</u>	<u>2</u>
<u>Введение</u>	<u>4</u>
<u>1 Применение логических функций</u>	
<u>для решения задач управления</u>	<u>12</u>
<u>1.1 Введение и цели раздела</u>	<u>12</u>
<u>1.2 Логика простой динамической системы</u>	<u>16</u>
<u>1.3 Пример разработки критериев оценки качества</u> <u> дипломных работ для снижения уровня</u> <u> субъективизма в модели, основанной</u> <u> на применении логических функций</u>	<u>20</u>
<u>1.4 Выводы</u>	<u>28</u>
<u>2 Применение математического аппарата</u> <u>теории нечетких множеств</u> <u>к задачам принятия решений</u>	<u>31</u>
<u>2.1 Введение и цели раздела</u>	<u>31</u>
<u>2.2 Нечеткие множества</u>	<u>34</u>
<u>2.3 Лингвистическая переменная Лотфи Заде</u>	<u>40</u>
<u>2.4 Функции принадлежности</u>	<u>45</u>
<u>2.5 Принципы лингвистического моделирования</u>	<u>51</u>
<u>2.6 Рассмотрение примера с оценкой дипломного</u> <u> проекта с применением математического аппарата</u> <u> теории нечетких множеств</u>	<u>54</u>
<u>2.7 Выводы</u>	<u>62</u>
<u>3 Качество образования и цели развития</u> <u>высшего учебного заведения</u>	<u>69</u>
<u>3.1 Введение и цели раздела</u>	<u>69</u>
<u>3.2 Миссия возрождения – высокое качество</u>	<u>75</u>
<u>3.3 От миссии организации к плану конкретных</u> <u> действий</u>	<u>85</u>
<u>3.4 Сбалансированная система показателей для</u> <u> учебного заведения</u>	<u>89</u>
<u>3.5 Этапы внедрения сбалансированной системы</u> <u> показателей и разработка критериев оценки</u> <u> эффективности деятельности подразделения ВУЗа</u>	<u>91</u>
<u>3.6 Выводы</u>	<u>101</u>
<u>4 Нечеткая логика для управления вузом</u> <u>на примере сбалансированной системы</u> <u>показателей</u>	<u>106</u>

<u>4.1 Введение и цели раздела.....</u>	<u>106</u>
<u>4.2 Основание для использования нечеткой логики в управлении учебным процессом и модель нечеткого регулятора.....</u>	<u>109</u>
<u>4.3 Введение нечеткости для модели экспертной системы управления качеством образования.....</u>	<u>117</u>
<u>4.4 Построение графа связей аспектов сбалансированной системы показателей.....</u>	<u>129</u>
<u>4.5 Выводы</u>	<u>133</u>
<u>5 Многомерность качества.....</u>	<u>137</u>
<u>5.1 Введение и цели раздела.....</u>	<u>137</u>
<u>5.2 Продукция вуза и многомерная модель качества образования.....</u>	<u>139</u>
<u>5.3 Моделирование поля качества.....</u>	<u>145</u>
<u>5.4 Выводы</u>	<u>151</u>
<u>Заключение</u>	<u>156</u>
<u>Приложение 1</u>	
<u>Анкета для сбора данных по подготовке модели системы критериев оценки деятельности подразделений ВУЗа</u>	<u>159</u>
<u>Приложение 2</u>	
<u>Разработка критериев оценки качества работы кафедры вуза.....</u>	<u>160</u>
<u>Список литературы.....</u>	<u>182</u>

