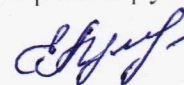


Волгодонский инженерно-технический институт –  
филиал федерального государственного автономного  
образовательного учреждения высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

На правах рукописи



**ЦВЕЛИК ЕЛЕНА АНДРЕЕВНА**

## **МЕТОДИКА ЭФФЕКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫМИ ПРОГРАММАМИ В ВУЗЕ**

Специальность:

05.13.10 – Управление в социальных и экономических системах

Диссертация на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Научный руководитель:

доктор      технических      наук,  
профессор Курейчик В.М.

Волгодонск 2018

## Оглавление

Введение	4
Глава 1. Анализ предметной области и постановка задачи исследования	13
1.1 Исследование проблемы оценки эффективности управления вузом	13
1.2 Обоснование выбора методологии для решения задачи управления перечнем образовательных программ	28
1.3 Постановка задачи исследования	34
1.4 Выводы по первой главе	35
Глава 2. Исследование и моделирование процесса подготовки специалистов в вузе	37
2.1 Системный анализ задачи управления пакетом образовательных программ в вузе	37
2.2 Модель задачи выбора управляющего воздействия на пакет образовательных программ	49
2.3 Метод построения иерархии критериев на основе онтологического анализа системы	53
2.4 Выводы по второй главе	64
Глава 3. Разработка методики и алгоритма принятия решения при управлении перечнем образовательных программ	65
3.1 Определение показателей методики принятия решения	65
3.2 Способ комплексного оценивания нечетких показателей, имеющих лингвистические значения	69
3.3 Разработка методики принятия решения при управлении пакетом образовательных программ в вузе	78
3.4 Разработка алгоритма принятия решения	86
3.5 Выводы по третьей главе	89

Глава 4. Разработка информационной системы поддержки принятия решения	90
4.1 Разработка архитектуры информационной системы	90
4.2 Результаты апробации информационной системы	92
4.3 Анализ результатов комплексного оценивания	104
4.4 Выводы по четвертой главе	112
Заключение	113
Список литературы	115
Приложение А	131
Приложение Б	133
Приложение В	135

## Введение

**Актуальность темы исследования.** Современная ситуация в сфере высшего образования, в период реформирования, изменения стратегии развития отрасли в целом, ставит перед руководством образовательных учреждений сложные задачи. С одной стороны, задачи обеспечения эффективного функционирования хозяйствующего субъекта, с другой стороны, задачи обеспечения качества образовательных услуг, конкурентоспособности высшего образования в России и в мире, развития науки в целом. Сложность принятия решения в вузе обуславливается многими факторами, в том числе противоречивостью природы образовательных услуг, которые являются социально-значимыми благами. Поэтому при оценке деятельности вуза необходимо учитывать не только факторы экономического развития, обеспечения максимальной прибыли, но и необходимость выполнения социальных обязательств.

Одной из важнейших задач, стоящих перед российскими вузами является обеспечение регионального рынка труда квалифицированными специалистами. В этой связи эффективное управление региональным вузом напрямую связано с формированием обоснованных управляющих воздействий на образовательные программы, по которым ведется подготовка специалистов различного уровня (бакалавры, специалисты, магистры, дополнительное образование).

Настоящая ситуация в высшем образовании в нашей стране характеризуется постановкой сложных задач перед руководством вузов, решение которых определяет саму судьбу существования вуза [48]. Переход на финансирование вуза пропорционально числу обучающихся студентов определяет важнейшую задачу – управление контингентом студентов. При этом обязательными остаются и ужесточаются требования к эффективности функционирования вуза, к качеству реализации поставленным перед ними задач. Данные требования получили свое воплощение в виде критериев эффективности, которые комплексно фиксируют направление деятельности руководства вузов:

подготовка специалистов, востребованных на рынке труда (критерий трудоустройства), оказание качественных образовательных услуг, конкурентоспособных и востребованных абитуриентами (средний балл ЕГЭ) [64, 33, 26].

Только в рамках выполнения данных обязательств возможно успешное функционирование и развитие вуза. В работе уделено внимание задаче управления тем перечнем образовательных программ, по которым будет вестись подготовка. Управление в данном контексте предполагает выбор управляющего воздействия на образовательную программу: закрытие, открытие, сокращение набора студентов, расширение.

Задача эффективного управления образовательными программами в вузе кроме своей несомненной важности, отличается особенностями среды, в которой необходимо принимать это решение. Социально-экономические системы, в том числе и вуз, в виду разноплановости и многообразия решаемых задач, а также протекаемых процессов в них, относятся к классу сложных объектов управления. Рассматриваемые системы кроме сложности организационной структуры отличаются тем, что механизм получения экспериментальных данных затруднен по сравнению с техническими системами, длителен по времени, затратен по ресурсам. Кроме того, среда, в которой существуют социально-экономические системы, является очень нестабильной, условия существования и функционирования данных систем отличаются неопределенностью.

Поскольку процессы в социально-экономических системах и их оценки сложно формализуются, применение к решению задач управления в таких системах аналитических методов очень затруднено. Один из современных методов, используемый в различных задачах принятия решений, основан на применении аппарата теории нечетких множеств (ТНМ) и нечеткой логики. Отказ от традиционных требований точности измерений и применение ТНМ позволяют разрешить возникающие проблемы со сложностью количественных измерений и субъективностью оценок. Использование ТНМ и понятия «лингвистическая переменная» (ЛП) позволяет адекватно отразить приблизительное словесное

описание значений показателей в тех случаях, когда точное описание либо отсутствует, либо является слишком сложным, либо требует больших временных и финансовых затрат.

### **Степень разработанности темы.**

Большой вклад в разработку и исследование вопросов принятия решения в условиях неопределенности на основе аппарата нечетких множеств внесли А.Н. Аверкин, И.З. Батыршин, Л.С. Бернштейн, А.Н. Мелихов, С.А. Орловский, Н.Г. Ярушкина, А.О. Недосекин, R. Babushka, E.H. Mamdani, M. Sugeno, H. Tanaka, L.-X.Wang, L. Zade и другие. Вопросы нечеткого моделирования и применения ТНМ к задачам принятия решения рассмотрены в [24, 25, 40, 58, 61, 62, 86, 91, 95, 100 ]. Отдельное внимание вопросам применения аппарата нечетких множеств при решении задач управления качеством образования в вузе было уделено А.В. Андрейчиковым [6], Л.В. Найхановой [64], Гитман М.Б. [30], Вешневой И.В. [21] и др.

В рамках диссертационной работы предложено решение задачи эффективного управления образовательными программами, их перечнем и объемом реализации. Необходимо разработать методику определения таких образовательных программ, которые бы соответствовали спросу на рынке образовательных услуг, перспективному спросу на рынке труда, при этом были бы обеспечены необходимыми для их реализации ресурсами.

В следствии необходимости учета большого числа разноплановых факторов, влияющих на принятие решения при управлении образовательными программами, сложности оценивания этих факторов и степени их влияния на принимаемое решение разработка методики и системы поддержки принятия решения для реализации данной задачи на основе теории нечетких множеств является актуальной задачей.

**Целью диссертационной работы** является повышение результативности управленческих воздействий при управлении вузом на пакет образовательных программ за счет разработки и применения методики, модели и системы

поддержки принятия решений, основанных на обработке нечеткой иерархической информации и лингвистических оценок.

Достижение указанной цели предполагает решение следующих основных задач:

1. Провести анализ проблематики выбора управленческих решений при управлении образовательными программами и его влияние на эффективность функционирования образовательной организации в целом.

2. Разработать метод построения иерархии показателей качества функционирования социально-экономической системы на основе анализа процессов внутри нее и параметров их характеризующих.

3. Модернизировать способ расчета агрегированных оценок в нечетких иерархических системах комплексного оценивания для обеспечения возможности учета степени влияния частных критериев на обобщенный.

4. Разработать методику решения задачи эффективного управления образовательными программами в вузе.

5. Разработать алгоритм и информационную систему поддержки принятия решения, реализующие предложенную методику управления образовательными программами в вузе.

6. На практике подтвердить применимость разработанной информационной системы поддержки принятия решения.

**Методология и методы исследования.** В диссертационной работе для решения поставленных задач используются методы системного анализа, теории принятия решения, анализа иерархий, теории нечетких множеств, онтологического анализа, модульного, объектно-ориентированного программирования, дескриптивные логики.

**Научная новизна результатов исследования, заключается в следующем:**

1. Разработана методика определения допустимого управляющего воздействия на пакет образовательных программ, реализуемых в образовательной организации, обеспечивающего выполнение трех ключевых ограничений при

управлении вузом: выполнение запросов рынка труда по подготовке специалистов, обеспечение качества образовательной услуги, соответствие спросу на рынке образовательных услуг. (п.4 паспорта специальности 05.13.10)

2. Разработан метод построения иерархии показателей, оценивающих качество процессов в социально-экономических системах, отличающийся возможностью автоматизированной реализации в формальных онтологиях. Предлагаемый метод опирается на результаты онтологического анализа процессов и характеристик их выполнения. (п.6 паспорта специальности 05.13.10)

3. Модернизирован способ расчета агрегированных оценок в нечетких иерархических системах комплексного оценивания за счет использования коэффициентов важности для частных критериев. (п.6 паспорта специальности 05.13.10)

4. Разработана проблемно-ориентированная система поддержки принятия решения при выборе управляющего воздействия на пакет образовательных программ, реализуемых в вузе, основанная на применении предложенной методики (п.9 паспорта специальности 05.13.10)

### **Теоретическая значимость работы.**

1. Предложенный метод автоматизированного построения иерархии показателей является существенным вкладом в решение задач моделирования объектов, относящихся к сложным социально-экономическим системам.

2. Модернизированный способ расчета нечетких агрегированных оценок является новым способом решения задачи сетевого комплексного оценивания.

### **Практическая значимость работы**

1. Предложенная методика управления образовательными программами позволит повысить результативность управления вузом в части повышения регламентированных показателей эффективности.

2. Проблемно-ориентированная система поддержки принятия решения позволит формализовать процесс и уменьшить влияние человеческого фактора при выборе управляющего воздействия на пакет образовательных программ.



Теоретические и практические результаты, полученные в рамках диссертационного исследования, внедрены в ВИТИ НИЯУ МИФИ. Разработанные система и методика поддержки принятия решения приняты к внедрению для использования в учебных целях в ФГАОУ ВО «ЮФУ», ФГБОУ ВО «ВГТУ».

**Научные положения, выносимые на защиту:**

1. Предложенная формализованная процедура построения иерархии критериев на основе онтологического анализа повышает обоснованность выбора перечня показателей при оценке качества системы.
2. Способ расчета агрегированных оценок в нечетких иерархических системах комплексного оценивания дает возможность учитывать степень влияния различных показателей на агрегированную оценку.
3. Методика выбора оптимального управляющего воздействия на пакет образовательных программ в вузе позволяет повысить значения регламентированных показателей эффективности вуза в целом.
4. Проблемно-ориентированная система поддержки принятия решений реализует предложенную методику эффективного управления образовательными программами.

**Степень достоверности** научных положений, выводов, строгих математических алгоритмов и практических рекомендаций, полученных в диссертации, подтверждается корректным обоснованием постановок задач, а также результатами экспериментов по использованию предложенной в диссертации модели. Также разработанная программная среда, реализующая предложенные методы и модели, зарегистрирована в Федеральной службе по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам.

**Апробация научных результатов.** Основные результаты работы докладывались на Международных конгрессах по интеллектуальным системам и информационным технологиям «AIS-IT"10» (Дивноморск, 2010), «AIS-IT"11» (Дивноморск, 2011), «AIS-IT"12» (Дивноморск, 2012), «AIS-IT"14» (Дивноморск, 2014), Научная сессия НИЯУ МИФИ-2015 (Москва, 2015) Международной

научной конференции «Теория операторов, комплексный анализ и математическое моделирование» (Волгодонск, 2011), 4-й Всероссийской научно-практической конференции «Информационные технологии в образовании XXI века» (Москва, 2014), Всероссийской конференции «Управление знаниями и технологии семантического веба - 2010» (Санкт-Петербург, 2010), межвузовской научно-практической конференции «Научный потенциал молодежи – развитию России» (Волгодонск, 2010), межвузовской научно-практической конференции «Научный потенциал молодежи – развитию России» (Волгодонск, 2011).

Результаты представленного исследования внедрены и используются при принятии решения при формировании образовательных программ, по которым ведется обучение в ВИТИ НИЯУ МИФИ.

**Публикации.** По теме диссертации автором опубликовано 24 работы, включая 5 публикаций в журналах, рекомендованных ВАК РФ, имеется два авторских свидетельства об официальной регистрации программы для ЭВМ (Роспатент). Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и двух приложений. Объем диссертации составляет 141 страниц, в том числе 59 рисунков, 37 формул и 15 таблиц. Список литературы содержит 141 библиографических наименований.

**В первой главе диссертации** анализируются проблемы эффективного управления вузом. Проведено исследование процессов, осуществляющихся в вузе, его задач, сформулированы основные принципы его функционирования.

В главе были также проанализированы показатели эффективности деятельности вуза. В результате анализа было предложено ориентироваться на выполнение нормативных и институциональных требований к вузу, а также на максимальное соответствие результатов подготовки специалистов требованиям регионального рынка труда.

Также в первой главе обоснован выбор и применимость методологии нечетких множеств к решению задач управления вузом как одним из представителей сложных социально-экономических систем.

**Во второй главе** проведено исследование вуза как системы подготовки специалистов различного уровня. Построена его структурная модель, а также функциональная модель образовательного процесса.

Полученные модели послужили основой для онтологического анализа системы, который в качестве этапа включает структурно-функциональное моделирование системы. Проведенный анализ позволяет сформулировать концепты – определения процессов и организационных элементов исследуемой системы.

Во второй главе предложен метод построения иерархии критериев функционирования системы с применением формальных онтологий на основе дескриптивных логик. Данный метод позволяет формализовать и автоматизировать процесс построения иерархии.

**В третьей главе** описывается разработанная методика управления образовательными программами. В основе данной методики лежит выбор управляющего воздействия на основе предложенного в данной диссертационной работе способа комплексного оценивания иерархии критериев. Данный способ позволяет получать агрегированные оценки по ряду параметров, ориентируясь на их лингвистические экспертные оценки с учетом степени влияния каждого из них на принимаемое решение.

Также предложен алгоритм процедуры принятия решения, реализующий рассмотренную методику принятия решения на основе комплексных нечетких взвешенных оценок.

**В четвертой главе** приведено описание разработанной информационной системы поддержки принятия решения, которая реализует предложенную в работе методику. Архитектура системы поддержки принятия решения включает в себя следующие блоки: блок формирования базы правил, блок определения коэффициентов важности факторов в иерархии, блок определения нечетких значений каждого фактора, блок расчета значений интегральных факторов в иерархии, блок нечеткого вывода.

Оценки комплексных показателей были получены с помощью предложенного в работе метода комплексного нечеткого оценивания. Эти результаты были сопоставлены с матричной схемой агрегирования нечетких оценок, предложенной Недосекиным А.О. Основное отличие этих методов заключается в том, что матричная схема использует четкие оценки на входе, которые затем фазифицируются согласно функциям принадлежности. Доказана эффективность предлагаемого метода при решении практических задач. При условии использования не количественных, а качественных оценок, система позволяет получить приемлемое решение, согласованное с решениями, полученными с помощью других методов. Также была продемонстрирована адекватность данной модели за счет соответствия прогнозируемых результатов фактическим.

**В заключении** содержатся основные выводы и результаты диссертации.

## **Глава 1. Анализ предметной области и постановка задачи исследования**

В первой главе проводится исследование задачи принятия решения при управлении набором образовательных программ в вузе. Необходимо сформулировать критерии и ограничения, которые являются обоснованно важными при принятии решения о включении или исключении образовательной программы из перечня, а также при планировании набора абитуриентов в рамках отдельной образовательной программы.

Результатом исследования является построение модели задачи принятия решения в рамках выявленных ограничений и целей.

### **1.1 Исследование проблемы оценки эффективности управления вузом**

Существование вузов в условиях рыночной экономики ставит перед ними задачи, характерные для всех хозяйствующих субъектов. Конкурентная рыночная среда требует от вузов повышения эффективности их деятельности, что возможно при повышении качества управленческих решений в них. В процессе управления организацией на любом уровне руководителю приходится сталкиваться с необходимостью принимать решение – выбирать одну из предложенных альтернатив. При этом он должен руководствоваться необходимостью обеспечить развитие организации.

Сложность принятия решения в вузе обуславливается многими факторами, в том числе противоречивостью природы образовательных услуг, которые являются социально-значимыми благами. Этот фактор необходимо учитывать при планировании деятельности вуза, при принятии решений, обеспечивая выполнение экономических показателей хозяйствующего субъекта и выполняя социальные обязательства. Необходимым условием существования вуза в условиях рыночных отношений является эффективность его функционирования.

Для понимания сущности процессов в образовательных системах необходимо обратиться к теории общественного блага. Согласно этой теории

проводят границу между чистым частным и чистым общественным благом. Эта граница обусловлена двумя основными признаками чистого общественного блага по сравнению с чистым частным благом: неисключаемость и неконкурентность [111]. Неконкурентность – свойство, характеризующее благо, как потребляемое совместно всеми членами общества. При этом оно не может быть разделено, «расфасовано», и увеличение числа потребителей этого блага не снижает качества этого блага для других членов общества. Неисключаемость – другое свойство чистого общественного блага, определяющее, что оно не может быть предоставлено какому-то индивиду персонально и не предоставлено другому. В этом случае «производитель не имеет реального выбора, предоставлять ли благо только тем, кто за него платит, или всем желающим» [111]. Ограничение доступа неплательщиков к общественному благу экономически невыгодно.

Противоположностью чистому общественному благу является чистое частное благо, характеристиками которого будут напротив исключаемость и конкурентоспособность.

Кроме описанных выше «чистых» категорий благ определяют смешанное благо, как обладающее признаками и общественного, и чистого благ. Из смешанных благ особо стоит выделить группу «общественно значимых» благ, к которым относится и образование. «Противоречивая природа социально значимых благ создает объективную основу для коллизии между текущими индивидуальными и долгосрочными общественными предпочтениями в отношении потребления и использования такого рода благ» [3]. Данное высказывание может быть проанализировано на примере образовательных услуг. С одной стороны, образование для каждого отдельного индивидуума является частным благом, благодаря наличию которого он может в дальнейшем обеспечить себя достойным заработком, положением в обществе и т.д. С другой стороны, общий уровень образования и культуры населения страны является государственно значимым. Уровень подготовки кадров сказывается на темпах развития общества в целом на его благосостоянии. Как следствие, вопрос

потребления такого вида блага, как образование, находится и должно находиться под контролем государства.

«Состояние занятости рабочей силы и трудоустройства тесно связано с экономической конъюнктурой, научно-техническим прогрессом, демографическими, миграционными процессами, вовлеченностью страны в мировое хозяйство» [42]. С учетом важности функциональных обязанностей системы профессионального образования необходимо отметить значимость государственной политики в сфере образования. Так как «вложения в человеческий капитал не дают немедленного экономического эффекта», деятельность вузов должна регулироваться государством. Воздействия в этом случае со стороны государства могут заключаться в следующем:

- введение обязательного уровня образования для всех граждан,
- финансирование подготовки специалистов в необходимых направлениях,
- обеспечение возможности подготовки научных и педагогических кадров для функционирования образовательной системы на всех уровнях.

Для реализации общественно значимых благ, обладающих все же признаками частного блага, используются различные источники финансирования (государственные и частные). «Смешанные общественные блага нередко производятся и поставляются на основе сотрудничества и разделения функций между государством и предпринимательским либо частным некоммерческим сектором. Это касается как источников финансирования, так и выполнения конкретных работ» [111].

Непосредственное окружение образовательного учреждения составляют:

- потребители услуг (абитуриенты),
- деловые партнеры, в том числе предприятия-заказчики на подготовку выпускников,
- конкуренты,
- органы управления образованием,
- средства массовой информации,

– органы государственного контроля.

Взаимодействие основных участников рынка образовательных услуг и обмен между ними образовательными, трудовыми и финансовыми ресурсами представлено на рисунке 1.1.

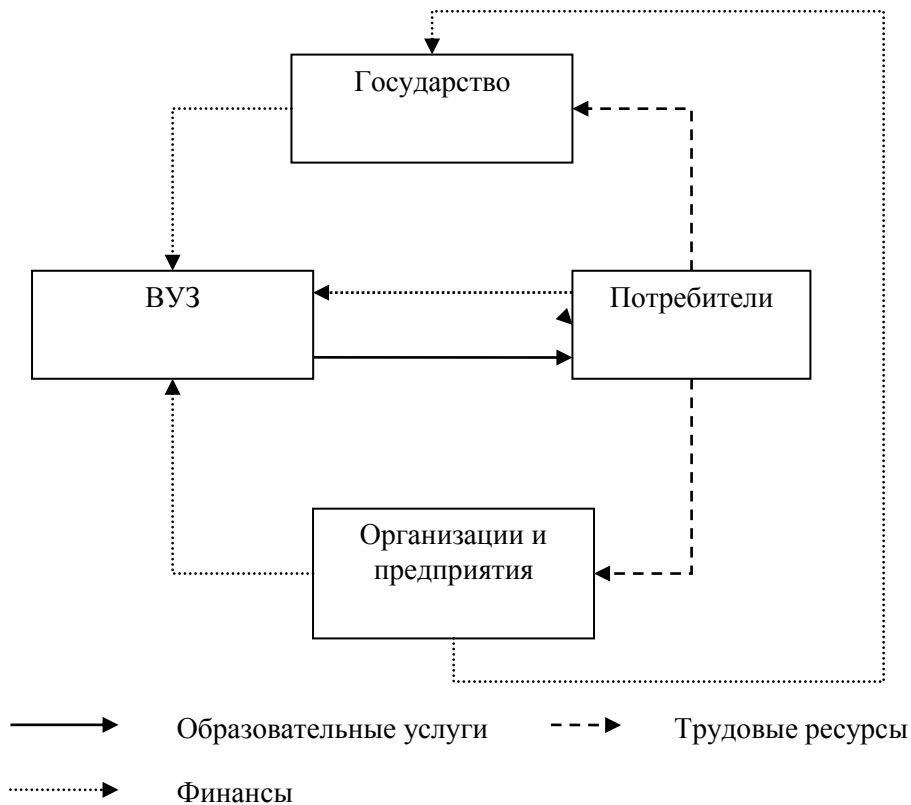


Рисунок. 1.1 – Взаимодействие вуза с участниками рынка образовательных услуг

Именно эту ситуацию можно наблюдать в системе высшего образования, когда предоставление образовательных услуг осуществляется и финансируется как государственным, так и частным сектором. Следует учитывать, что предоставление образовательных услуг – это только часть деятельности вуза. Научные исследования, фундаментальный цикл подготовки относятся к чистым общественным благам, которые потребляются не только получателями образовательных услуг, но и значимы для всего общества в целом. Поэтому в этой части финансирование вуза должно быть обеспечено государством.

Этот статус обуславливает для вузов необходимость обеспечивать выполнение своих социальных задач – производить «равнодоступные качественные образовательные услуги», и в то же время наделяет правами



заниматься предпринимательской деятельностью с целью получения прибыли. Другими словами, «вуз сегодня представляет собой аналогичный производственному предприятию субъект, способный предложить рынку «продукцию» собственного производства и при успешной ее реализации получить прибыль» [49].

Существует два основных подхода к пониманию определения «продукции» высшего учебного заведения: первый заключается в том, что продуктом вуза является образовательная услуга, а второй - предполагает под продуктом вуза выпускника. Вторая точка зрения была обоснована в работе А. Бравермана [17], однако остается непонятным, каким образом совершается непосредственная сделка между вузом и предприятием-работодателем. Ведь процесс сделки предусматривает обмен между сторонами, в то время как вуз от предприятия не получает никакой прямой материальной выгоды. Кроме того, в формировании профессионального работника на рынке труда участвует не только вуз, но и школа, родители, социальная среда. Ведь при одинаковом полученном качестве образовательной услуги в высшем учебном заведении могут быть выпущены специалисты разного качества.

Остановимся на точке зрения, предложенной в работе Сагиновой О.В. [92]. Автор определяет образовательную программу как продукт вуза. «Образовательная программа – это комплекс образовательных услуг, нацеленный на изменение образовательного уровня или профессиональной подготовки потребителя и обеспеченный соответствующими ресурсами образовательной организации». При этом отмечает, что вуз не выходит на рынок с отдельными образовательными услугами в виде лекций, семинаров и т.п., а предлагает комплекс услуг.

Образовательные программы могут быть классифицированы по нескольким признакам (рисунок 1.2).

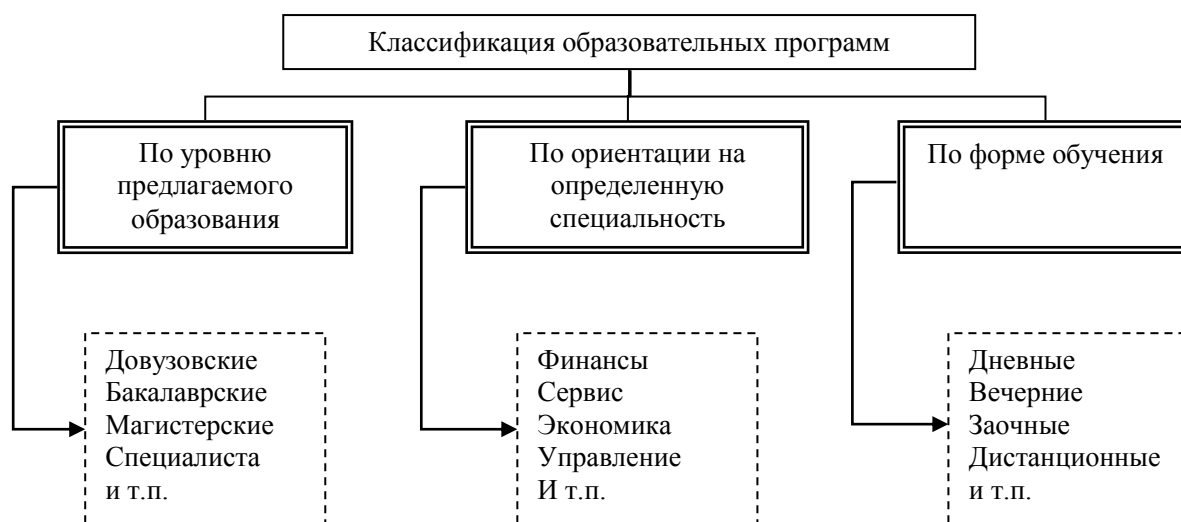


Рисунок 1.2 - Классификация образовательных программ

По уровню предлагаемого образования различают довузовские (например, подготовительные курсы), бакалаврские, магистерские программы подготовки, образовательные программы специалиста. По ориентации на определенную специальность различают образовательные программы различного направления: экономические, финансовые, строительные и т.д. В зависимости от формы обучения вузы предлагают дневные, вечерние, заочные и т.п. образовательные программы.

Так как образовательная программа является комплексом образовательных услуг, отметим основные свойства услуг:

- 1) неосвязаемость. Услуга не имеет физической формы, нельзя продемонстрировать ее. Потребителю трудно оценить качество услуги до ее получения;
- 2) неразрывность производства и потребления. Услугу невозможно заранее произвести и хранить на складе, как товар;
- 3) неотделимость от источника. Услуги носят индивидуальный характер потребления. Преподаватель не может представить услугу, если нет студентов;
- 4) непостоянство качества. Качество услуги сложно стандартизировать, повторить. Качество лекции зависит от конкретного преподавателя, который читает данную лекцию, аудитории, в которой она проводится и т.д.;

5) несохраняемость. Услуги невозможно складировать и хранить.

Кроме того, в своей работе И.М. Гараев [29] определяет специфические особенности образовательных услуг:

- уровень образовательной услуги зависит от предшествующего уровня подготовки субъекта, его способностей и желания потребления образовательной услуги;

- потребление образовательной услуги ведет к совершенствованию качества рабочей силы;

- с точки зрения потребителя отдаленность материальной выгоды в момент приобретения образовательной услуги;

- образовательные услуги приносят пользу не только субъекту, приобретающему услугу, но и обществу.

По мнению Е.Н. Жильцова «высшая школа выходит на рынок рабочей силы опосредованно через рынок образовательных услуг» [42]. То есть, функционируя на рынке образовательных услуг, высшее учебное заведение действует под влиянием спроса на рынке труда. Ситуация на рынке труда диктует требования к подготовке необходимых специалистов, изменяет спрос со стороны потребителей образовательных услуг. Однако, отмечает автор, «в условиях рынка потребность в специалистах, обеспеченная финансовыми ресурсами, выступает в форме спроса»[42]. Таким образом, спрос на образовательные услуги по определенным направлениям является отражением спроса на эти специальности на рынке труда. При этом необходимо учитывать, что в данном случае имеется в виду прогнозируемый спрос на рынке труда, так как подготовка специалиста в вузе занимает 5-6 лет.

В случае, когда основным критерием выбора образовательной программы абитуриентом является обеспеченность спросом на рынке труда на специалистов этого направления, вуз в своей деятельности должен ориентироваться на рынок труда. Основной целью вуза должно стать повышение качества подготовки специалистов, которые смогут справляться со своими профессиональными задачами, ориентироваться в новых условиях – т.е. быть конкурентоспособными

на рынке труда. В специалистах такого уровня будет потребность на предприятиях и организациях, что обеспечит привлечение денежных средств в вуз. «Вуз заинтересован в том, чтобы его образовательные программы как можно полнее соответствовали требованиям рынка труда, а выпускники как можно полнее эту программу усваивали» [92].

Таким образом, при формировании управленческого воздействия необходимо учитывать требования и ограничения со стороны как рынка образовательных услуг, так и рынка труда.

Еще одна особенность функционирования вуза как субъекта рыночных отношений: принятие решения о выборе образовательного учреждения для потенциального потребителя производится в условиях неточности и неполноты информации о качестве образовательных услуг в вузах, о конкурентоспособности их выпускников. Вследствие чего, не могут полноценно работать рыночные механизмы.

Качество предоставляемых услуг в случае полноценного функционирования рыночных механизмов конкуренции регулируется спросом потребителей услуг. Это происходит в результате оценки качества услуги при выборе ее поставщика. Но специфика образовательных услуг в том, что оценка ее качества происходит одновременно с потреблением. Для того чтобы принять решение до ее потребления, необходимо обладать полной информацией о качестве услуги. Но информационная асимметрия затрудняет работу механизма оценки.

Единственным решением этой проблемы на данный момент является обеспечение гарантии качества образовательных программ государством.

Эти гарантии обеспечиваются механизмами аккредитации и лицензирования, а также нормативным регулированием информационного обеспечения образовательного процесса. Процедура аккредитации, предусмотренная Федеральным законом «Об образовании» [101], описана в Положении о государственной аккредитации высшего учебного заведения. Данная процедура демонстрирует факт признания уровня и качества

образовательных услуг в данном заведении, соответствия уровня подготовки специалиста требованиям государственных образовательных стандартов. Кроме того, публикация рейтинга вузов с учетом перечня показателей, по которым производится аккредитация, позволяет усилить конкуренцию вузов и обеспечить информированность потребителей образовательных услуг об их качестве. «Государство содействует конкуренции на рынке образовательных услуг, обеспечивая эффективность введенных критериев оценки качества образования в образовательных учреждениях, и, тем самым, содействуя информированию граждан о возможности получения ими образования, в наибольшей степени отвечающего их интересам и наиболее востребованного на рынке труда» [79].

Оценка качества образования в вузе производится по различным отечественным и зарубежным методикам. Рейтинги вузов классифицируются по типам [65]:

1) Рейтинги с начислением единого итогового балла – их применяют для ранжирования вузов в целом. Процедура такова: составляется набор показателей, каждому из них присваиваются свой вес, с учетом которых вычисляется единая итоговая оценка качества для данного вуза. Это очень распространенный подход, наиболее удачными примерами его применения могут послужить рейтинги U.S.News and World Report (США) и журнала «Перспективы» (Польша).

2) Рейтинги вузов по конкретным дисциплинам, программам обучения или по отдельным предметам – в этом случае ранжированию подвергаются не вузы, а предлагаемые ими отдельные программы или обучение определенным предметам. Таким образом, можно оценивать качество учебных программ любого уровня – от программ получения диплома до аспирантских, профессиональных и др. Такие рейтинги готовит журнал «Перспективы» (Польша), «Штерн» (Германия), «Бизнес уик», «Файнэншл Таймс» (Великобритания) и многие другие.

3) Рейтинги с комбинированным подходом в ранжировании. В данном случае присутствуют свои, особенные методы рейтингов/таблиц, которые невозможно объединить в единый тип.

В качестве альтернатив для оценки качества работы вуза используются показатели:

- рейтинга вузов России Министерства образования,
- государственной аккредитации вузов России,
- конкурентоспособности вузов, предложенные в [49],
- оценки конкурентного потенциала вуза, предложенных в [100],
- методики Американской ассоциации университетских школ бизнеса (AACSB),
- рейтинга университетов Великобритании,
- международный рейтинг мировых университетов журнала Times Higher Education (THE),
- рейтинга вузов «Эксперт РА»,
- национального рейтинга университетов агентства Интерфакс и радио «Эхо Москвы».

Информирование населения и других заинтересованных сторон о качестве предоставляемых образовательных услуг, об уровне обучения в вузе осуществляется путем составления рейтинга вузов и образовательных программ Министерством образования и науки РФ. В [62] авторы предлагают следующее обоснование необходимости внедрения рейтинга «как способа систематизации данных об объектах исследований в различных областях человеческой деятельности, отражающего их состояние и перспективы развития в конкурентной среде».

Методика официального рейтинга Министерства образования и науки основывается на использовании статистических данных и информации, размещенной на сайтах вузов. Данные о трудоустройстве и востребованности выпускников получены от крупнейшего сетевого рекрутера – СуперДжоб. Перечень показателей, используемых в данной методике, сгруппирован в 6 групп и приведен в приложении А.

Каждая группа показателей имеет свой вес в общей оценке. Каждая оценка нормируется. Нужно отметить, что приведенный перечень показателей

используется для оценки классических университетов. Особенностью применения методики рейтинга вузов Министерства образования является корректировка показателей для различных типов вузов: юридических, педагогических, гуманитарных, технических и т.д.

Методика AACSB учитывает не только количественные показатели, но и требует формулировки миссии, целей образовательных программ, что усложняет процесс принятия решения. Рейтинг университетов Великобритании основывается на оценке в баллах различных показателей, при этом оценка носит не измерительный, а экспертный характер, что также усложняет построение модели принятия решения. «Модель официального рейтинга российских вузов основана главным образом на статистике и количественных показателях» [65].

Рейтинг вузов «Эксперт РА» – интегральная оценка качества подготовки выпускников вуза, определяемая количественными параметрами образовательной и научно-исследовательской деятельности вузов и качественными характеристиками, отражающими мнение ключевых референтных групп: работодателей, представителей академических кругов и научных кругов, а также студентов и выпускников вузов. Оценка вузов производится на основании анализа статистических показателей и результатов опросов следующих целевых групп: студенты и выпускники, представители академического и научного сообществ, представители компаний-работодателей. Определение рейтингового функционала происходит на базе анализа следующих интегральных факторов:

- Условия для получения качественного образования в ВУЗе (вес=0,5)
- Уровень востребованности работодателями выпускников ВУЗа (вес=0,3)
- Уровень научно-исследовательской активности ВУЗа (вес=0,2)[ 86]

Национальный рейтинг университетов агентства Интерфакс также складывается из комплексных показателей:

- образовательная деятельность вуза,
- научно-исследовательская деятельность вуза,
- социальная среда вуза,
- международная деятельность вуза,

- бренд вуза,
- инновации и предпринимательство.[ 66]

По сравнению с рейтингом Эксперт РА в национальном рейтинге университета внимание уделяется не только подготовке студентов, но и предпринимательству и имиджу вуза, как в России, так и на международном уровне.

Стремление вуза к обеспечению высоких позиций в рейтингах, конкурентоспособности среди прочих высших учебных заведений является важной задачей в управлении вузом, при решении которой могут быть выбраны ориентиры на одну из выше предложенных методик. Публикация данных о рейтингах министерства, а также других независимых изданий является способом устранения информационной асимметрии.

Таким образом, в качестве определения показателей, характеризующих эффективность деятельности вуза, а также качества его образовательных услуг могут быть приняты показатели рейтинга вузов, показатели их эффективности, сформулированные министерством образования [78].

Также в качестве минимальных пороговых ограничений к показателям деятельности вузов выступают лицензионные и аккредитационные требования, которые необходимо учитывать в задачах принятия решения при управлении вузом. Так как невыполнение данных требований сводит на нет возможность функционирования вуза.

Лицензионными требованиями и условиями при осуществлении образовательной деятельности являются:

а) наличие у соискателя лицензии на осуществление образовательной деятельности (далее – лицензия) или лицензиата в собственности или на ином законном основании оснащенных зданий, строений, сооружений, помещений и территорий (включая оборудованные учебные кабинеты, объекты для проведения практических занятий, объекты физической культуры и спорта, условия обеспечения обучающихся, воспитанников и работников питанием и медицинским обслуживанием), необходимых для осуществления образовательной



деятельности по заявленным к лицензированию и реализуемым в соответствии с лицензией образовательным программам и соответствующим требованиям, установленным законодательством Российской Федерации в области образования;

б) наличие у лицензиата учебно-методической документации по реализуемым в соответствии с лицензией образовательным программам, соответствующей требованиям, установленным законодательством Российской Федерации в области образования;

в) наличие у лицензиата учебной, учебно-методической литературы и иных библиотечно-информационных ресурсов и средств обеспечения образовательного процесса по реализуемым в соответствии с лицензией образовательным программам, соответствующим требованиям, установленным законодательством Российской Федерации в области образования;

г) наличие в штате лицензиата или привлечение им на ином законном основании педагогических работников, численность и образовательный ценз которых обеспечивают осуществление образовательной деятельности по реализуемым в соответствии с лицензией образовательным программам и соответствуют требованиям, установленным законодательством Российской Федерации в области образования;

д) соблюдение лицензиатом установленных законодательством Российской Федерации в области образования требований к организации образовательного процесса.

Также вуз должен обеспечивать выполнение аккредитационных требований, чтобы иметь возможность выдавать дипломы государственного образца.

Таким образом, при принятии управленческих решений в задачах эффективного управления вузом необходимо учитывать следующие факторы:

- кроме показателей экономической эффективности ориентироваться на решение своих социальных задач,

- обеспечивать подготовку выпускников в рамках спроса на рынке труда, выполняя задачу обеспечения региона трудовыми ресурсами,

– в обязательном порядке измерять и учитывать показатели «качества образования», опираясь на нормы аккредитации и лицензирования образовательных программ,

– учитывать необходимость удовлетворять спрос на образовательные услуги в рамках заданных требований к качеству образования (в том числе – федеральных государственных образовательных стандартов) [70], оказывая опережающее формирование на него.

В [129] автор приводит следующие критерии эффективности управления:

- управление качеством,
- управление доступностью,
- управление эффективностью.

Выполнение данных критериев при осуществлении управления образовательной организацией обеспечит развитие образовательной системы в целом и решение ее главной задачи – подготовки конкурентоспособных, высококвалифицированных специалистов, которые окажут положительное воздействие на развитие экономики и производства страны в целом.

Реализация функций управления образовательной организацией (ОО) включает в себя поэтапное решение следующего комплекса задач [129]:

- а) мониторинг и анализ текущего состояния ОО,
- б) прогноз развития ОО,
- в) целеполагание
- г) планирование
- д) распределение функций и ресурсов,
- е) стимулирование и мотивация,
- ж) контроль и оперативное управление,
- з) анализ производственных изменений.

Именно на этапе планирования необходимо сформулировать перечень мероприятий и программ, выбрать управляющие воздействия для достижения определенных на предыдущем этапе целей.

Необходимо изучить факторы, влияющие на выполнение показателей эффективности, а также возможности управляющих воздействий влиять на их состояние. Среди управляющих воздействий в управлении вузом можно выделить:

- изменение структуры системы (создание новых факультетов, кафедр, институтов (заккрытие старых), в том числе – объединение и разъединение, создание (заккрытие) филиалов и т.д.);
- изменение набора образовательных программ (увеличение (уменьшение) набора вообще и в том числе по конкретным образовательным программам; открытие (заккрытие) новых образовательных программ и т.д.);
- изменение содержания образовательных программ (в рамках государственных стандартов) и образовательных технологий;
- изменение состава, структуры и функций системы управления вузом [70].

Задача управления: найти такое допустимое управляющее воздействие, имеющее максимальную эффективность. В случае невозможности определения оптимального решения, достаточно ограничиться поиском рационального управления, обеспечивающего удовлетворительное значение эффективности. В работе уделено внимание задаче принятия решения о выборе обоснованного управляющего воздействия в рамках формирования и изменения набора образовательных программ, а также корректировки численного состава студентов, обучающихся по тому или иному направлению. «Первостепенное значение для обеспечения устойчивости учебной деятельности вуза имеет формирование управляющих решений, направленных на эффективное поддержание оптимального численного состава учебного персонала вуза» [68]. Поддержание же численного состава персонала напрямую связано с сохранением контингента студентов. При этом остается важной и требующей решения задача обеспечения должного качества образования на всех уровнях, формах и видах оказываемых услуг.