Список литературы

- ¹ Бубер М. Я и Ты Из кн.: Два образа веры. М., 1995. с. 16-92
- ² Вешнева И.В. Построение совершенной системы менеджмента качества в вузе и его подразделениях: Уч.-мет. пос. Саратов. Изд-во: «Саратовский источник». 2009. 127 с.
- ³ Вешнева И.В., Седелников В.А. О совершенствовании образования на основе внедрения международных стандартов менеджмента // Образование в современном мире: Сб. науч. ст. – Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 2008. Вып. 4. 352 с.
- ⁴ Вешнева И.В., Мельников Л.А. Концепция разработки модели экспертной системы управления качеством образования на основе теории нечетких множеств // Вестник СГТУ 2009. № 4 (43) Выпуск 2 С 195-198
- ⁵ Заде Л.А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений / Заде Л.А.. – М.: Мир, 1976. – 320 с.
- ⁶ Вешнева И.В. Разработка критериев оценки качества дипломных работ для снижения уровня субъективизма в модели, основанной на применении логических функций // Образование в современном мире: Сб. науч. ст. – Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 2008. Вып. 3. с. 101-109
- ⁷ Физический энциклопедический словарь. М.: Сов. энциклопедия, 1983. – 928 с. Ил., 2 л. цв. ил.
- ⁸ Хакен Г. Синергетика. М., 1980. 353 С
- ⁹ Вешнева И.В. Синергетический взгляд на образование // Гуманитарные науки, культура и образование: актуальные проблемы современности: Сб. науч. тр. Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 2006. 352 с. С. 34-42
- ¹⁰ Яглом И. Что такое математика // Квант. 1992. 9. С. 3-8
- ¹¹ Арнольд В.И. Для чего мы изучаем математику // Квант. 1993 № 9. С. 4-15
- ¹² Халмаш П. Логика от А до Г // Квант. 1980. 5. С.18-25
- ¹³ Бутенин Н. В., Неймарк Ю. И., Фуфаев Н. А. Введение в теорию нелинейных колебаний. М.:Наука. 1987. 384 с.
- ¹⁴ Математические основы теории автоматического регулирования, т.1, Под ред Б. К. Чемоданова.- М.: Высш. школа. 1977. 366 с.
- ¹⁵ Головенкин В.П. Оценка качества дипломных проектов и работ. К.:УМК ВО. 1989. 27 с.
- ¹⁶ Ротштейн А.П., Кательников Д.И. Идентификация нелинейных объектов нечёткими базами знаний // Кибернетика и системный анализ.-1998. №5.- С.53-61.
- ¹⁷ Заде Л.А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. М.:Мир, 1976. 165 с.
- ¹⁸ Заде Л.А. Задача о Роберте. // Новости Искусственного Интеллекта, №2-3, 2001, с. 11
- ¹⁹ Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств. М.:Радио и связь.- 1982.- 432 с.
- ²⁰ Заде Л.А. Тени нечетких множеств. / Проблемы передачи информации. 1966, том II, вып. 1, с. 37 - 44.

- ²¹ Беллман Р., Заде Л. Принятие решений в расплывчатых условиях.- В кн.: Вопросы анализа и процедуры принятия решений. М.:Мир, 1976. С. 172-215.
- ²² Заде Л.А. Основы нового подхода к анализу сложных систем и процессов принятия решений. В кн.: Математика сегодня. М.:Знание, 1974, с. 5-49.
- ²³ Заде Л.А. Размытые множества и их применение в распознавании образов и кластер-анализе. В кн.: Классификация и кластер / Под ред. Дж.Вэн Райзина. М:Мир, 1980. С. 208-247.
- ²⁴ Заде Л.А. Роль мягких вычислений и нечеткой логики в понимании, конструировании и развитии информационных/интеллектуальных систем. - Новости Искусственного Интеллекта, №2-3, 2001, с. 7 - 11.
- ²⁵ Яхъяева Г.Э. Основы теории нечетких множеств: учебный курс <http://www.intuit.ru/department/ds/fuzzysets/>
- ²⁶ Болтянский В.Г., Гамкрелидзе Р.В., Понтрягин Л.С., К теории оптимальных процессов, Изв. АН СССР, 24, 3-42, 1960
- ²⁷ Гитман М.Б. Введение в теорию нечетких множеств и интервальную математику: Ч.1: Применение лингвистической переменной в процессе принятия решений. // Учебное пособие. Перм.гос.техн.ун-т. Пермь, 1998. 45с.
- ²⁸ Найханова Л.В., Дамбаева С.В.. Методы и алгоритмы принятия решений в управлении учебным процессом в условиях неопределенности: Монография. Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2004. 164 с.
- ²⁹ Кандель А., Байатт У.Дж. Нечеткие множества, нечеткая алгебра, нечеткая статистика// Труды американского общества инженеров-радиоэлектроников. Т. 66. – 1978. - N12. - С.37-61.
- ³⁰ Найханова Л.В., Дамбаева С.В. Методы формирования лингвистической переменной и управления диапазонами ее универсального множества. Теоретические и прикладные вопросы современных информационных технологий: Материалы всерос. конф. - Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2004, С.51-54.
- ³¹ Борисов А.Н., Крумберг О.А., Федоров И.П. Принятие решения на основе нечетких моделей: примеры использования. Рига, "Знание", 1990, 184 с.
- ³² Ротштейн А.П. Медицинская диагностика на нечеткой логике. - Винница: Континент-Прим. 1996. 132с.
- ³³ Глушков В.М. Введение в АСУ. Киев: Тэхника. 1974. 320 с.
- ³⁴ Miller G.A. The Magic Number Seven Plus or Minus Two: Some Limits on Our Capacity for Processing Information //Psychological Review.- 1956.- № 63.- р. 81-97.
- ³⁵ Растрингин Л.А. Этот случайный, случайный, случайный мир. М.: Молодая гвардия. 1974. 207 с.
- ³⁶ Концепция модернизации российского образования на период до 2010 года // Официальные документы в образовании. – №4 (175), февраль. 2002. с. 1-14.
- ³⁷ Ключевые компетенции для обучения в течении всей жизни. Рекомендации Парламента и Света Европы от 18 декабря 2006 г. //