Данная задача напрямую связана с обоснованным формированием набора предоставляемых образовательных услуг в рамках определенного перечня образовательных программ. При принятии решения об открытии или закрытии набора по образовательной программе, выборе одной из перечня возможных образовательных технологий, которую приемлемо внедрить, необходимо учитывать требования к качеству образовательных услуг в рамках федеральных образовательных стандартов, которые должны быть соблюдены. В то же время обязательным является выполнение задачи удовлетворения потребности региона в профессиональных кадрах. Вопрос согласования рынка труда и процессов подготовки специалистов был рассмотрен в [113]. В основе предлагаемых механизмов, которые обеспечивают решение данной проблемы, лежат две концепции: концепция интеллектуальной среды управления ресурсами рынка труда и концепция управления качеством подготовки специалистов в ВУЗе в контексте адаптации к конъюнктуре рынка труда.

В рамках данного исследования необходимо выбрать методологию, применимую для задач принятия решения, выбора управляющего воздействия при формировании перечня образовательных программ в вузе.

## **1.2 Обоснование выбора методологии для решения задачи управления перечнем образовательных программ**

Рассматриваемая задача управления перечнем образовательных программ в вузе относится к задачам управления сложными социально-экономическими системами, одной из которых является региональный вуз. Задачи принятия решения при управлении сложными системами являются плохо структурированными [53], среда, определяющая их развитие, недетерминирована.

К особенностям исследования сложных систем относятся следующие:

- иерархичность организации, что позволяет соподчинять друг другу различные объекты, входящие в состав системы;

- длительность исследования системы стала сопоставимой со сроком жизни самой системы;
- знания, накопленные при изучении одного из экземпляров сложной системы, лишь частично полезны построению и организации управления другим экземпляром;
- недостаточная изученность протекающих в системах процессов, что приводит к тому, что дать удовлетворительный прогноз поведения сложной системы на достаточно большом промежутке времени, опираясь только на собственный опыт и интуицию, практически невозможно.
- невозможность, либо ограниченные возможности получения недостающих знаний путем проведения натурных экспериментов, в особенности многократно повторяемых;
- полиморфизм сложной системы (одному объекту в зависимости от целей исследования может быть поставлено в соответствие множество структурных схем), это, в частности, приводит к необходимости построения ансамблей моделей для исследования сложных систем;
- множественность моделей: для объяснения и предсказания структуры и (или) поведения сложной системы возможно построение нескольких моделей, каждая из которых позволяет получать какую-то полезную информацию о системе;
- случайность и неопределенность факторов, действующих в системе (в результате нерасчетных воздействий внешней среды, отказов оборудования, неожиданных изменений организационной структуры и т.п.). Учет этих факторов приводит резкому усложнению задач и увеличивает трудоёмкость исследований в связи с необходимостью получения представительных наборов данных;
- omnipotentность факторов: существуют факторы, которые вчера и сегодня не играют никакой значимой роли в поведении сложной системы, но которые могут оказывать на неё определяющее воздействие завтра;
- несоответствие точности и сложности: чем глубже анализируется реальная сложная система, тем менее определены наши суждения о её поведении;

– рекуррентность объяснения: свойства систем данного уровня иерархии объясняют исходя из свойств элементов системы нижестоящего уровня;

– неполнота информации, низкая достоверность данных (в связи с недостаточной изученностью процессов, характеризующих внешние воздействия и протекающих в самой системе; в связи с неточностью результатов измерения координат состояния, входных воздействий и характеристик поведения; в результате преднамеренного и непреднамеренного засорения данных, неоднородности источников данных и информации и т.п.);

– многокритериальность оценок процессов, протекающих в системе.

Неполнота информации о системе, противоречивость и субъективность оценок при анализе социально-экономических систем требуют применения методов принятия решения, которые учитывают неопределенность условий оценки и функционирования системы.

Особенности содержания задачи принятия решений при управлении социально-экономическими системами [46]:

1) элементы задачи: ситуации, цели, ограничения, решения, предпочтения – имеют, прежде всего, содержательный характер и только частично определяются количественными характеристиками. Количество неизвестных элементов задачи существенно больше, чем известных;

2) нахождение наилучшего решения не может быть полностью формализовано, на каждом этапе требуется вмешательство лица принимающего решения для формулировки предпочтений;

3) элементы задачи описываются характеристиками, часть из которых может быть измерена объективно, а для другой части возможно только субъективное измерение (например, приоритеты целей, предпочтения решений и т.п.);

4) в ряде случаев приходится решать задачу принятия решения в условиях неопределенности, обусловленной неполным описанием проблемной ситуации и невозможностью достаточно точной оценки ожидаемых последствий;

5) принимаемые решения могут затрагивать интересы лиц, участвующих в принятии решения. Поэтому мотивы их поведения влияют на выбор решения.

Управление набором образовательных программ, изменением их числа или корректировкой численности студентов, изучающих данные программы, является задачей планирования. А с учетом срока обучения студентов 4-5 лет – она является задачей стратегического долгосрочного планирования. В таких задачах при управлении сложными объектами сведения об основных параметрах, влияющих на принятие решения, имеют различную степень достоверности и определенности. «Учет факторов неопределенности при таком управлении должен осуществляться в несколько этапов и включать в себя адаптацию параметров и структуры моделей, алгоритмов управления к прошлому и текущему состоянию субъектов рынка, управляющих подсистем и внешней среды... В этом случае уже имеются основания говорить не об оптимизационном, а об адаптационном управлении.» [61]. Наличие неопределенностей, в том числе на этапе формулирования целей, не позволяет формулировать классическую задачу поиска экстремума целевой функции.

Отдельное внимание необходимо уделять качеству входной информации для обеспечения возможности получения результата при использовании нечеткой, неопределенной информации. Также требует внимания возможность учета дополнительной неточной и неполной информации о сравнительной значимости отдельных показателей на результат принятия решения.

Рассмотрев особенности сложных систем как объекта управления, выявив основные требования и проблемы в задаче принятия решения при управлении сложными системами, сформулированы следующие требования к методам принятия решения:

- необходимость учитывать неполную, нечеткую информацию о состоянии объекта, среды функционирования, предпочтениях ЛПР;
- возможность оперировать качественными параметрами, которые сложно или невозможно измерить, значения которых формируются с помощью экспертных опросов и т.п. технологий.

Сложные объекты, как объекты управления обладают рядом отличительных особенностей [58]:

- 1) не все цели выбора управляющих решений и условия, влияющие на этот выбор, могут быть выражены в виде количественных соотношений;
- 2) отсутствует либо является неприемлемо сложным формализованное описание объекта управления;
- 3) значительная часть информации, необходимая для математического описания объекта существует в форме представлений и пожеланий специалистов-экспертов, имеющих опыт работы с данным объектом.

Это чаще всего приводит к нечеткости описания элементов формального представления объекта управления. В частности нечетким может быть описание состояния объекта  $\Omega$  и его характеристик  $X$ , описание времени (например, нечеткость запаздывания действия управления, момента начала воздействия внешнего фактора и т.д.), нечеткость процесса наблюдения за объектом  $\gamma$  и сами оценки его состояния  $Y$  (например, выгодность сложившейся обстановки, степень удовлетворения проекта целям и задачам программы, плана и т.д.), а также могут наблюдаться различные сочетания нечеткости в описании составляющих аналитических задач.

Неопределенность может иметь различное происхождение. Она может быть связана с принципиальной неизвестностью или недостаточной изученностью внешних обстоятельств. Также неопределенность может быть обусловлена невозможностью четкого описания на естественном языке ситуации выбора, целевых показателей [76].

На сегодняшний день можно выделить ряд математических теорий предназначенных для формализации неопределенной информации (данных):

- 1) многозначная логика;
- 2) теория вероятности;
- 3) теория ошибок (интервальные модели);
- 4) теория интервальных средних;
- 5) теория субъективных вероятностей;



- 6) теория нечетких множеств;
- 7) теория нечетких мер и интегралов.

Результаты сравнения математических теорий, с точки зрения их применимости для решения аналитических задач СППР в условиях неопределенности, приведены в [16]. Сравнение по 17 параметрам:

- учет физической числовой неопределенности,
- учет физической нечисловой неопределенности,
- учет нечисловой лингвистической неопределенности,
- зависимость ошибки конечного результата от точности задания исходных данных,
- возможность учета семантической модальности информации,
- возможность учета квалификации уровня (количественной оценки) неопределенности,
- учет квалификации (более чем, значительно, очень и т. д.),
- возможность учета противоречия между точностью и неопределенностью,
- эффективность формализации полного незнания,
- отсутствие требования жесткого задания полного перечня событий,
- возможность эффективного учета взаимовлияния неопределенности при обработке,
- возможность одновременного получения пессимистических и оптимистических оценок и уровня доверия к ним,
- единый подход к представлению точных, неопределенных, неполных, нечетких значений атрибутов,
- возможность реализации алгоритмов обработки информации,
- возможность работы на профессиональном языке пользователя,
- простота выявления экспертных знаний,
- возможность работы с неопределенной информацией, основанной на малых статистических выборках,

– наглядность получаемых результатов расчета для оценки рисков.

Приведенный анализ показывает, что теория нечетких мер наиболее эффективная математическая теория, которая позволяет формализовать и обрабатывать неопределенную информацию. И по сравнению с другими методологиями позволяет учитывать, в том числе, нечисловую лингвистическую неопределенность, сравнительные меры (более чем, очень, значительно и т.д.). Теория нечетких множеств не учитывает взаимовлияния неопределенности при обработке и не включает единый подход к представлению точных, неопределенных, неполных, нечетких значений атрибутов. Данные ограничения не являются решающими при выборе метода решения поставленной задачи.

Таким образом, выбор методологии нечетких множеств, которая позволяет оперировать неточной информацией, принимать решения в условиях неопределенности, для поддержки принятия решения при управлении социально-экономическими системами является обоснованным.

### **1.3 Постановка задачи исследования**

Одной из важнейших задач, стоящих перед российскими вузами является обеспечение регионального рынка труда квалифицированными специалистами. В этой связи эффективное управление региональным вузом напрямую связано с формированием обоснованных управляющих воздействий на перечень реализуемых образовательных программ, по которым ведется подготовка специалистов различного уровня (бакалавры, специалисты, магистры, дополнительное образование), количество подготавливаемых специалистов.

В соответствии с проведенными исследованиями целью диссертационной работы является повышение результативности принятия управленческих воздействий на образовательные программы, по которым планируется набор абитуриентов.

Поставленная цель достигается решением следующих задач:

- проведение аналитических исследований процесса подготовки выпускников;
- построение системы ограничений, учитывающихся при управлении перечнем образовательных программ;
- разработка модели системы принятия решения при управлении набором образовательных программ, учитывающей комплекс сформулированных ограничений;
- разработка методики и алгоритмов выбора управляющего воздействия на структуру образовательных программ, позволяющих учитывать особенности задач управления сложными социально-экономическими системами, такими как региональный вуз;
- разработка информационной системы поддержки принятия решения и ее апробация.

Таким образом, сформулируем задачу управления следующим образом: разработка такого перечня образовательных программ, который бы в максимальной степени соответствовал потребностям региональных рынков труда и образовательных услуг в рамках имеющихся ресурсных и институциональных ограничений, обеспечивающих качественный образовательный процесс.

Объектом управления является образовательная программа. Управляющим воздействием – изменение структуры образовательных программ в вузе, включая открытие, закрытие, изменение объемов реализации образовательной программы исследуемого направления.

Методологией, применяемой при решении задачи, выбрана теория нечетких множеств.

#### **1.4 Выводы по первой главе**

1. В главе был проведен анализ особенностей и сущности образовательной системы вуза, его социально-экономической роли в обществе. Необходимо отметить, что при управлении вузом и принятии решений

необходимо руководствоваться не только экономическими показателями эффективности, прибыльности, но и факторами выполнения социальных задач – обеспечение рынка труда востребованными специалистами, выполнение научных исследований и т.д.

2. Качество функционирования вуза может оцениваться по различным системам критериев. Изменение значений этих критериев возможно при управляющих воздействиях на объект – систему регионального вуза. К таким воздействиям могут относиться решения об организации, реорганизации структурных составляющих, изменении набора образовательных программ и т.д. Ограничения, которые должны учитываться при принятии таких решений – спрос на выпускников, спрос на образовательные услуги, ресурсообеспеченность и институциональные ограничения.

3. Задача исследования заключается в разработке модели системы поддержки принятия решения для формирования такого перечня образовательных программ, который бы в максимальной степени соответствовал потребностям региональных рынков труда и образовательных услуг в рамках имеющихся ресурсных и институциональных ограничений.

Основные положения первой главы опубликованы в следующих работах [40], [41], [36], [37], [106].

## **Глава 2. Исследование и моделирование процесса подготовки специалистов в вузе**

Во второй главе данного научного исследования проводится системный анализ процесса подготовки специалистов различного уровня (бакалавров, специалистов, магистров). На основе проведенного анализа и выявленных в нем требований и ограничений построена модель задачи принятия решения. Поскольку рассматриваемая задача относится к классу задач управления сложными системами, процессы в которых характеризуются большим количеством параметров. Принятие решения на основе такого количества параметров возможно при комплексной оценке параметров, выстроенных в иерархию. В главе предложен метод построения иерархии критериев на основе онтологического анализа.

### **2.1 Системный анализ задачи управления пакетом образовательных программ в вузе**

Для построения модели задачи принятия решения при изменении перечня образовательных программ были применены методы системного анализа, которые «позволяют проанализировать развитие и функционирование образовательной системы с учетом требований государства, общества и граждан» [82].

Под системой в общем смысле понимают совокупность элементов, объединенных для достижения определенной цели. Поэтому для описания системы вуза необходимо определить цель этой системы и ее структуру. Формализованная запись данного определения имеет следующий вид:

$$S = \langle A, R, Z \rangle, \quad (2.1)$$

где  $A$  – множество элементов,  $R$  – множество связей,  $Z$  – совокупность целей.

Структура системы - совокупность связей, по которым обеспечивается энерго-, массо- и информационный обмен между элементами системы,

определяющий функционирование системы в целом и способы ее взаимодействия с внешней средой. Причем определение структуры заключается в перечислении элементов системы и организационно-экономических связей между ними (структурное описание) и описание функций, выполняемых совокупностью элементов (функциональное описание).

Являясь самостоятельной системой, вуз в то же время входит в систему профессионального образования [72]. В структуру этой системы входят:

- государственные образовательные стандарты и программы высшего и послевузовского профессионального образования;
- имеющие лицензии высшие учебные заведения и образовательные учреждения соответствующего дополнительного образования;
- учреждения, ведущие научные исследования и обеспечивающие функционирование и развитие высшего и послевузовского профессионального образования;
- органы управления образования;
- общественные объединения (научно-методические советы, творческие союзы, профессиональные объединения и т.д.).

Основными задачами высшего учебного заведения являются:

- удовлетворение потребностей личности в интеллектуальном, культурном и нравственном развитии посредством получения высшего и(или) послевузовского профессионального образования;
- развитие наук и искусств посредством научных исследований и творческой деятельности научно-педагогических работников и обучающихся, использование полученных результатов в учебном процессе;
- подготовка, переподготовка и повышение квалификации работников с высшим образованием и научно-педагогических работников высшей квалификации;
- формирование у обучающихся гражданской позиции, способности к труду и жизни в условиях современной цивилизации и демократии;

- сохранение и приумножение нравственных, культурных и научных ценностей общества;

- распространение знаний среди населения, повышение его образовательного и культурного уровня.

Широкий перечень задач, поставленных перед высшим образованием, объясняет сложность структуры вуза, связей между элементами системы. Высшее учебное заведение – это сложная социально-экономическая система, состоящая из нескольких подсистем, среди которых можно выделить научную, учебную, финансовую, социальную, хозяйственную. Проблема формулировки основной функции (миссии) социально-экономической системы была рассмотрена в [7], где указан общий принцип функционирования всех социально-экономических систем, в том числе высшего образования. «Общей функцией социально-экономической системы является преобразование ресурсов различных форм собственности и знаний, накопленных в обществе, в удовлетворенные потребности»[ 46].

Сформулируем основную цель следующим образом: удовлетворение спроса на образовательные услуги со стороны населения и спроса на выпускников со стороны экономики. В работе Новикова Д.А.[69] данная цель расширена за счет добавления функции управления и формирования спроса на образовательные услуги. «Целью образовательной сети является согласование, удовлетворение и опережающее формирование спроса на образовательные услуги и выпускников в рамках заданных требований к качеству образования (в том числе государственных образовательных стандартов), институциональных ограничений и существующего ресурсного обеспечения в территориальном, отраслевом и уровневом аспектах».

Для подготовки специалистов выполняются следующие подфункции:

- исследование рынка образовательных услуг (анализ потребности в специалистах по направлениям, анализ спроса со стороны потребителей образовательных услуг);

- планирование и проектирование учебно-воспитательной работы (разработка учебных планов, планов кафедр, рабочих программ и т.д.);
- планирование и проектирование научной работы (составление планов научной работы вуза, кафедр, преподавателей, а также графиков их реализации и контроля);
- реализация учебного процесса (создание рабочих графиков студенческих групп, разработка расписания и т.д.);
- прием студентов.

Критерием качества выполнения этих функций является степень удовлетворения потребности потребителя образовательных услуг. Для анализа степени удовлетворенности выполняются следующие функции:

- сбор внутренних данных и данных от потребителей услуг;
- мониторинг учебно-воспитательного и научного процессов;
- анализ данных.

В процессе достижения этой цели вуз взаимодействует с внешней средой (макросредой), которая характеризуется следующими факторами [34]:

- Политико-правовые. Деятельность вуза регламентируется законодательными актами, требованиями общественных организаций. Образовательное учреждение находится под влиянием пяти основных групп органов власти: законодательной, исполнительной, правоохранительной, СМИ и общественных партий.
- Экономические. К ним относятся: уровень безработицы, занятость населения, темпы экономического роста, прожиточный минимум, инфляция и т.д.
- Демографические. Спрос на образовательные услуги тесно связан с численностью населения, его половозрастной структурой, кроме того сказываются факторы миграции населения.
- Природно-географические.



— Национальные. Особенности моделей, реализуемых в системе высшего образования, определяются национальными традициями, национальной структурой государства.

— Социально-культурные. Спрос на образовательные услуги прямо связан с уровнем культуры, с господствующими в обществе ценностями, нормами, традициями.

— Научно-технические. Уровень научно-технического прогресса определяет уровень подготовки специалистов.

Применение системного анализа в процессе управления высшим учебным заведением позволяет «повысить обоснованность принимаемых решений в условиях анализа большого количества информации о системе и множества потенциально возможных решений»[44]. Одной из методик исследования систем в рамках системного анализа является моделирование. На первом этапе представим организационную модель вуза.

Цели и процессы, включенные в описание системы высшего образовательного учреждения, влияют на организационную структуру, которая позволит реализовать выше перечисленные задачи. Организационные модели вузы определяют самостоятельно, исходя из выбранной системы управления. Можно выделить следующие типовые организационные структуры: матричный университет, университет, ориентированный на процесс TQM (Total quality management), современный университет, университет-технополис, инновационный- предпринимательский университет. [2] Нельзя определить типовую, общепринятую модель организационной структуры вуза, хотя возможно обозначить некоторые обязательные элементы:

- факультеты,
- кафедры,
- филиалы, представительства,
- научно-исследовательские подразделения, конструкторские бюро,
- магистратуру, аспирантуру, докторантуру,

- структурные подразделения дополнительного профессионального образования,
- структурные подразделения внеучебной и воспитательной работы,
- подготовительные отделения.

Общее руководство высшим учебным заведением осуществляет Ученый Совет - выбранный представительный орган. Непосредственное управление деятельностью высшего учебного заведения осуществляет ректор. Службы проректоров возглавляют работу в рамках выделенных выше подсистем – научной, учебной, социальной, финансовой, хозяйственной. Для выполнения задач создаются службы проректоров по учебной, научной, социальной работе и т.д. Дополнительно, исходя из определенных в миссии вуза направлений развития, могут быть созданы подразделения проректоров по международному сотрудничеству, инновационным программам и т.п.

Работа каждой подсистемы организуется сотрудниками служб проректора во взаимодействии со всеми филиалами, факультетами, кафедрами. Обобщенная организационная модель представлена на рисунке 2.1

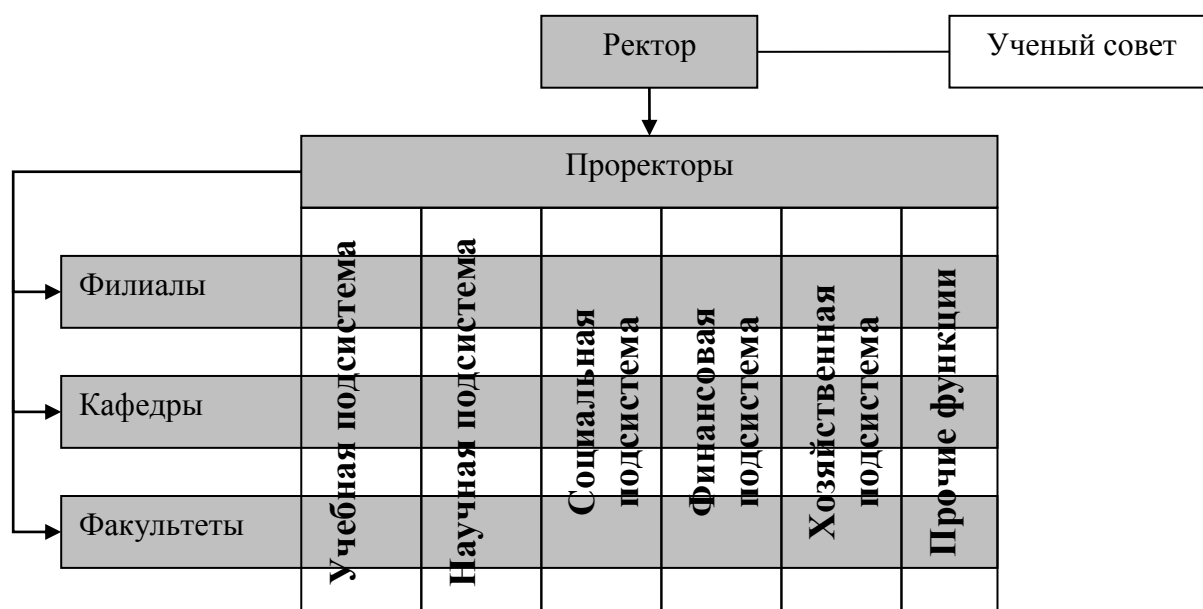


Рисунок 2.1 - Организационная модель вуза

Представленная на рисунке организационная модель является укрупненной. В отдельных университетах в процессах управления и развития могут участвовать попечительские совет, президент. Кроме того, в крупных мультиполярных вузах появляются самостоятельные отделения, центры, иногда независимые организации, созданные для решения определенных задач – проведения исследований, организации взаимодействий с внешним окружением – государством, предприятиями и организациями и т.п. Модели управления образовательной системой были рассмотрены и проанализированы в [114]:

- управленческо-организационная структура, замкнутая на руководителе,
- управленческо-организационная структура, формально замкнутая на управленческой команде,
- управленческо-организационная структура с расширенной управленческой командой,
- проектная управленческо-организационная структура,
- модульная управленческо-организационная структура,
- управленческо-организационная структура взаимодействия в воспитательном коллективе.

Вторым этапом после структурного описания системы является построение функциональной модели вуза. На входе образовательной системы вуз находятся абитуриенты, на выходе – подготовленные по различным образовательным программам специалисты-выпускники. Для выполнения этой задачи – «оказание образовательных услуг населению» - вузу необходимы ресурсы различных категорий: кадровые, материально-техническая база, учебные площади и т.д. Потребность в этих ресурсах обусловлена объемом оказываемых услуг. Кроме того, деятельность высшего учебного заведения регламентируется законодательно-правовой базой. Модель, отражающая сущность указанных процессов, была предложена Д.А. Новиковым [70].

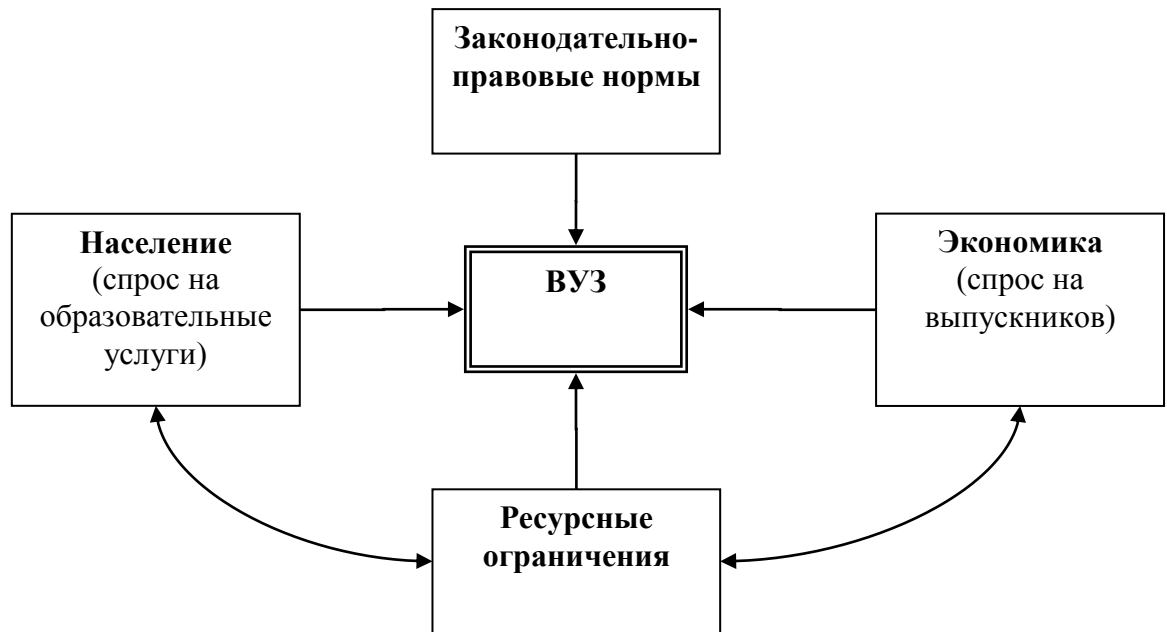


Рисунок 2.2 - Модель функционирования регионального вуза

Ресурсное обеспечение включает в себя следующие виды:

- кадровое,
- методическое и информационное,
- материально-техническое,
- социальное,
- обеспечение базами практик,
- финансовое.

Анализ процессов, связанных с осуществлением подготовки специалистов разного уровня, выполнен с помощью методологии функционального моделирования IDEF0. Особенностью предложенной модели является представление входных и выходных потоков не в виде ресурсов и потоков данных. В данной модели в качестве потоков указываются показатели, характеризующие качество процесса - на выходе, и показатели, влияющие на осуществление процесса – на входе. Таким образом, мы сможем получить некие измерители для оценки отдельных выявленных процессов.

Процесс обучения связан с преобразованием имеющихся ресурсов (входных потоков) с учетом требования управляющих потоков в выходные. В качестве ресурсов выступает спрос на образовательные услуги, спрос на рынке

труда на специалистов, ресурсообеспеченность. Управляющими потоками являются образовательные стандарты. На выходе системы: подготовленные бакалавры, магистры, специалисты, а в качестве измерительных параметров – уровень овладения компетенциями согласно образовательному стандарту. Система целиком представлена в виде контекстной диаграммы на рисунке 2.3.

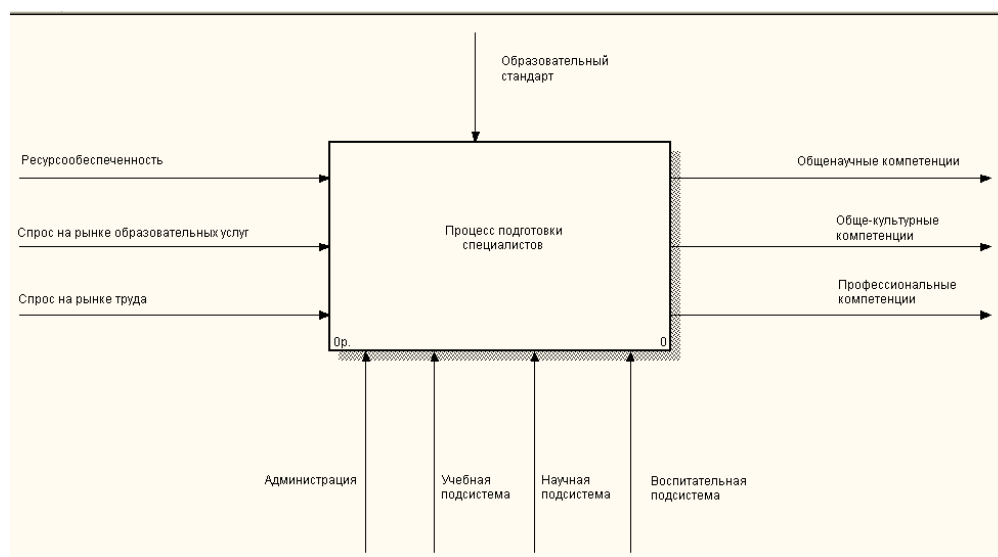


Рисунок 2.3 – Модель процесса подготовки специалистов (контекстная диаграмма)

Стоит отметить два входных информационных потока: показатели спроса на рынке труда и на рынке образовательных услуг, которые влияют как на качественные результаты, так и на организационные решения в учебном процессе.

Декомпозируем образовательный процесс на отдельные этапы (Рисунок 2.4)

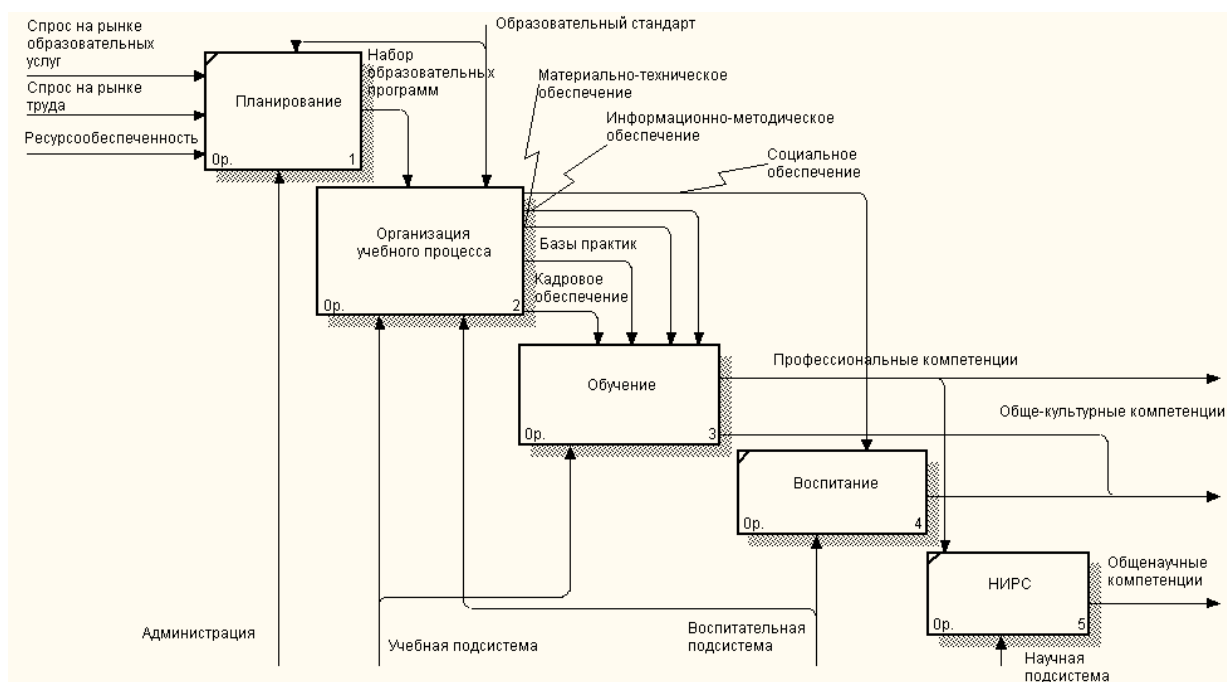


Рисунок 2.4 – Декомпозиция процесса подготовки специалистов

Отдельным блоком обозначен процесс планирования, который основывается на показателе ресурсообеспеченности, спроса как на образовательные услуги, так и на подготовленных специалистов. Выходом данного процесса является перечень образовательных программ, в рамках которых будет осуществляться образовательная деятельность.

Более детально процесс организации обучения представлен на рисунке 2.5. Он включает в себя следующие этапы организации отдельных видов необходимых ресурсов согласно требованиям образовательного стандарта по перечню выбранных образовательных программ. В качестве процессов выделены: организация методической работы, кадрового обеспечения, воспитательной работы, материально-технического обеспечения, а также организация практик и трудоустройства.

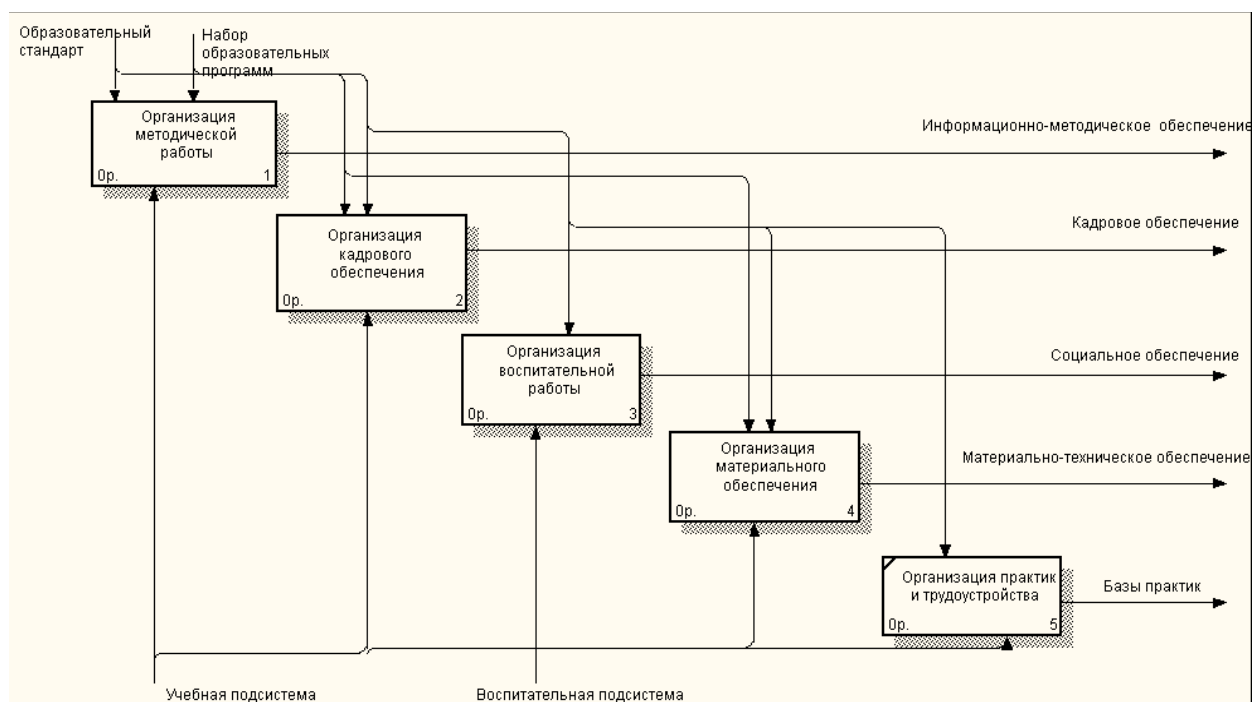


Рисунок 2.5 – Декомпозиция процесса организации подготовки специалистов

В результате декомпозиции на более детальные подпроцессы, были детализированы показатели ресурсообеспеченности на кадровое, материально-техническое, информационно-методическое, социальное обеспечение и базы практики. Дальнейшая детализация процессов позволит получить частные показатели для каждого из указанных видов обеспечения. На рисунке 2.6 представлена в качестве примера декомпозиция процесса организации методической работы, в результате декомпозиции определены следующие подпроцессы:

- организация работы библиотеки,
- разработка методического обеспечения учебного процесса,
- разработка и внедрение информационных технологий.

Качество реализации каждого из этих процессов характеризуются своим критерием, перечень которых в сумме детализирует комплексный показатель – информационно-методическое обеспечение. К этому перечню относятся:

- обеспеченность библиотечным фондом,
- наличие методических разработок и монографий,

- электронные библиотеки и базы знаний,
- программное обеспечение.
- 

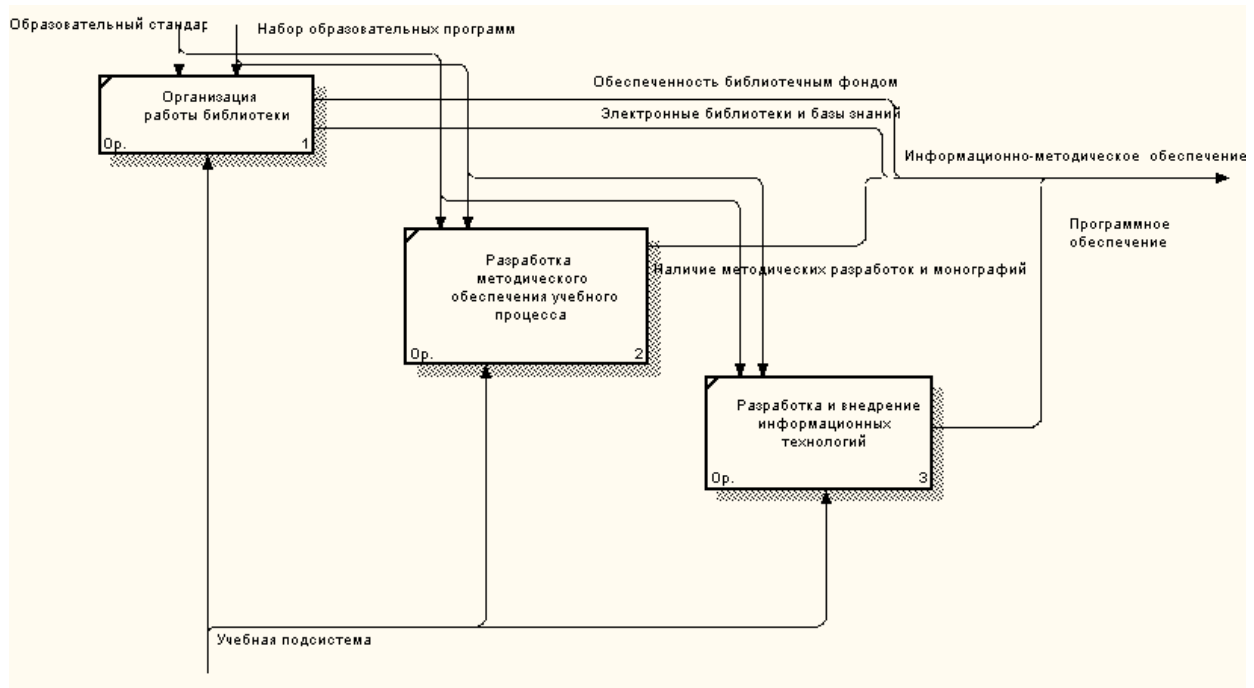


Рисунок 2.6 – Декомпозиция процесса организации методической работы

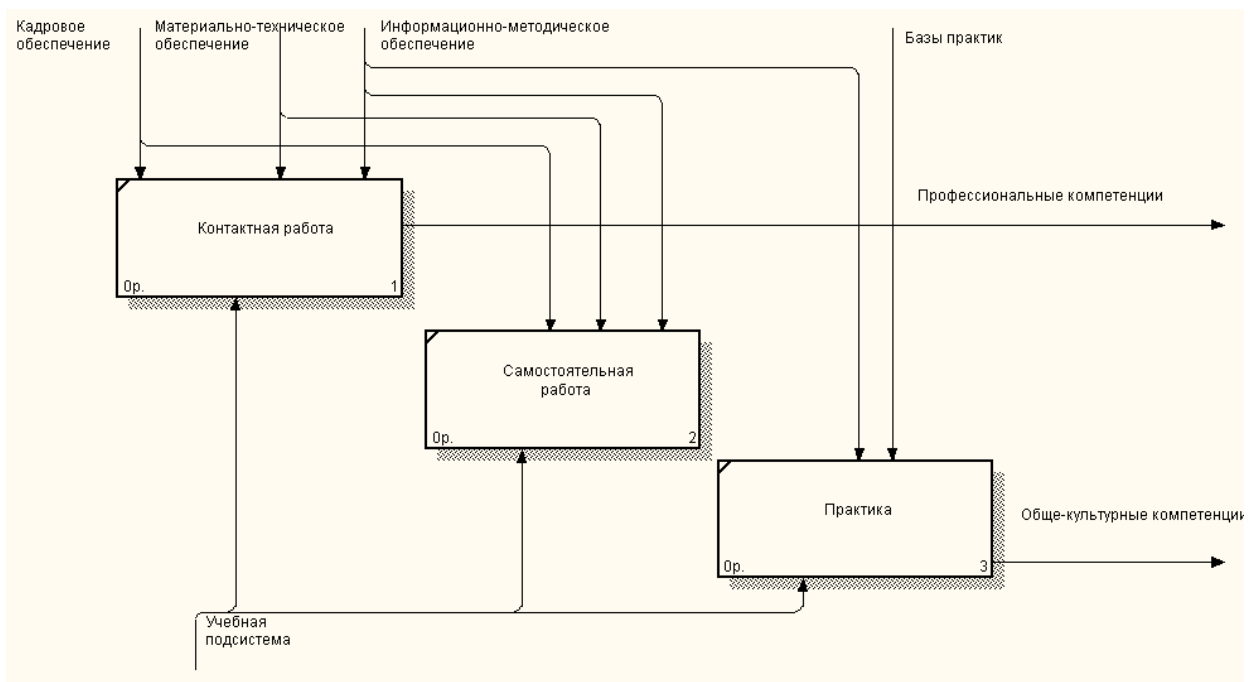


Рисунок 2.7 – Декомпозиция процесса обучения



Декомпозиция процесса обучения иллюстрирует основные составляющие процесса обучения: контактная работа, самостоятельная работа и различного вида практика на предприятиях. На качество реализации этих видов работ влияют указанные в схеме виды обеспечения образовательного процесса, а оценивается качество подготовки в уровне освоения различных компетенций, предусмотренных стандартом.