Adukator.net/wiki/index.php?structure_id-221

³⁸ Фролов Ю.В., Махотин Д.А. Компетентностная модель как основа оценки качества подготовки специалистов // Высшее образование сегодня. № 8. 2004.

³⁹ Зимняя И.А. Ключевые компетенции – новая парадигма результата образования // Высшее образование сегодня. № 5. 2003.

⁴⁰ Зимняя И.А. Ключевые компетентности как результативно-целевая основа компетентностного подхода в образовании. Авторская версия. // Труды методологического семинара «Россия в Болонском процессе: проблемы, задачи, перспективы». М.: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, 2004

⁴¹ Боур Р.В. Практическое применение матрицы компетенций.

http://edu.tltsu.ru/sites/sites_content/site117/html/media2286/practical_matrix.doc

⁴² Семин С.А. Образовательная программа – место и функции в системе управления.

http://edu.tltsu.ru/sites/sites_content/site125/html/media371/Semin_OP%20mesto%20i%20funkcia%20systeme%20upravlenia.doc

⁴³ Россия в цифрах. 2009: Краткий статистический сборник / Росстат – М., 2009. – 525 с.

⁴⁴ Васильев А. Из истории науки: Университеты Италии // Квант. 2005. № 2. с.10-11.

⁴⁵ Текст Болонской декларации.

<http://iic.dgtu.donetsk.ua/russian/ovs/bologna.html>

⁴⁶ Закон Российской Федерации «Об образовании» – сайт Министерства образования и науки Российской Федерации: <http://mon.gov.ru/dok/fz/obr/3986/>.

⁴⁷ Вешнева И.В., Седельников В.А. Влияние новой рыночной эпохи на проблемы качества управления. // Образование в современном мире: Сб. науч. ст. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та. 2007. Вып. 2. 292 с. С. 40-46

⁴⁸ ГОСТ Р ИСО 9000-2008. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь: издание официальное. – М.: Стандартинформ, 2009. – 35с.

⁴⁹ ГОСТ Р ИСО 9001-2008 Системы менеджмента качества. Требования: издание официальное. М.: Стандартинформ, 2009. 31с.

⁵⁰ ГОСТ Р ИСО 9004-2001 Системы менеджмента качества. Рекомендации по улучшению деятельности (переизд. с изм. 1 и поправкой). – М.: Стандартинформ, 2009. 52с.

⁵¹ ГОСТ Р 52614.2-2006 Системы менеджмента качества. Руководящие указания по применению ГОСТ Р ИСО 9001-2001 в сфере образования: издание официальное. – М.: Стандартинформ, 2007. 70с.

⁵² Деминг Э. Выход из кризиса. Москва. 2007. 497 с.

⁵³ Лайкер Д.К. ДАО TOYOTA. 14 принципов менеджмента ведущей компании мира. М. 2006. 347 с.