В построенной функциональной модели в качестве входов системы приведены показатели, влияющие на параметры качества подготовки специалистов, а в качестве выхода – параметры, характеризующие качество процессов. Управляющие потоки определяют нормы и требования к реализации указанных процессов.

Проведенное моделирование наглядно демонстрирует связь качества подготовки специалистов с определенными в работе комплексными критериями оценки образовательной программы, влияющие на ее выбор и дальнейшую реализацию в образовательной организации: ресурсообеспеченность программы, спрос на рынке образовательных услуг и перспективный спрос на рынке труда.

## **2.2 Модель задачи выбора управляющего воздействия на пакет образовательных программ**

Постановка задачи поддержки принятия решения в общем виде для лица, принимающего решения при управлении социально-экономической системой:

$$\text{ЛПР} := \langle Q, B, Y, f, K, Y^* \rangle, \quad (2.2)$$

где  $Q$  – нечеткая оценка обеспеченности ресурсами,

$B$  – множество нечетких ограничений при принятии решений,

$Y$  – множество альтернативных вариантов решений, из которых должно быть выбрано единственное оптимальное решение  $Y^*$ .

$f = f(Y)$  – функция предпочтения для оценки решений;

$K$  – иерархия нечетких критериев выбора решения  $Y^*$ .

Исходя из модели, предложенной Д.А. Новиковым, представленной на рисунке 2.2, к ограничениям В, действующим на функционирование вуза и принятие решения, относятся:

- удовлетворение спроса на услуги со стороны населения;
- удовлетворение спроса на специалистов;
- обеспеченность ресурсами с учетом их качества (кадровыми, материальными, финансовыми);
- выполнение нормативных требований со стороны государственных органов.

Эти ограничения являются входными данными при принятии решения, исходящей будет информации о принятом решении.

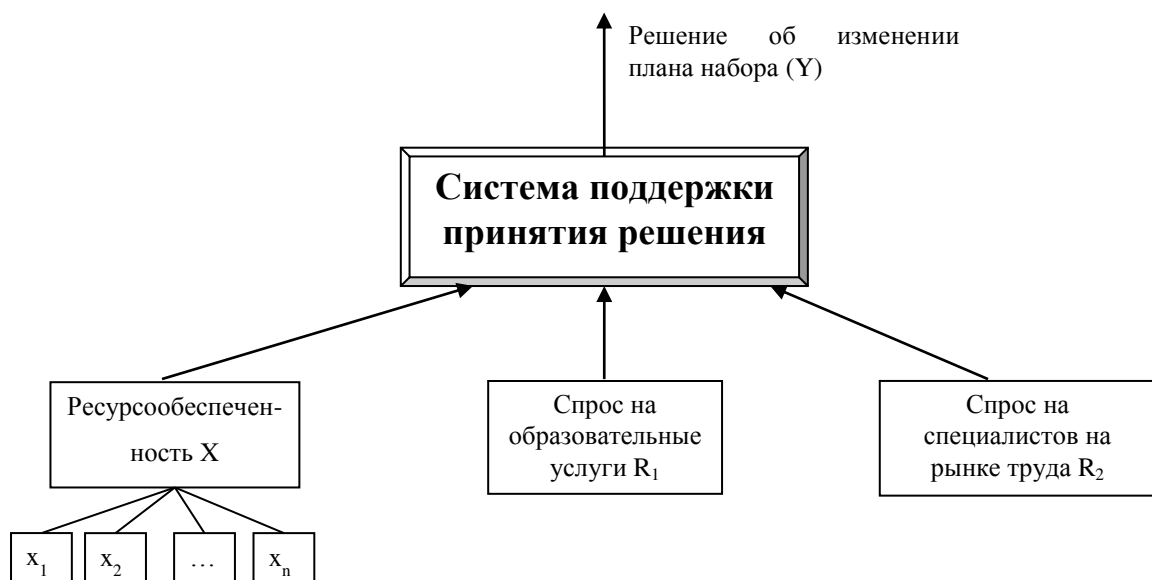


Рисунок 2.7 – Модель задачи принятия решения

При принятии решения о выборе образовательной программы необходимо выполнять следующие ограничения:

- обеспечивать набор абитуриентов по образовательной программе с учетом спроса на образовательные услуги;
- обеспечивать выпуск специалистов с учетом спроса на рынке труда;

– в процессе подготовки выполнять требования по обеспечению учебного процесса всеми необходимыми ресурсами должного качества; к этим ресурсам относятся материальные, кадровые, научные и т.п.

Ресурсообеспеченность  $X$  – это комплексный входной параметр, зависящий от перечня частных показателей качества обеспеченности учебного процесса  $x_i$ .

$$X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\} \quad (2.3)$$

Спрос на рынке труда  $R_2$  также является нечетким комплексным показателем, рассчитываемым на основании перечня частных критериев, каждый из которых сможет охарактеризовать трудоустройство с точки зрения соответствия уровня образования, оплаты труда и т.д.

$$R_2 = \{z_1, z_2, \dots, z_n\} \quad (2.4)$$

Сформировать перечень частных показателей и выстроить их в иерархию – одна из задач данного исследования и будет рассмотрена ниже.

В представленной модели параметры, которые необходимо учитывать при принятии решения, не могут быть сформулированы в числовых, точно измеренных значениях. Например, спрос на рынке образовательных услуг и рынке труда учитывается не в точном измерении, а в некотором диапазоне значений. С другой стороны, достаточно сложно измерить ресурсообеспеченность в рамках подготовки на одном направлении, это касается и таких параметров, как информационное и материальное обеспечение из расчета на планируемый контингент. Эти ресурсы можно было бы оценить с точки зрения качества и достаточности по экспертным оценкам, например «кадровое обеспечение на высоком уровне» [39].

Оценку входных параметров будем осуществлять с точки зрения их соответствия нормативам: соответствует норме, ниже нормы, выше нормы и т.п.

Таким образом, для подсистемы управления планированием перечнем образовательных программ в вузе входными переменными будут:

– множество  $X$  показателей ресурсообеспеченности образовательных программ, характеризующих качество образовательного процесса;

– показатель  $R_1$  – спроса на рынке образовательных услуг на данную образовательную программу;

– показатель  $R_2$  – перспективная оценка спроса на специалистов по данной образовательной программе по прошествии периода обучения.

Управляемым фактором является решение о выборе одной из нескольких образовательных программ.

Формальная постановка задачи: пусть имеется множество образовательных программ  $\{Y_i\}$ . Каждая программа характеризуется:

– множеством нечетких критериев ресурсобеспеченности  $\{X_j\}$ , оцененных лингвистическими термами  $\{B_{ij}\}$  – оценками  $j$ -того критерия для  $i$ -ой образовательной программы, где каждая оценка  $b_{ij}$  является лингвистическим термом, описанным в виде нечеткого множества, имеющего функцию принадлежности  $\mu_{b_{ij}}(x)$ ,  $x \in R$ ;

– нечетким критерием спроса на рынке образовательных услуг  $R_1$  оцененным лингвистическим термом  $s_i$  для  $i$ -ой образовательной программы, где  $r_i$  является лингвистическим термом, описанным в виде нечеткого множества, имеющего функцию принадлежности  $\mu_{r_i}(x)$ ,  $x \in R$ ,

– нечетким критерием спроса на рынке труда  $R_2$  оцененным лингвистическим термом  $v_i$  для  $i$ -ой образовательной программы, где  $v_i$  является лингвистическим термом, описанным в виде нечеткого множества, имеющего функцию принадлежности  $\mu_{v_i}(x)$ ,  $x \in R$ .

Лингвистическая оценка  $j$ -го критерия по  $i$ -й образовательной программе  $b_{ij}$  отражает относительное отклонение значения данного критерия от нормативного – выше нормы, соответствую норме, ниже нормы:

$$b_{ij} = \frac{b_{ij} - b_{ij\text{норм}}}{b_{ij\text{норм}}} \cdot 100\% \quad (2.5)$$

Лингвистическая оценка  $s_i$  спроса на  $i$ -ую образовательную программу отражает относительное отклонение значения данного критерия от предложения  $p_i$  на рынке образовательных услуг – выше предложения, соответствую предложению, ниже предложения:

$$s_i = \frac{s_i - p_i}{p_i} \cdot 100\% \quad (2.6)$$

Лингвистическая оценка  $v_i$  спроса на рынке на специалистов, подготовленных по  $i$ -й образовательной программе отражает относительное отклонение значения данного критерия от предложения  $w_i$  на рынке труда– выше предложения, соответствую предложению, ниже предложения:

$$v_i = \frac{v_i - w_i}{w_i} \cdot 100\% \quad (2.7)$$

Комплексная оценка образовательной программы определяется функцией

$$K_i = f(\{B_{ij}\}, s_i, v_i) \quad (2.8)$$

Необходимо разработать методику определения значения функции  $f$  и выбора образовательной программы  $Y^*$ , для которой

$$f(\{B_{ij}\}, s_i, v_i) \rightarrow \max \quad (2.9)$$

Таким образом, максимальное значение комплексного критерия означает максимальное превышение значений показателей от нормативных.

При решении поставленной задачи также необходимо сформулировать и построить систему показателей, которая позволит всесторонне оценить объект исследования. Она должна, с одной стороны, в полной мере охватывать цели и задачи вуза, с другой – быть сбалансированной и практически реализуемой.

### **2.3 Метод построения иерархии критериев на основе онтологического анализа системы**

При решении задач принятия решения важной задачей является формирование системы показателей, влияющих на принятие решения. При управлении сложными социально-экономическими системами набор показателей может быть достаточно широким, и для получения возможности его анализа имеет смысл выстраивать показатели в иерархию. Для слабоструктурированных систем представление в виде иерархической структуры, в которой описано дерево критериев, где более общие критерии разделяются на критерии частного характера является наиболее удобным способом [1]. Предполагается, что

элементы системы могут группироваться в несвязные множества. Строится иерархическая модель в виде ориентированного графа без контуров:

$$G = (Z, W), \quad (2.10)$$

где  $Z$  – множеством вершин критериев,

$W$  - множество дуг – коэффициентов зависимости одного критерия от другого.

Граф  $G$  имеет структуру дерева, если его вершины можно расположить на непересекающихся уровнях  $V_1, \dots, V_M$  так, что дуги графа соединяют только вершины смежных уровней, причем дуги ведут сверху вниз, с уровня  $V_i$  на уровень  $V_{i+1}, i=1, \dots, M-1$ ; все вершины, из которых дуги не выходят, находятся на уровне  $V_M$  [1].

Методы построения иерархий критериев разделяются на методы, основанные на экспертных оценках [88], а также, методы автоматической генерации иерархии критериев [124], [94]. Однако автоматическая генерация иерархии критериев возможна на основе обучающей выборки, сопоставляющей входы и выходы системы, полученные в результате экспериментов. Для социально-экономических систем, как было отмечено ранее, получение экспериментальных измерений чрезвычайно затруднено и имеет долговременный характер, что делает невозможным их применение.

Процедуры формирования и преобразования несвязных множеств в иерархию приводятся в работе [123]:

- разделение – эта операция возможна в случае, если могут быть выделены подмножества критериев, которые могут изменяться в независимости от других;
- параметрическая декомпозиция – декомпозиция общей задачи на подзадачи путем фиксации значений некоторых критериев;
- структурная декомпозиция – определяет вид подзадач, но не предлагает методов построения;
- преобразование переменных – упрощение системы путем введения новых переменных, которые связаны с первоначальными критериями;

- преобразование Лагранжа – упрощение системы ограничений путем введения множителей Лагранжа;

- развитие задачи – введение упрощений в задачу, применение аппроксимаций, удаление переменных, не существенно влияющих на результат.

В [4] описаны основные типы декомпозиции в задачах управления сложными системами:

- функциональная декомпозиция, в которой учитываются функции, выполняемые отдельными подсистемами,

- пространственная декомпозиция,

- декомпозиция по времени.

В разработанном методе используется принцип структурно-функциональной декомпозиции системы на основе ее онтологического анализа. Функциональная декомпозиция позволит построить иерархию процессов и описать показатели их выполнения. Используя технологию вывода на онтологиях, формируется иерархия показателей, описывающих данные процессы.

Онтологический подход начинается с выделения инфологических и функциональных аспектов моделируемой системы в соответствующую онтологию[97]. Первым этапом построения онтологии, на основе которой возможно автоматизированное построение иерархии критериев, является выделение структурных и функциональных элементов – определений данной системы.

«Онтологический анализ – аналитическая работа с целью определения и объединения релевантных информационно-логических и функциональных аспектов исследуемой системы в соответствующей содержательной онтологии» [27]. Для выделенных аспектов, которые в онтологии будут выстроены в связанную таксономию, необходимо определить параметры или критерии их выполнения.

Основой для разработки онтологии являются результаты структурно-функционального анализа системы, результаты которого были приведены ранее. На этом этапе были выделены структурные элементы системы управления,

процессы, реализующие определенные виды деятельности. Кроме того, онтология описывает показатели, характеризующие качество реализации указанных процессов. Описание показателей позволяет избежать разночтений при использовании их в предлагаемой системе поддержки принятия решения. Основные элементы онтологии и взаимосвязи между ними схематично представлены на рисунке 2.8.

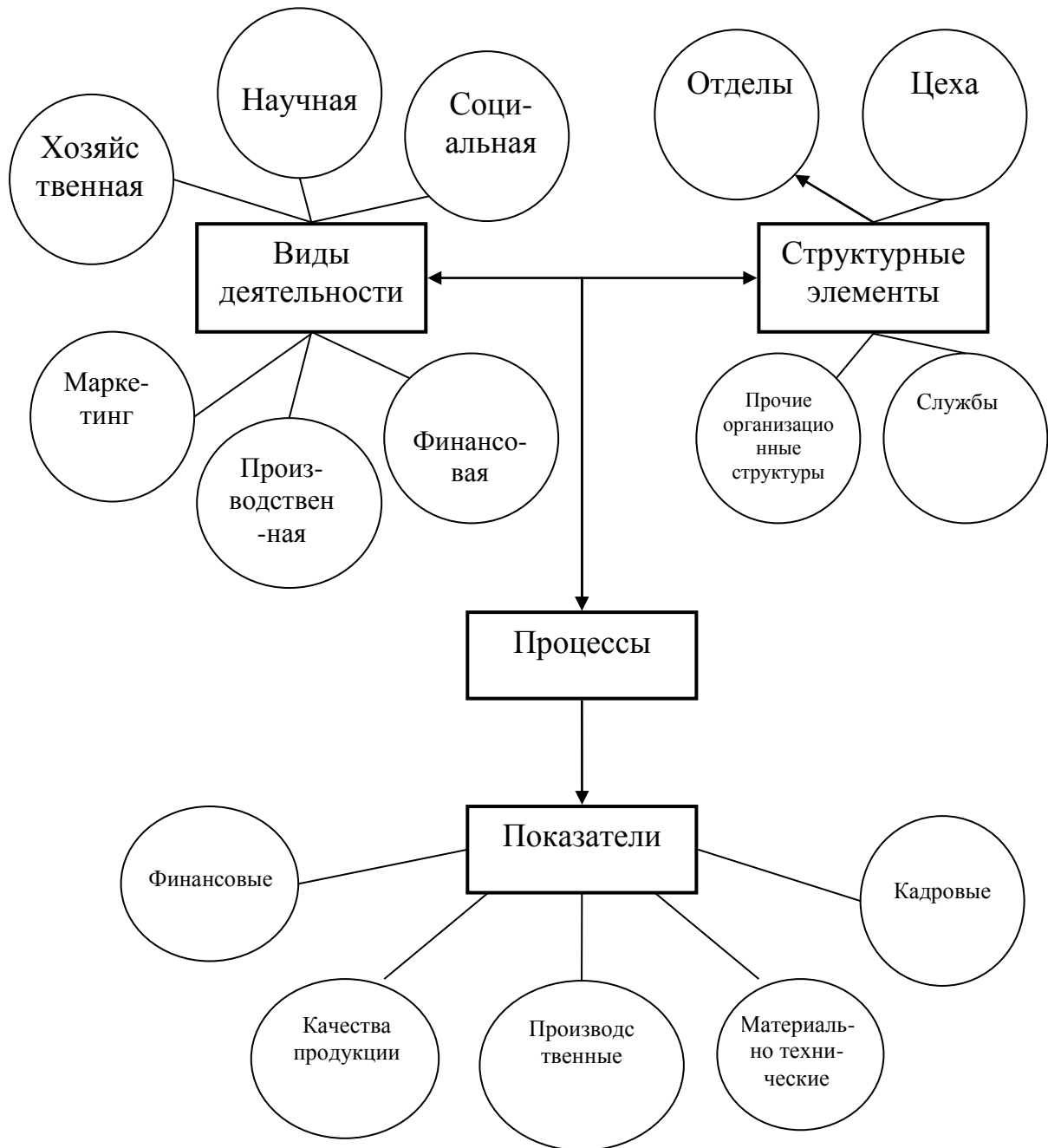


Рисунок 2.8 - Типовая схема элементов онтологии



Для построения онтологий используются различные спецификации – неформальные и в логических моделях. «В неформальном представлении онтология может специфицировать коллекцию понятий в форме определений, изложенных на естественном языке» [95]. Такие онтологии содержат набор терминов, объединенных некими семантическими связями. Вербальная онтология определяется кортежем  $\langle C, S \rangle$ , где  $C$  – множество вербально определенных понятий,  $S: C \times C$  – множество семантических связей, понятий. В данном типе онтологий затруднена алгоритмическая обработка данных, применимы только поисковые запросы.

Онтологии, основанные на логиках, имеют формальное описание и могут применяться в алгоритмах вывода на онтологиях. Для описания формальных онтологий применяются специализированные языки, например, RDF, RDF Schema, OWL, DL и т.д. Целый класс современных формальных онтологических моделей основан на всевозможных видах дескриптивных логик. Дескриптивные логики позволяют обеспечить с одной стороны описание понятий предметной области, с другой стороны обладают хорошими вычислительными свойствами. «Они характеризуются набором конструкций, которые позволяют создавать сложные понятия и отношения из простых и при этом оставляют возможность автоматического логического вывода для решения определенных задач» [20].

Онтология в моделях, основанных на дескриптивной логике, определяются кортежем

$$\langle C, R, H_C, H_R, I, A \rangle, \quad (2.11)$$

Где  $C$  – множество классов,

$R: C \times C$  – множество свойств классов,

$H_C: C \times C$  – иерархия классов,

$H_R: R \times R$  – иерархия отношений,

$I$  – множество индивидов,

$A$  – множество аксиом над классами и ограничений отношений.

Формальная онтология организационно-функциональной структуры социально-экономической системы является основой для разработки иерархии показателей, которые могут использоваться в системе поддержки принятия решений.

Отличительной особенностью дескриптивных логик является упор на формальный вывод, который позволяет извлекать новые знания из тех, которые были явно заданы в базе знаний [20]. Важнейшим свойством дескриптивных логик является их способность строить иерархии на концептах. Именно это свойство используется при построении иерархии критериев.

Процедура построения иерархии критериев с использованием онтологии на основе дескриптивной логики включает в себя следующие этапы (рисунок 2.9):

1. Структурно-функциональный анализ социально-экономической системы. Выявление организационных элементов, процессов.
2. Построение набора определений для выявленных элементов.
3. Описание неформальной онтологии из выявленных понятий.
4. Построение формальной онтологии на основе дескриптивной логики.
5. Логический анализ онтологии с помощью машины вывода. Формирование иерархии классов, проверка онтологии на выполнимость и непротиворечивость.
6. Выделение в иерархии классов свойств процессов, построение их в иерархию показателей.

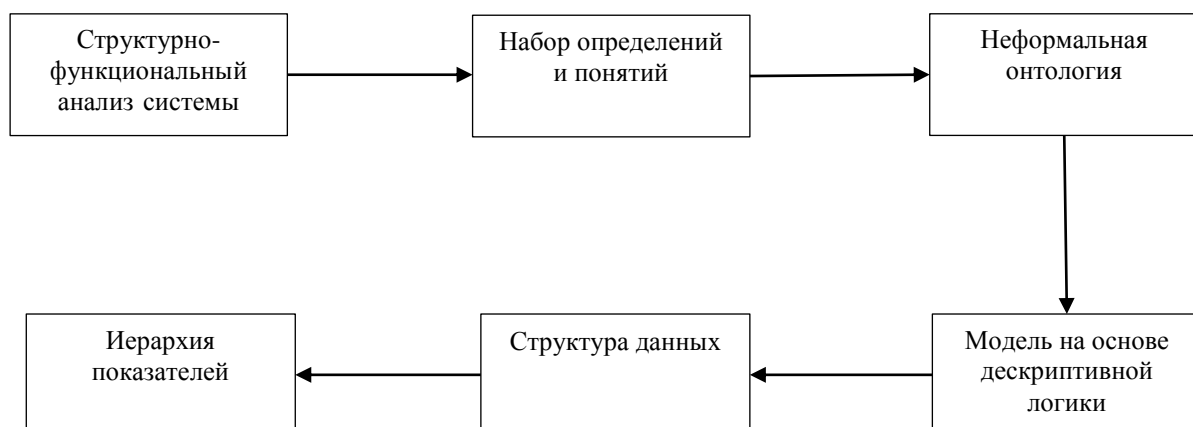


Рисунок 2.9 – Процедура построения иерархии показателей на основе формальной онтологии

В организационно – функциональной онтологии системы иерархия классов представляет собой иерархию организационных элементов (служб, отделов и т.п.) и подчиненных им функций, процессов и подпроцессов. Каждому процессу соответствуют показатели качества, результативности их выполнения. Таким образом, если представить таксономию понятий онтологии – показатели как классы онтологии не будут иметь подчиненных элементов. В иерархии же показателей – критериев их индекс будет соответствовать индексу родительского элемента – процесса в иерархии функций.

Примерная схема элементов онтологии представлена на рисунке 2.10, которая представляет собой граф таксономии сущностей онтологии. Показатели выполнения процессов, подпроцессов, работы отдельных структурных элементов обозначены  $K_{ij}$ , где  $i$  – номер процесса на данном уровне иерархии,  $j$  – номер показателя процесса.  $N$  – количество уровней иерархии в организационно-функциональной модели. Столько же уровней иерархии будет и в структуре показателей.

В таксономии сущностей всей онтологии необходимо выделить сущности, которые связаны с процессами ролью – «есть характеристика для». Если  $R$  – роль «есть характеристика для»,  $C$  – множество процессов, то для определения иерархии показателей необходимо получить множество элементов, соответствующих следующему условию:

$$K \equiv \forall R.C \quad (2.12)$$

Множество показателей  $K$  выстраивается в иерархию согласно тому уровню, на котором находится характеризующий процесс. То есть,

$$\text{если } C_1 \subseteq C_2, K_1 \equiv R.C_1, K_2 \equiv R.C_2, \text{ то } K_1 \subseteq K_2, \quad (2.13)$$

где  $C_1, C_2$  – процессы,  $R$  – роль «есть характеристика для»,  $K_1, K_2$  – критерии.

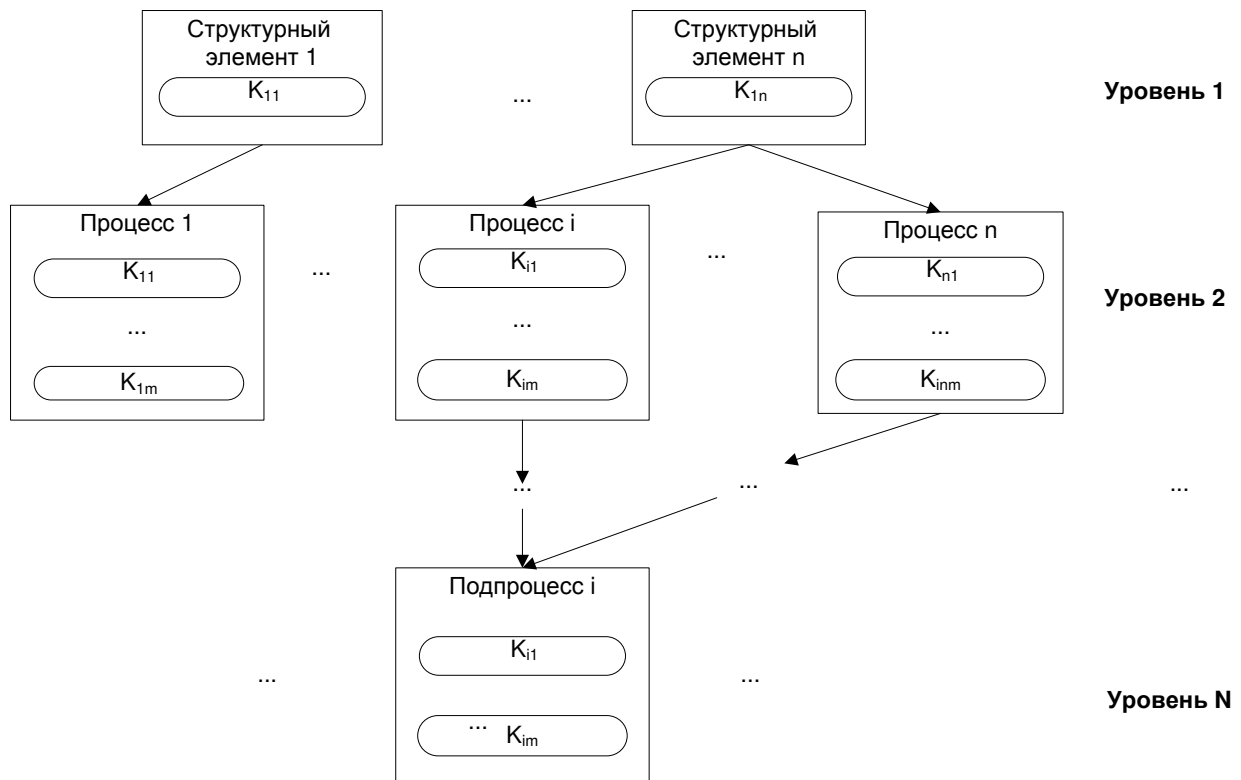


Рисунок 2.10 –Схема элементов онтологии

Предложенная процедура была апробирована на задаче построения иерархии критериев функционирования регионального вуза. Построение онтологии велось в редакторе Protégé. Построение онтологии начинается с определения классов. Иерархия классов представлена на рисунке 2.11.

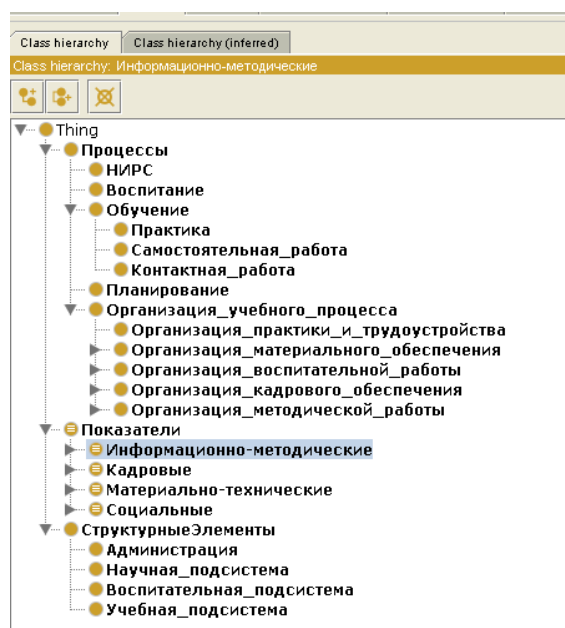


Рисунок 2.11 – Иерархия классов онтологии

Для описания взаимосвязи элементов используется синтаксис дескриптивной логики. Кроме понятия «включения» одного класса в другой в Protégé (subclass), нужно определить и другие «роли» в отношениях. Для этого описываются свойства объектов. Для нашей онтологии это будет две пары ролей: «характеризуется» и «является характеристикой», «реализует» и «реализуется в». Эти пары свойств являются функциональными и инверсивными относительно друг друга (Рисунок 2.12).

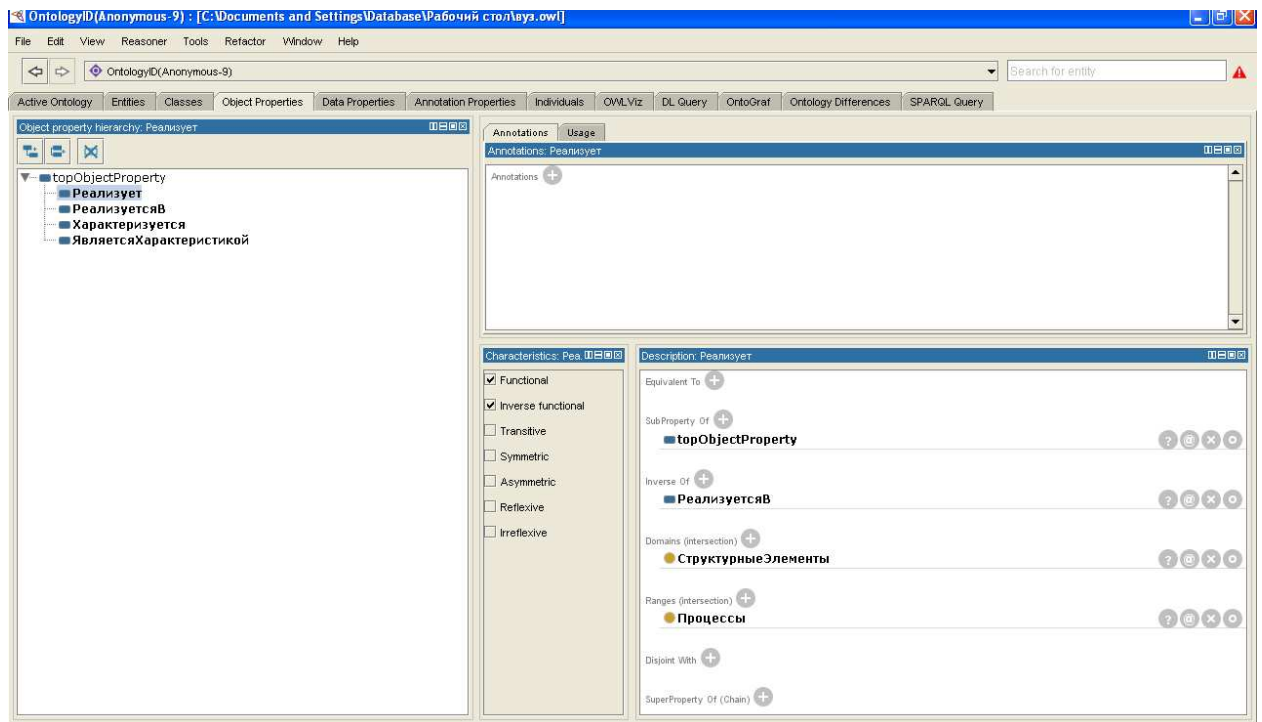


Рисунок 2.12 – Описание свойств объектов

Первая пара используется для описания связей между подклассами объектов «Процессы» и «Структурные элементы». Вторая пара описывается взаимосвязь между процессами и показателями, которые выполняют данную деятельность.

В дереве объектов, используя синтаксис дескриптивной логики, описываем взаимосвязь между объектами. Например,

Процессы  $\subseteq$  РеализуетсяВ.СтруктурныеЭлементы

Процессы  $\subseteq$  Характеризуется.Показатели

В Protégé данные факты описываются в свойстве subclass (Рисунок 2.13).

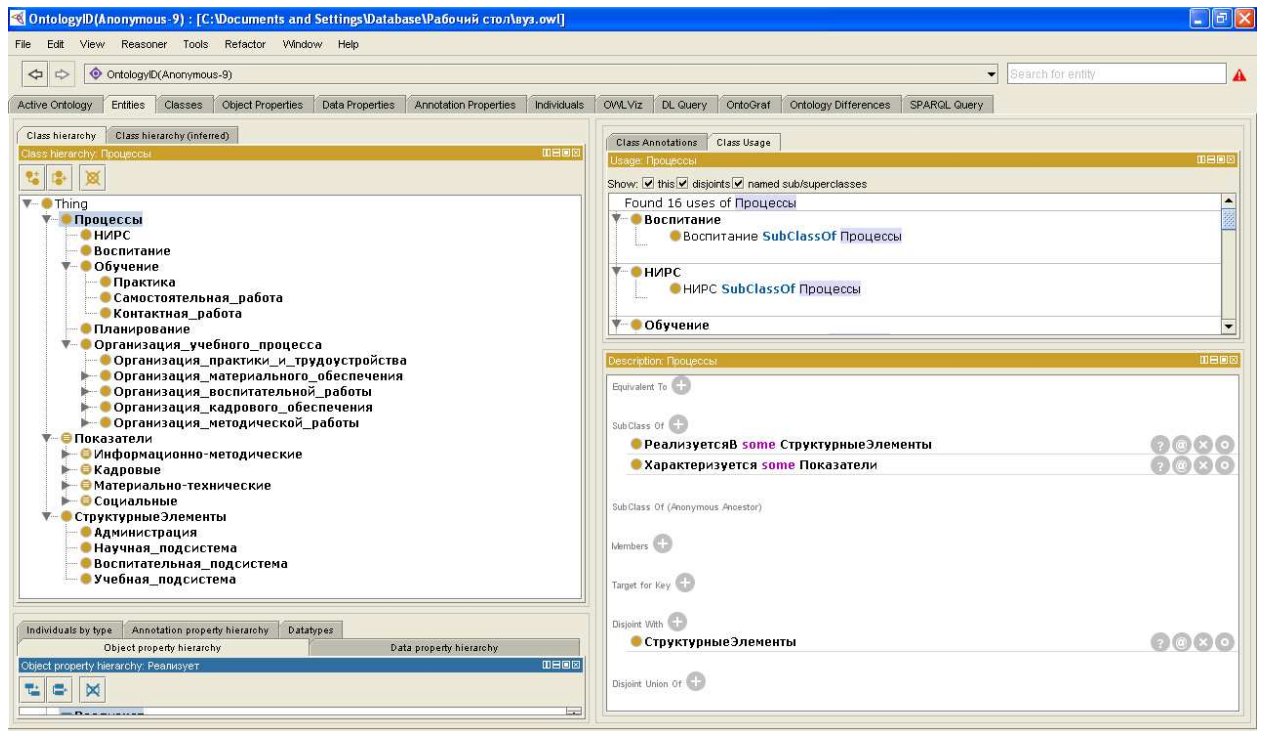


Рисунок 2.13 – Описание связей между классами

Для построения иерархии, для нахождения новых связей и новых правил на основе заложенных, используются программы вывода на онтологиях Resoner. В данном исследовании использовался FaСТ++. С помощью программы вывода была построена иерархия объектов, созданы неявные связи между показателями и функциями.

Часть построенной иерархии объектов представлена с помощью графического редактора OntoGraf на Рисунок 2.14.

На рисунке выделена связь процесса «Разработка и внедрение информационных технологий» с показателем выполнения данного процесса «Программное обеспечение». Связь описывается свойством «Характеризуется». Также на рисунке 2.14 видно, что процесс «Разработка и внедрение информационных технологий» является подклассом процесса «Организация методической работы». Соответственно выстроена иерархия показателей: показатель «Программное обеспечение» является подклассом Информационно-методических показателей

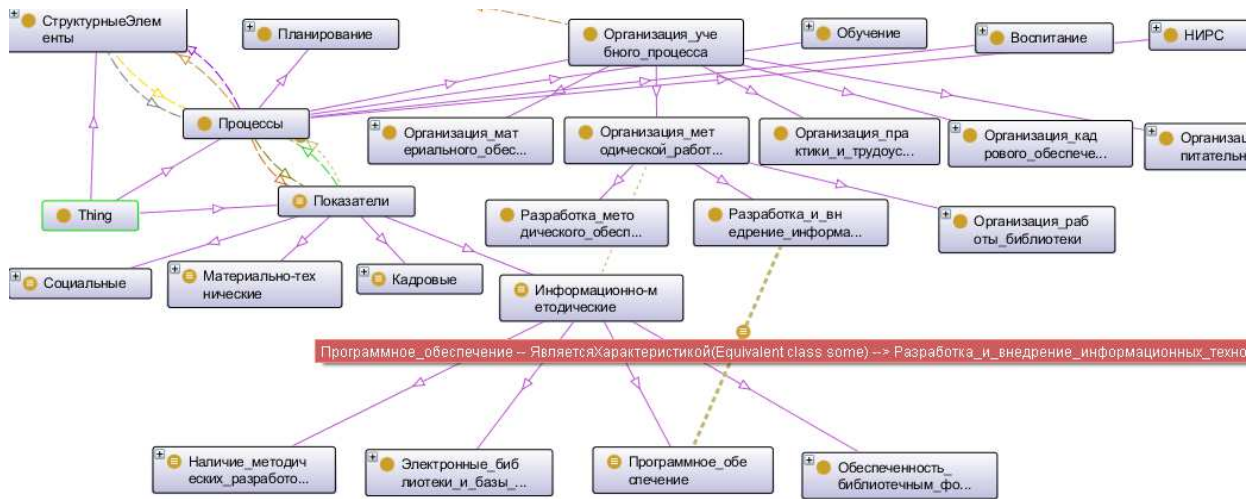


Рисунок 2.14 – Графическое представление связей между классами

Для того, чтобы в представленной онтологии выбрать только концепты, являющиеся показателями, и выстроить их в иерархию, необходимо выбрать все сущности, которые связаны ролью «Является характеристикой». Для выполнения данного запроса воспользуемся модулем Protégé DL Query.

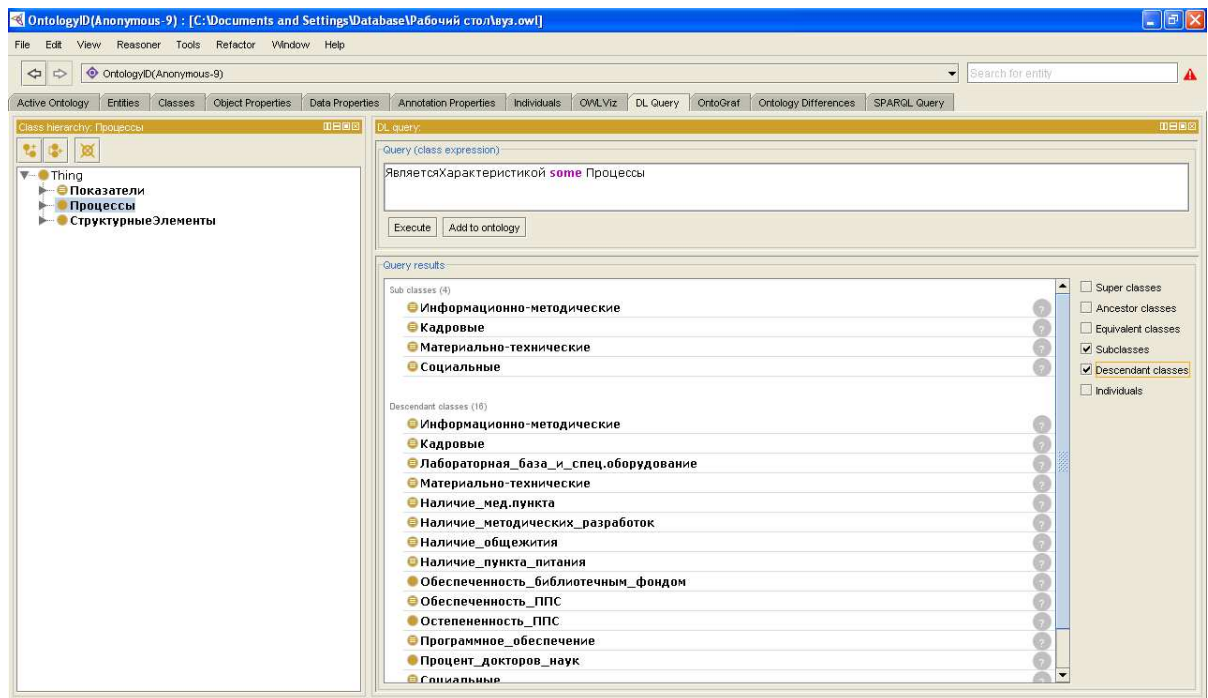


Рисунок 2.15 – Выбор показателей из объектов онтологии

На рисунке 2.15 представлен результат выполнения запроса к онтологии – получена выборка критериев. Таким образом, была продемонстрирована возможность применения онтологического анализа для построения иерархии критериев.

Данная онтология кроме задачи построения иерархии критериев позволяет выполнить анализ влияния отдельных показателей на суммарную комплексную оценку, для выработки управляющего воздействия на значения частных показателей. Также в онтологии возможно проследить связь между значением корректируемого показателя и организационной структурой, отвечающей за формирование данного показателя.