- ⁵⁴ Лapidус В.А. Система Шухарта. Н. Новгород. ООО СМЦ «Приоритет». 2004. 65 с.
- ⁵⁵ Shewhart W.A. Statistical Methods from the Viewpoint of Quality Control. Lancaster press. Lancaster. 1939.
- ⁵⁶ Вешнева И.В. Проекция 14 пунктов Деминга на высшее образование. // Образование в современном мире: Сб. науч. ст. Саратов: Изд-во Сарат. ун-та. 2007. Вып. 2. 292 с. с. 116-121
- ⁵⁷ Вешнева И.В. Проблемы построения эффективной системы мониторинга деятельности подразделений вуза и возможные пути их решения// Образование в современном мире: Сб. науч. ст. Саратов: Изд-во Сарат. ун-та. 2009. Вып. 4. 320 с. с. 12-18
- ⁵⁸ Ильин И.А. Соб. соч.: В 10 т. М. 1993. Т. 1. С. 113
- ⁵⁹ Садков В.Г., Голенков В.А., Брехова Т.Б., Вайдерова Т.Г., Степанов Ю.С., Аронов Д.В. Управление качеством образования в регионах России: Монография М.: ОАО Издательская группа «Прогресс», 2004. 168 с.
- ⁶⁰ Воронин Г. Воспитание культуры качества одна из основ качественной трансформации современного российского общества. // Стандарты и качество. N 8. 2006.
http://www.stq.ru/riasite/?page=48&id=5&issue_id=367&article_id=1585
- ⁶¹ Иголкин М. Знания и нравственность – тема для размышления. // Стандарты и качество. 2006. № 12. с. 34-38
http://www.stq.ru/riasite/?page=48&id=5&issue_id=386&article_id=1751
- ⁶² Poter M. Competitive Strategy. (1980). The Free Press, New York Rowat, C. (2002), "Backhauling and Factory Gate Pricing", // Logistics and Transport Focus, Vol 4 No 4, pp/ 65-68
- ⁶³ Байрон Дж. Собрание сочинений в четырех томах. Том 3. М., Правда, 1981.
- ⁶⁴ Вешнева И.В. Построение системы менеджмента качества вуза на базе восьми принципов ИСО. // Социокультурное пространство современной России: тенденции развития: Межвуз. Сб. науч. ст. Саратов. 2007. 352 С. С. 221-226.
- ⁶⁵ Бойцов Б., Шленов Ю., Азаров В., Крянев Ю., Капырин В. Комплексная система непрерывного образования в области качества.
http://www.center.ru/riasite/?page=48&id=5&issue_id=85&article_id=312
- ⁶⁶ Нуждин В. Н., Кадамцева Г. Г., Пантелеев Е. Р., Тихонов А. И. Стратегия и тактика управления качеством образования – Методическое пособие, Иваново Ивановский государственный энергетический университет. 2003. 189 С.
- ⁶⁷ Елиферов В.Г., Репин В.В. Бизнес-процессы: регламентация и управление: Учебник. М.:ИНФРА-М, 2006. - 319 с.
- ⁶⁸ Kaplan R.S., Norton D.P., The Balanced Scorecard – Measures that Drive Performance, Harvard Business Review, January-February 1992. p.71-79
- ⁶⁹ Каплан Р. Сбалансированная система показателей. От стратегии к действию / Р. Каплан, Д. Нортон; пер. с англ. М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2006. 320 с.

- ⁷⁰ Каплан Р. Стратегические карты. Трансформация нематериальных активов в материальные результаты / Р. Каплан, Д. Нортон; пер. с англ. М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2005. 512 с.
- ⁷¹ Нивен Г., Пол Р. Диагностика сбалансированной системы показателей: поддерживая максимальную эффективность / Пол Р. Нивен; пер. с англ. Днепропетровск.: Баланс Бизнес Букс, 2006. 256 с.
- ⁷² Нивен Г., Пол Р. Сбалансированная система показателей: Шаг за шагом: максимальное повышение эффективности и закрепление полученных результатов / Пол Р. Нивен; пер. с англ. Днепропетровск.: Баланс Бизнес Букс, 2004. 328 с.
- ⁷³ Разработка сбалансированной системы показателей. Практическое руководство с примерами / под ред. А.М. Гершуна, Ю.С. Нефедьевой. – М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2005. 128 с.
- ⁷⁴ Ольве Н., Рой Ж., Ветер М. Оценка Эффективности деятельности компании. Практическое руководство по использованию сбалансированной системы показателей: пер.с англ. М.: Издательский дом «Вильямс». 2003. 304 с.
- ⁷⁵ Вешнева И.В. Использование концепции сбалансированной системы показателей в вузе как метод уменьшения риска снижения качества образования при переходе к компетентностной парадигме // Наука и образование в обществе риска: Сб. науч. ст. / под ред. проф. Ю.Г. Голуба. Саратов:Изд-во «Саратовский источник», 2009. 245 с.: ил. С. 120 – 128
- ⁷⁶ Аверьянов Л.Я. Социология: искусство задавать вопросы. 2-е изд, перераб. и доп. М., 1998. 360 с.
- ⁷⁷ Моисеев Н.Н. Предисловие к книге С.А. Орловского. Проблемы принятия решений при нечеткой исходной информации. М.: Наука, 1981. 208 с.
- ⁷⁸ Кун Т. Структура научных революций. М.: Прогресс, 1977. 300с.
- ⁷⁹ Трахтенгерц Э.А. Компьютерная поддержка решений: Научно-практическое издание. Серия «Информатизация России на пороге XXI века». М.: Синтег, 1998. 376 с.
- ⁸⁰ Вешнева И.В., Седельников В.А. О возможности построения модели управления эффективностью организации на основе теории нечетких множеств. // Образование в современном мире: Сб. науч. ст. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та. 2008. Вып. 3. 200 с. с. 20-28
- ⁸¹ Перегудов Ф.И., Тарасенко Ф.П. Введение в системный анализ: Учеб. пособие для вузов. – М.: Высшая школа, 1989. – 367 с.
- ⁸² Оссовский С. Нейронные сети для обработки информации: Пер. с польского И.Д. Рудинского. М.: Финансы и статистика, 2002. 344 с.
- ⁸³ Mamdani E. H. Advances in the Linguistic Synthesis of Fuzzy Controller // Int. J. Man-Machine Studies. 1976. Vol. 8. P.669-678.
- ⁸⁴ Саати Т. Анализ иерархических процессов. М., Радио и связь, 1993. 315 с.
- ⁸⁵ Messarovich M.D., Macko D., Takahara Y. Theory of hierarchical multilevel systems. Academic Press, N.Y. London 1970. 344 p.
- ⁸⁶ Пфанцгаль И. Теория измерений. Пер. с англ. М. Мир, 1976. 263 с.