## 2.4 Выводы по второй главе

1) В результате системного анализа были построены структурная модель вуза и модель процесса подготовки специалистов. Предложенная модель процесса подготовки специалистов отличается тем, что отражает не ресурсы, а показатели качества выполнения каждого подпроцесса, и те показатели, значения которых влияют на эффективность данного подпроцесса.

2) Выявлены ограничения, действующие на функционирование вуза и принятие решения, а именно: удовлетворение спроса на услуги со стороны населения; удовлетворение спроса на специалистов; обеспеченность ресурсами с учетом их качества (кадровыми, материальными, финансовыми и т.п.); выполнение нормативных требований со стороны государственных органов.

3) Сформулирована задача принятия решения при управлении набором образовательных программ. Необходимо разработать методику определения значения функции  $f$  и выбора образовательной программы  $Y^*$ , для которой  $f(\{B_{ij}\}, s_i, v_i) \rightarrow \max$

4) Разработана процедура построения иерархии критериев на основе онтологического анализа. Данная процедура описывает процесс построения такой онтологии, на основании которой можно сформировать иерархию критериев. Основой для построения таксономии понятий являются результаты структурно-функционального моделирования

Основные результаты данной главы опубликованы в следующих работах: [103], [14], [12],[ 13], [104]



### **Глава 3. Разработка методики и алгоритма принятия решения при управлении перечнем образовательных программ**

Содержание третьей главы включает в себя описание предлагаемой методики принятия решения. Предлагаемая методика описывает процедуру выбора образовательной программы из множества имеющихся альтернатив с помощью алгоритма комплексного оценивания. Данная методика позволяет выбрать ту образовательную программу, которая имеет максимальную комплексную оценку, определяемую из нечетких показателей ресурсообеспеченности, спроса на рынке образовательных услуг и спроса на рынке труда.

Также в третьей главе предложен способ комплексного оценивания, который отличается возможностью использования нечетких лингвистических оценок параметров, избегая необходимости фазификации и дефазификации на каждом уровне иерархии.

#### **3.1 Определение показателей методики принятия решения**

В методике используется иерархия показателей, построенная по результатам исследования во второй главе. В данной иерархии показатель ресурсообеспеченности в общем делится на кадровую, информационно-методическую, материально-техническую, социальную обеспеченность и базы практик. Показатели, характеризующие отдельные категории ресурсообеспеченности также являются комплексными (Рисунок 3.1).

Кроме оценки качества ресурсообеспеченности рассматриваемого направления подготовки, необходимо оценить спрос на образовательные услуги, а также спрос на выпускников данного направления на рынке труда.

Оценка спроса на образовательные услуги ведется на основе маркетинговых исследований рынка. В результате исследований необходимо ответить на вопрос, насколько удовлетворена потребность на данный вид услуг на

региональном рынке. Данная оценка может быть выполнена исходя из анализа конкурса на исследуемое направление подготовки при поступлении абитуриентов. Если конкурс высокий, значит, спрос превышает предложение и наоборот.



Рисунок 3.1 – Классификация параметров ресурсообеспеченности

Анализ спроса на выпускников на рынке труда – достаточно сложная задача, так как он должен рассматривать спрос с перспективой на 4 года. Варианты решения этой задачи предложены в [32, 3, 113].

Один из методов, оценки спроса на рынке труда, предложенный в [32], описывает расчет интегральной нечеткой оценки на основе пяти количественных и двух нечетких критериев использовался в данной работе.

Принятие решение об изменении набора по направлению зависит от значения 15 факторов  $x_i$ .

Нечеткая иерархическая система в данном случае моделирует зависимость

$$K_i = f(x_1, x_2, \dots, x_{15}), \quad (3.1)$$

где,  $K_i$  – комплексная оценка образовательной программы  $Y_i$ ,  $x_1, x_2, \dots, x_{15}$  – нечеткие параметры, описывающие спрос и ресурсообеспеченность для нее.

Входами для этой системы являются 15 параметров:

- $x_1$  – обеспеченность дисциплин преподавателями,
- $x_2$  – общая остепененность преподавателей,
- $x_3$  – доля преподавателей со степенью доктора наук,
- $x_4$  – книгообеспеченность библиотечным фондом,
- $x_5$  – обеспеченность методическими разработками и монографиями,
- $x_6$  – электронные библиотеки и базы знаний,
- $x_7$  – программное обеспечение,
- $x_8$  – учебные площади,
- $x_9$  – лабораторная база и специализированное оборудование,
- $x_{10}$  – общежитие,
- $x_{11}$  – мед. пункт,
- $x_{12}$  – пункт питания,
- $x_{13}$  – обеспеченность базами практик,
- $x_{14}$  – спрос на образовательные услуги,
- $x_{15}$  – спрос на специалистов на рынке труда.

Показатель  $x_{15}$  является комплексным и рассчитывается по отдельной методике на основе 7 показателей, предложенным в [45]:

- $w_1$  – доля специалистов исследуемой специальности (СИС) в общем количестве соискателей, обратившихся в службу занятости в период времени  $t$ ,
- $w_2$  – доля трудоустроившихся СИС в общем количестве трудоустроившихся,
- $w_3$  – доля СИС, направленных на переобучение, в общем количестве зарегистрированных в службе занятости СИС в период времени  $t$ ,
- $w_4$  – критерий, описывающий динамику трудоустройства СИС в исследуемый период времени  $t$ ,
- $w_5$  – критерий, описывающий динамику заполнения поступивших в период времени  $t$  вакансий,
- $w_6$  – нечеткий критерий, определяющий степень соответствия вакансий следуемой специальности,

–  $w_7$  – нечеткий критерий, определяющий степень соответствия рабочих мест исследуемой специальности.

Рассматриваемая методика предполагает расчет двух интегральных факторов TSZ, VSZ:

- TSZ{ $w_1, w_2, w_3, w_4, w_7$ } – степень возможности трудоустройства СИС,
- VSZ{ $w_5, w_6$ } – динамику поступления и заполнения вакансий.

Окончательно спрос описывается переменной:

$$RSZ = f \{TSZ, VSZ\} \quad (3.2)$$

Значение каждого из указанных параметров определяется нечетким множеством с функцией принадлежности  $\mu_x(t)$ , где  $t$  – множество допустимых значений критерия.

Данная иерархическая нечеткая система включает следующие подсистемы:

$y_1$  – кадровое обеспечение:

$$y_1 = f_1(x_1, x_2, x_3), \quad (3.3)$$

$y_2$  – информационно- методическое обеспечение:

$$y_2 = f_2(x_4, x_5, x_6, x_7), \quad (3.4)$$

$y_3$  –материально-техническое обеспечение:

$$y_3 = f_3(x_8, x_9), \quad (3.5)$$

$y_4$  –социальное обеспечение:

$$y_4 = f_4(x_{10}, x_{11}, x_{12}), \quad (3.6)$$

$y_5$  – общая ресурсообеспеченность:

$$y_5 = f_5(y_1, y_2, y_3, y_4, x_{13}), \quad (3.7)$$

$x_{15}$  – показатель спроса на рынке труда:

$$x_{15} = f_6(w_1, w_2, w_3, w_4, w_5, w_6, w_7). \quad (3.8)$$

$K_i$  – комплексная оценка  $i$ - й образовательной программы:

$$K_i = f(x_{14}, x_{15}, y_5) \quad (3.9)$$

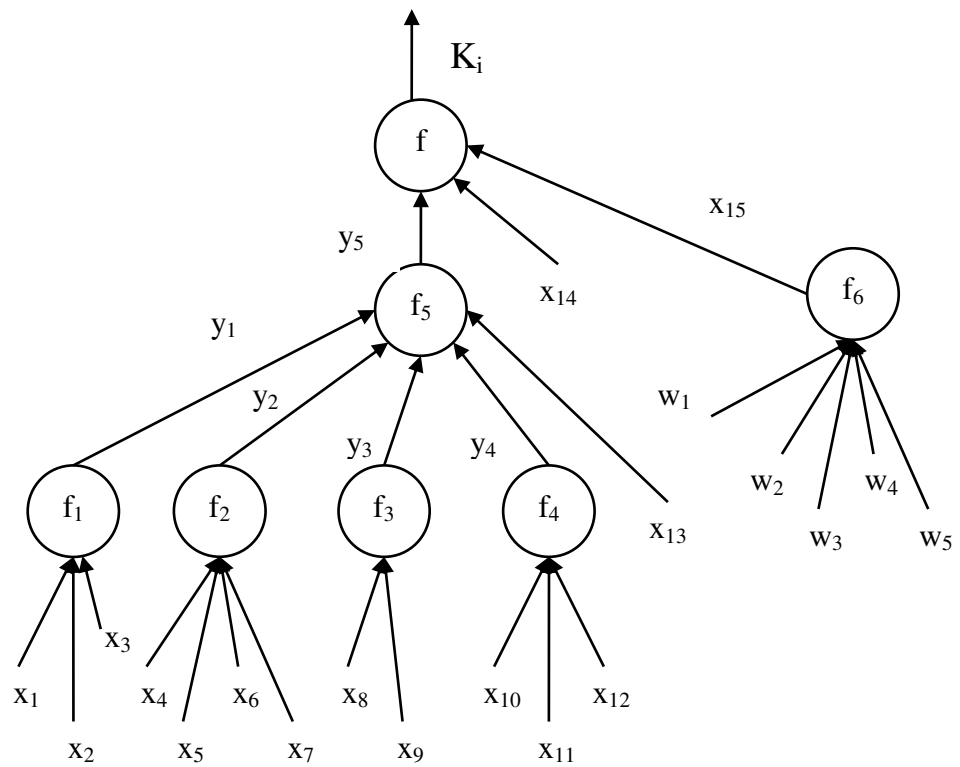


Рисунок 3.2 – Система комплексного оценивания образовательной программы

Таким образом,  $f, f_1, f_2, f_3, f_4, f_5, f_6$  – функции комплексного оценивания. Необходимо определить способ комплексного оценивания и построить функцию расчета значения комплексного показателя.

### 3.2 Способ комплексного оценивания нечетких показателей, имеющих лингвистические значения

Применение сетевой модели комплексного оценивания позволяет большое количество входных параметров свести к комплексным укрупненным оценкам. При этом каждый входной параметр может оказывать влияние на несколько комплексных промежуточных показателей в сети.

Общая постановка задачи комплексного оценивания имеет вид[71]:

$N = \{1, 2, \dots, n\}$  – множество частных критериев,

$x_i \in X_i$  – оценки критериев,

$x_0 \in X_0$  – комплексная (агрегированная) оценка, которая вычисляется в соответствии с процедурой агрегирования,

$F: X' \rightarrow X_0$  - процедура агрегирования.

Таким образом,  $x_0 = F(x)$ , где  $x = (x_1, x_2, \dots, x_n) \in X'$ .

В случае, когда оценки  $x_i$  – являются нечеткими, можно говорить о нечеткой системе комплексного оценивания. Предлагаются матричные и сетевые системы комплексного оценивания. В отличие от четкой матричной системы комплексного оценивания, в нечеткой системе оценки по каждому из критериев являются в общем случае нечеткими. Нечетким оценкам может соответствовать вектор степени уверенности экспертов в достижении количественных оценок.

Пусть  $x_1$  – нечеткая оценка по первому критерию, задаваемая функцией принадлежности  $\mu_{x_1}(x_1)$  на универсальном множестве,  $x_2$  – нечеткая оценка по второму критерию, задаваемая функцией принадлежности  $\mu_{x_2}(x_2)$ .

В результате агрегирования по процедуре  $F(\cdot)$ , задаваемой матрицей свертки, нечеткая оценка  $x_0$ , будет определяться функцией принадлежности:

$$\mu_{x_0} = \sup_{\{(x_1, x_2) | F(x_1, x_2) = x_0\}} \min\{\mu_{x_1}(x_1), \mu_{x_2}(x_2)\}. \quad (3.10)$$

В общем случае для  $N$  нечетких оценок значение агрегированной оценки  $x_0$ , полученной в соответствии с процедурой  $F(\cdot)$ , вычисляется по формуле:

$$\mu_{x_0}(x_0) = \sup_{\{x \in X | F(x) = x_0\}} \min_{i \in N} \{\mu_{x_i}(x_i)\}, x_0 \in X_0 \quad (3.11)$$

Прямая задача определения комплексной оценки по заданным значениям оценок по частным показателям решается путем последовательного вычисления значения  $k$  промежуточных критериев.

Для получения нечеткой оценки с помощью сетевой системы комплексного оценивания применяется следующая формула:

$$\mu_{y_j}(y_j) = \sup_{\{(x, y) \in Z | F_j((x_i)_{i \in P_j}, (y_l)_{l \in Q_j})\}} \min \left[ \min_{i \in P_j} \{\mu_{x_i}(x_i)\}, \min_{l \in Q_j} \{\mu_{y_l}(y_l)\} \right], \quad (3.12)$$

где  $\mu_{x_i}(x_i)$ ,  $x_i \in X_i$  – функция принадлежности нечеткой частной оценки входов сети  $x_i$ ,  $i \in N$ ;  $\mu_{y_j}(y_j)$ ,  $y_j \in Y_j$  – функция принадлежности нечеткой частной оценки промежуточных узлов сети  $y_j$ ,  $j \in K$ .

Данный способ комплексного оценивания не учитывает степень влияния каждого отдельного параметра на результирующую оценку. В предлагаемой методичке комплексного оценивания параметров образовательных программ необходимо учитывать различную степень влияния факторов на выбор альтернативы.

В [90] предлагается комплексные оценки рассматривать как вершины дерева. Моделью объекта или процесса является дерево  $D$  с вершинами  $d_j$  ( $j = 0, \dots, N_D$ ), каждой из которых поставлено в соответствие некоторое множество лингвистических значений  $X_j$ , характеризующих состояние вершины. Каждой не концевой вершине также приписан некоторый оператор агрегирования информации, позволяющий на основе оценок состояния подчиненных вершин вычислять ее состояние (то есть выбирать один из элементов соответствующего множества значений).

Оператор агрегирования может различаться в зависимости от конкретной задачи, от того, на сколько важно значение каждого критерия в отдельности, и каким образом они влияют на комплексную оценку в целом.

Проблема выбора адекватных операторов агрегирования на основе доступной информации от экспертов и анализа функционирования модели описана в [90]. Здесь же приведено определения оператора агрегирования информации (ОАИ).

В зависимости от доступной информации в рамках дискретной модели в [65] предлагается выделить два подхода к выбору ОАИ: геометрический и логический.

Геометрический подход является исторически первым и основан на представлении оператора агрегирования информации в узле, имеющем  $n$  потомков, как некоторой поверхности в  $(n+1)$  - мерном пространстве [5].

Применение одного из геометрических методов рассмотрено в [106], где предложена новая операция – геометрическая проекция нечетких множеств. Операция проекции  $\Pi^{\Gamma}(\tilde{A}, \tilde{B})$  нечеткого множества  $\tilde{A}$  на нечеткое множество  $\tilde{B}$  определяется следующим образом:

$$\Pi_{\varphi}^{\Gamma}(\tilde{A}, \tilde{B}) = \{\varphi[\mu_{\tilde{A}}(y), \mu_{\tilde{B}}(x')]/[y, x' = f(y)]\}, \quad (3.13)$$

где  $f(y) = \frac{CG(\mu_{\tilde{B}}(x))}{CG(\mu_{\tilde{A}}(x))}$ ,  $y$  – проекционная функция,  $CG(\mu_{\tilde{B}}(x))$ ,  $CG(\mu_{\tilde{A}}(x))$  – координаты центра тяжести фигур, ограниченных функциями принадлежности  $\mu_{\tilde{B}}(x)$ ,  $\mu_{\tilde{A}}(x)$  соответственно,  $\varphi$  – функционал, задающий вид преобразования над функциями принадлежности,  $y \in [0,1]$ ,  $x \in [0,1]$ . В качестве функционала  $\varphi$  могут выступать функции  $\min$  и  $\max$ .

Несомненными достоинствами данного подхода является его простота и наглядность. Однако при вычислении комплексной оценки дополнительные сведения экспертов о степени и характере влияния каждого отдельного значения показателя невозможно учесть.

При использовании логического подхода вычисления значения оценки в каждом узле дерева модели  $k$  используется оператор агрегирования информации в виде функции  $k$  - значной логики. Если количество входов узла равно  $n$ , то в нем может быть использована в качестве оператора агрегирования одна из функций  $k$  - значной логики от  $n$  переменных. Обозначим множество всех таких функций через  $P_n^k$ . При использовании логического подхода при расчете комплексной оценки эксперт может сформулировать содержательные условия типа «При сильном возрастании первого аргумента значение функции слегка убывает», «При совместном возрастании аргументов 3 и 5 значение функции сильно возрастает» и т.п.

Такой подход заключается в построении базы правил преобразования входных величин в выходные. Предложенные решения не подходят нам, так как в первом случае не позволяют учитывать степень влияния отдельных факторов, а во втором – из-за сложности построения базы правил для каждого узла дерева.



Задача выбора адекватного оператора агрегирования может быть решена с помощью генетических алгоритмов, нейронных сетей. В этом случае предполагается, что для каждого набора значений  $(d_{j1}, d_{j2}, \dots, d_{jn})$  определены значения  $\hat{d}_j$ . Таким образом, можно определить, если  $d_{j1}=a_{j1}^{k1}$ ,  $d_{j2}=a_{j2}^{k2}$ ,  $d_{jn}=a_{jn}^{kn}$ , то  $d_{j0} = \hat{d}_j(a_{j1}^{k1}, a_{j2}^{k2}, \dots, a_{jn}^{kn})$ .

Для определения наиболее адекватного заданной выборке оператора агрегирования предлагается использовать следующую нейронную сеть. В [5] также предложен алгоритм обучения данной нейронной сети.

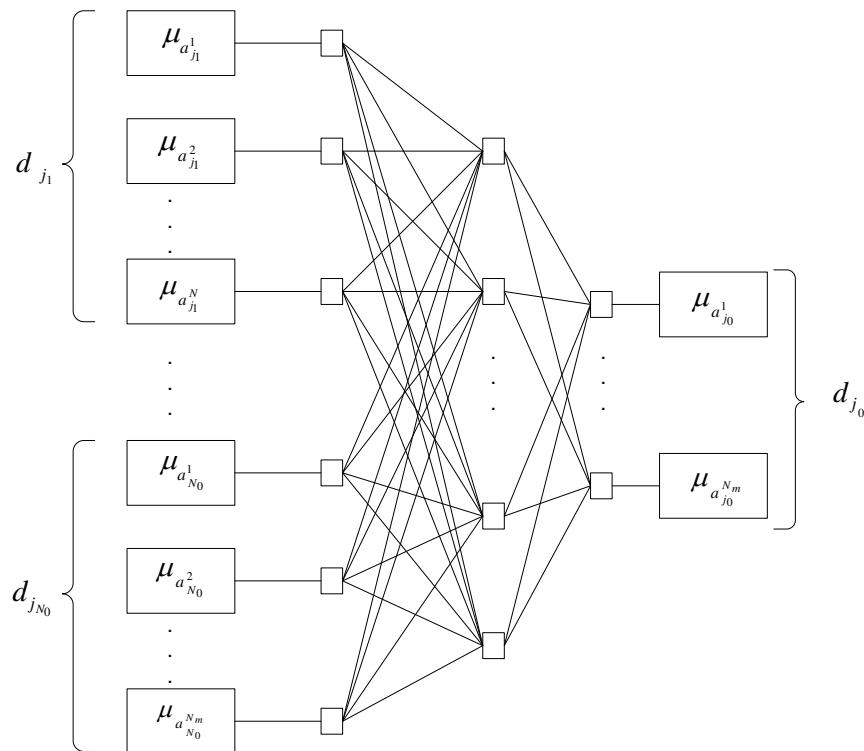


Рисунок 3.3 – Нейронная сеть вычисления агрегированных нечетких оценок

Особенность использования полученного оператора агрегирования и ограничение на возможность применения данной методики обучения заключается в использовании четких значений входных параметров  $a_{jn}^{kn}$ . В алгоритме обучения используется далее степень принадлежности указанного значения нечеткой оценке  $d_{jn}$ .

Для параметров, значения которых могут быть определены в рамках трех или пятиуровневых классификаторов, для поиска комплексной оценки могут быть применены матричные схемы агрегирования.

Лингвистические переменные в этом случае определяются на шкале  $[0, 1]$ , данное ограничение не сложно выполнить – любые значения можно пронормировать и привести к указанному отрезку, поэтому выделенный отрезок единичной длины носит универсальный характер и называется 01- носителем.

Для лингвистических оценок, для которых сложно получить аналитически построенную функцию принадлежности, можно использовать стандартный классификатор. Его суть в том, что если о факторе неизвестно ничего, кроме того, что он может принимать любые значения в пределах 01-носителя (принцип равнопредпочтительности), а надо провести ассоциацию между качественной и количественной оценками фактора, то предложенный классификатор делает это с максимальной достоверностью. При этом сумма всех функций принадлежности для любого  $x$  равна единице, что указывает на непротиворечивость классификатора.