- ⁸⁷ Советский энциклопедический словарь. М.:Сов. Энцикл. 1979, 1600 с.
- ⁸⁸ Интервью с В. И. Арнольдом // Квант 1990 №7 С. 2 – 7, 15. с.3
- ⁸⁹ Вавилов С.И., Исаак Ньютон, Изд-во АН СССР, М. -Л., 1945 г., с. 216
- ⁹⁰ ГОСТ Р ИСО 9000-2001 Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь. М: ИПК Издательство стандартов, 2001.
- ⁹¹ Лapidус В.А. Всеобщее качество (TQM) в российских компаниях. М: ОАО "Типография "Новости". 2002. 432 с.
- ⁹² Вешнева И.В. Управление качеством и информационные системы. // Образование в современном мире: Сб. науч. ст. Саратов: изд-во Сарат. Ун-та, 2006. С.126-131
- ⁹³ Левшина В.В., Бука Э.С. Формирование системы менеджмента качества вуза: Монография. – Красноярск: СибГТУ, 2004. - 324 с.
- ⁹⁴ Качалов В. Проблемы управления качеством в вузах // Стандарты и качество. 2000 . № 5. С.82-85
- ⁹⁵ Вешнева И.В. Методология управления качеством и его программное обеспечение. Саратов. 2007. 80 с.
- ⁹⁶ Деминг В.Е. Выход из кризиса. Тверь. Изд-во «Альба» 1994. 497 с.
- ⁹⁷ Маркс К.Г. Капитал. М.: Терра. В 2.т. 2009. 1040 С.
- ⁹⁸ Клини С. Математическая логика М.1973
- ⁹⁹ Мандельштам О.Э. Собр. соч. в 2 т. М.: Художественная литература, 1991.
- ¹⁰⁰ Melnikov L.A., Veshneva I.V., Konukhov A.I. Transverse pattern dynamics in a short-pulse mode-locked solid state laser // Chaos, Solitons & Fractals. 1994. V.4. N8/9. P.1535-1546.
- ¹⁰¹ Мельников Л.А., Вешнева И.В., Конюхов А.И. Численное моделирование нелинейной динамики поперечной структуры поля в лазере // Известия высш. уч. зав. Прикладная нелинейная динамика. 1995. вып. 6, стр. 73-90.
- ¹⁰² Melnikov L.A., Veshneva I.V., Konukhov A.I., Ryabinina M.V. Vectorial Karhunen—Loewe modes for the description of the polarization transverse pattern dynamics in lasers and their classification based on the characterization of its singular points // J.Opt.B.:Quantum semiclass.Opt. vol. 3. 2001, S209-S214.
- ¹⁰³ Melnikov L.A., Derbov V.L., Veshneva I.V., Konukhov A.I. Numerical studies of beam and pulse propagation in lasers and nonlinear media: transverse pattern dynamics and nonparaxial effects //Computers Math. Applic. 1997. V.34, № 7/8, P. 881-909.