Также, если существует набор из  $i=1, \dots, N$  отдельных факторов со своими текущими значениями  $x_i$ , и каждому фактору сопоставлен свой пятиуровневый классификатор (необязательно стандартный, необязательно определенный на 01-носителе), то можно перейти от набора отдельных факторов к единому агрегированному фактору  $A_N$ , значение которого распознать впоследствии с помощью стандартного классификатора. Количественное же значение агрегированного фактора определяется по формуле двойной свертки:

$$A_N = \sum_{i=1}^N p_i \sum_{j=1}^5 a_j \mu_{ij}(x_i) \quad (3.14)$$

$a_j$  – узловые точки стандартного классификатора;

$p_i$  – вес  $i$ -го факторов в свертке;

$\mu_{ij}(x_i)$  – значение функции принадлежности  $j$ -го качественного уровня относительно текущего значения  $i$ -го фактора. Далее показатель  $A_N$  может быть подвергнут распознаванию на основе стандартного нечеткого классификатора.

Данная методика проста в использовании и широко применяется при решении экономических и финансовых задач. Основной проблемой ее применения является необходимость получить оценки параметров в виде четких

числовых значений. Как было уже определено ранее, в рассматриваемой задаче входные параметры оцениваются в виде лингвистического терма.

Проанализировав известные способы комплексного оценивания, выявив ограничения по их применению в рассматриваемой в данном исследовании задачи, предлагается воспользоваться сетевой структурой в общем случае, или структурой в виде дерева для получения агрегированных нечетких значений, при этом применив в качестве оператора агрегирования и расчета интегральных показателей функцию объединения.

Для некоторой не концевой вершины  $d_{j_0}$  с подчиненными ей (в смысле рассматриваемого дерева D) вершинами  $d_{j_1}, d_{j_2}, \dots, d_{j_{N_0}}$  оператор агрегирования информации (ОАИ)  $O_{j_0}$  есть функция, определенная на множестве всех возможных значений подчиненных вершин и принимающая значения в множестве  $X_{j_0}$ :

$$O_{j_0} : X_{j_1} \times X_{j_2} \times \dots \times X_{j_{N_0}} \rightarrow X_{j_0}. \quad (3.15)$$

Множества  $X_j$  ( $j=0, \dots, N_D$ ) представляют собой набор лингвистических значений  $a_j^1, a_j^2, \dots, a_j^{N_j}$ .

В качестве оператора агрегирования информации был выбран оператор объединения нечетких множеств значения каждого критерия с учетом его веса  $\alpha_{ki}$  (3.10).

$$\tilde{O}_{j_0} = \alpha_{x_1} X_1 \cup \alpha_{x_2} X_2 \cup \dots \cup \alpha_{x_n} X_n. \quad (3.16)$$

Нечеткое множество каждого критерия  $X_i$  описывается функцией принадлежности  $\mu_{x_i}(x)$ . Для каждого  $i$ -го критерия оценивается уровень его важности  $\alpha_{xi}$ , который характеризует степень влияния данного фактора на принимаемое решение. Функция принадлежности нечеткого множества агрегированного критерия определяется по следующей формуле:

$$\mu_{x_{j_0}}(x) = \max(\alpha_{x_1} \mu_{x_1}(x), \alpha_{x_2} \mu_{x_2}(x), \dots, \alpha_{x_n} \mu_{x_n}(x)), \quad (3.17)$$

где  $\alpha_{xi}$  - коэффициент важности критерия  $X_i$ ,

$\mu_{xi}(x)$  – функция принадлежности для выбранного лингвистического термина критерия  $x_i$ ,

$\mu_{xjo}(x)$  – функция принадлежности для агрегированного критерия.

Коэффициенты важности критерия задаются внутри одной группы на одном уровне иерархии. Сумма значений коэффициентов внутри группы должна быть равна 1:  $\sum_i \alpha_i = 1$ .

Для определения значений этих коэффициентов в алгоритме предусмотрено применение метода попарного сравнения важности критериев по методу Саати [91]. Данный метод по своей сути предназначен для принятия решения путем построения дерева целей и оценки альтернатив по всем критериям, объединенным в иерархию. Кроме того, в данном методе предложен механизм расчета коэффициента важности каждого критерия путем их попарного сравнения.

Пусть  $X_1, X_2, \dots, X_n$  – критерии оценки. Тогда для определения коэффициента показателя важности заполняется матрица парных сравнений уровней важности определенных критериев. Элементы этой матрицы обозначим –  $a_{ij}$  – оценки сравнения уровня важности показателя  $X_i$  по сравнению с  $X_j$ .

	$X_1$	$X_2$	...	$X_n$
$X_1$	$a_{11}$	$a_{12}$	...	$a_{1n}$
$X_2$	$a_{21}$	$a_{22}$	...	$a_{2n}$
...	...	...	...	...
$X_n$	$a_{n1}$	$a_{n2}$	...	$a_{nn}$

При этом очевидно  $a_{ij} = 1/a_{ji}$ . Следовательно, матрица парных сравнений в данном случае является положительно определенной, обратносимметричной матрицей, имеющей ранг равный 1.

Работа экспертов состоит в том, что, производя попарное сравнение показателей  $X_1, X_2, \dots, X_n$ , эксперт заполняет таблицу парных сравнений. Существует несколько различных способов вычисления искомых коэффициентов важности  $\alpha_i$ . Определение вектора  $\alpha$  состоит в следующем. Суммируются по строкам элементы матрицы парных сравнений (для каждого значения  $i$  вычисляется сумма  $a_i = a_{i1} + a_{i2} + \dots + a_{in}$ ). Затем все  $a_i$  нормируются так, чтобы их

сумма была равна 1. В результате получаем искомый вектор  $\alpha$ . Таким образом,  $\alpha_i = a_i / (a_1 + a_2 + \dots + a_n)$ .

Используя метод Саати попарного сравнения показателей между собой в рамках одной группы по критерию важности, в предложенной методике определяются искомые коэффициенты  $\alpha_i$ .

Например, необходимо определить агрегированную оценку комплексного критерия К на основе трех частных критериев  $k_1, k_2, k_3$ . Для каждого из критериев определены 5 лингвистических термов с функциями принадлежности  $\mu_{ki}(x)$ , которые соответствуют значениям «сильно ниже нормы», «ниже нормы», «соответствует норме», «выше нормы», «гораздо выше нормы». Веса критериев заданы соответственно для  $k_1, k_2, k_3$  – 0.3, 0.2, 0.5. Предполагается, что эксперт выбрал одну из лингвистических оценок (на рисунке 3.4 функции принадлежности этих оценок выделены).

Функция принадлежности к нечеткому множеству общей интегральной оценки К имеет вид:

$$\mu_K(x) = \max(0.3\mu_{k_{13}}(x), 0.2\mu_{k_{22}}(x), 0.5\mu_{k_{34}}(x)) \quad (3.18)$$

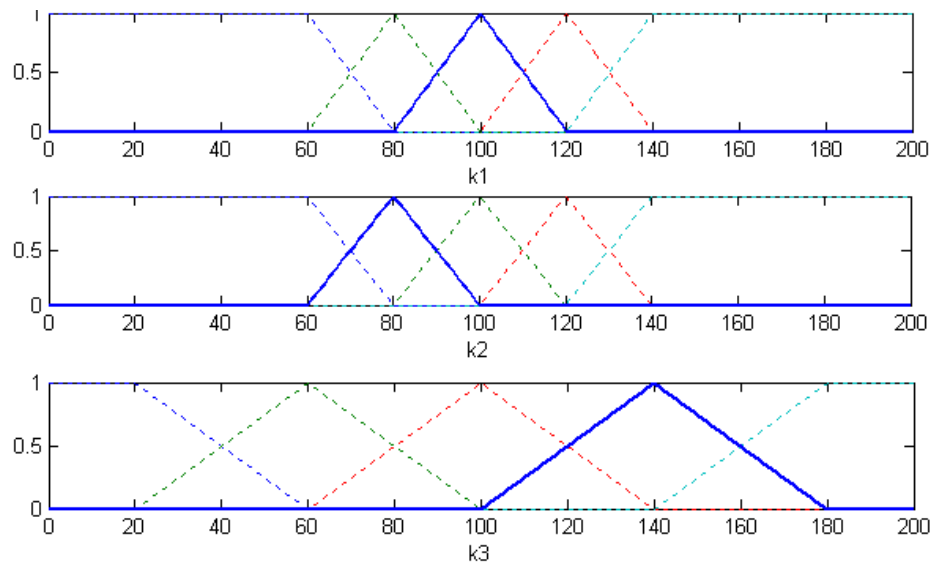


Рисунок 3.4 - Определение нечетких оценок для каждого из частных показателей

Функция принадлежности комплексного показателя, рассчитанной по формуле 3.12 будет иметь вид, представленный на рисунке 3.5

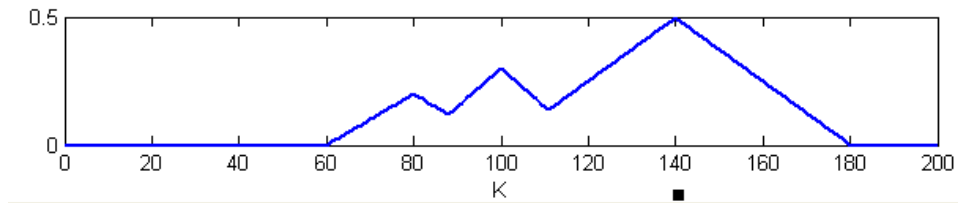


Рисунок 3.5 - Построение нечеткого множества агрегированной оценки

Разработанный способ комплексного оценивания отличается

- использованием нечетких оценок критериев, определенных экспертами в виде лингвистических термов;
- возможностью учитывать степень влияния частных критериев на комплексную оценку.

### 3.3 Разработка методики принятия решения при управлении пакетом образовательных программ в вузе

Методика принятия решения при планировании образовательных программ в вузе основывается на комплексной оценке нечетких качественных значений входных параметров. Перечень показателей, влияющих на оценку, был приведен в разделе 3.1. Для каждого критерия определены лингвистические термы. Необходимо определить функции принадлежности нечеткого множества,

Каждый из указанных факторов достаточно сложно оценить количественно. Например, обеспеченность базами практик, кроме количества мест, количество самих предприятий, следует учитывать отрасль и приближенность данных предприятия к специфике направления, по которому осуществляется подготовка. Такая же ситуация и с электронными базами знаний и библиотеками, оснащенностью лабораториями и помещениями. Именно поэтому в рассматриваемой задаче имеет смысл использовать качественные оценки, основанные на экспертном заключении. Для факторов ресурсообеспеченности  $X_i$  определяются следующие качественные лингвистические термы:

$B_1$  - «намного выше нормы»,

$B_2$  - «выше нормы»,

$B_3$  - «соответствует норме»,

$B_4$  - «ниже нормы»,

$B_5$  - «намного ниже нормы».

Оценка спроса на образовательные услуги также описывается лингвистическими термами. Необходимо сопоставить прогнозируемый спрос с текущим предложением образовательных услуг по данному направлению подготовки. Таким образом, факторы спроса экспертом оцениваются следующими нечеткими значениями:

$S_1$  - «выше предложения»,

$S_2$  - «соответствуют предложению»,

$S_3$  - «ниже предложения».

Комплексная оценка образовательной программы в результате описывается тремя возможными термами:

$P_1$  - «сократить»,

$P_2$  - «сохранить»,

$P_3$  - «увеличить».

Для каждого лингвистического термина необходимо определить функцию принадлежности. При построении функций принадлежности каждого нечеткого значения приведенных критериев пользователем задаются узловые точки, и по ним строится классификатор. Однако в отличие от стандартного пятиуровневого нечеткого 01-классификатора в системе шкала не была ограничена отрезком  $[0, 1]$ . Была определена шкала от 0 до 200, где 100 – обозначает 100% выполнение норматива и функция принадлежности термина «норма» в этой точке равна 1. Далее были определены узловые точки, которые могли быть разными для разных критериев. По этим узловым точкам построены треугольные и трапециевидные функции принадлежности для всех термов. При этом соблюдены требования стандартных классификаторов – сумма значений всех функций принадлежности для любого  $x$  равна единице.

Приведем пример аналитического описания функций принадлежности для критерия Кадровая обеспеченность.

Для этих термов определены следующие функции принадлежности:

$$\begin{aligned}
 \mu_{B_1}(x) &= \begin{cases} 1, x \geq 140 \\ \frac{x-120}{20}, 120 \leq x < 140 \\ 0, x < 120 \end{cases} \\
 \mu_{B_2}(x) &= \begin{cases} 0, x < 100 \\ \frac{x-100}{20}, 100 \leq x \leq 120 \\ \frac{140-x}{20}, 120 < x \leq 140 \\ 0, x > 140 \end{cases} \\
 \mu_{B_3}(x) &= \begin{cases} 0, x < 80 \\ \frac{x-80}{20}, 80 \leq x \leq 100 \\ \frac{120-x}{20}, 100 < x \leq 120 \\ 0, x > 120 \end{cases} \\
 \mu_{B_4}(x) &= \begin{cases} 0, x < 60 \\ \frac{x-60}{20}, 60 \leq x \leq 80 \\ \frac{100-x}{20}, 80 < x \leq 100 \\ 0, x > 100 \end{cases} \\
 \mu_{B_5}(x) &= \begin{cases} 1, x < 60 \\ \frac{80-x}{20}, 60 \leq x \leq 80 \\ 0, x > 80 \end{cases}
 \end{aligned} \tag{3.19}$$

Графики функций принадлежности для трех критериев кадровой обеспеченности – обеспеченность преподавателями по профилю, остепененность и доля докторов - на рисунке 3.6.



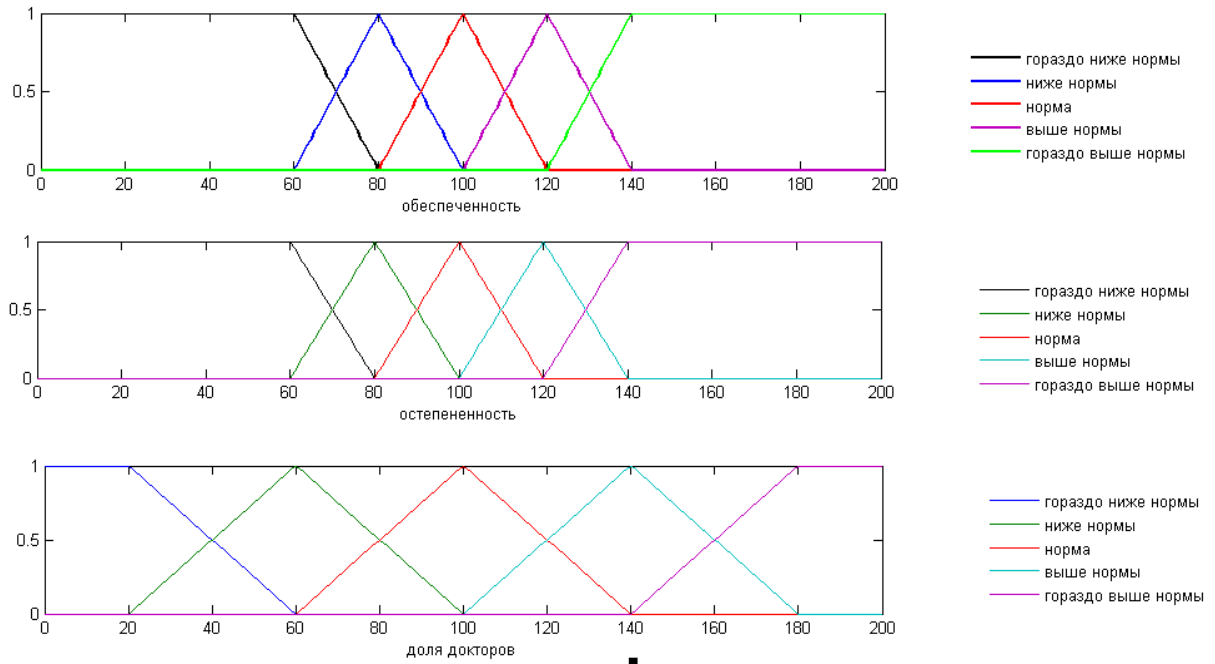


Рисунок 3.6 –Графики функций принадлежности для лингвистических оценок критериев кадровой обеспеченности

Аналогично строились функции принадлежности для остальных термов всех критериев, предусмотренных моделью.

Функции принадлежности для лингвистических термов  $\{S_i\}$ ,  $i=1..3$  , определяющих спрос, имеют следующие функции принадлежности:

$$\mu_{S_1}(x) = \begin{cases} 1, & x > 120 \\ \frac{x-120}{20}, & 100 \leq x < 120 \\ 0, & x < 100 \end{cases}$$

$$\mu_{S_2}(x) = \begin{cases} 0, & x < 80 \\ \frac{x-80}{20}, & 80 \leq x \leq 100 \\ \frac{120-x}{20}, & 100 < x \leq 120 \\ 0, & x > 120 \end{cases} \quad (3.20)$$

$$\mu_{S_3}(x) = \begin{cases} 1, & x < 80 \\ \frac{100-x}{20}, & 80 \leq x \leq 100 \\ 0, & x > 100 \end{cases}$$

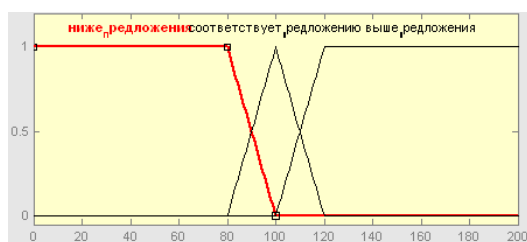


Рисунок 3.7 –Графики функций принадлежности для лингвистических термов оценки спроса

Предлагаемая методика может быть использована при решении двух типов задач:

- 1) выбор образовательной программы  $Y^*$  из множества  $Y_i$  в соответствии с максимальным значением ее комплексной оценки  $K_i$ .
- 2) принятие решения о сокращении, сохранении или развитии существующей образовательной программы

Комплексная оценка  $K_i$  рассчитывается помощью предложенного способа комплексного оценивания, с помощью которого определяется функция принадлежности  $\mu_{K_i}(x)$  итоговой оценки. Затем методом центра тяжести определяется ее числовое значение  $N_i$ . Выбирается та образовательная программа  $Y^*$ , у которой  $N \rightarrow \max$ .

Для формирования второго вида решения предлагается использовать построенную на основе опроса экспертов базу правил, которая соотносит значения трех комплексных оценок – ресурсообеспеченности, спроса на образовательные услуги и спроса на рынке труда – с решением о необходимости корректировки развития образовательной программы.

Определив комплексные оценки ресурсообеспеченности, спроса на образовательные услуги и спроса на рынке труда необходимо провести дефазификацию этих оценок с помощью метода центра тяжести.

Полученные дефазифицированные оценки передаются в систему нечеткого вывода, где на основании организованной базы правил по алгоритму Мамдани находится решение. Решение представляется в виде одной из выбранной альтернативы воздействия:  $P_1$  - «сократить»,  $P_2$  - «сохранить»,  $P_3$  - «увеличить».

При этом рассчитывается дефазифицированная оценка – степень управляющего воздействия.

Таблица 3.1 – База правил

Ресурсообеспеченность ( $y_5$ )	Спрос на образовательные услуги ( $x_{14}$ )	Спрос на специалистов на рынке труда ( $x_{15}$ )	Изменение плана набора ( $y$ )
выше нормы	превышает предложение	превышает предложение	увеличить
соответствует норме	превышает предложение	превышает предложение	увеличить
ниже нормы	превышает предложение	превышает предложение	сохранить
выше нормы	соответствует предложению	превышает предложение	увеличить
соответствует норме	соответствует предложению	превышает предложение	сохранить
ниже нормы	соответствует предложению	превышает предложение	сохранить
выше нормы	ниже предложения	превышает предложение	увеличить
соответствует норме	ниже предложения	превышает предложение	увеличить
ниже нормы	ниже предложения	превышает предложение	сократить
выше нормы	превышает предложение	соответствует предложению	увеличить
соответствует норме	превышает предложение	соответствует предложению	увеличить
ниже нормы	превышает предложение	соответствует предложению	сократить
выше нормы	соответствует предложению	соответствует предложению	сохранить
соответствует норме	соответствует предложению	соответствует предложению	сохранить
ниже нормы	соответствует предложению	соответствует предложению	сохранить
выше нормы	ниже предложения	соответствует предложению	сохранить
соответствует норме	ниже предложения	соответствует предложению	сократить
ниже нормы	ниже предложения	соответствует предложению	сократить
выше нормы	превышает предложение	ниже предложения	увеличить
соответствует норме	превышает предложение	ниже предложения	увеличить
ниже нормы	превышает предложение	ниже предложения	сократить
выше нормы	соответствует предложению	ниже предложения	сохранить
соответствует норме	соответствует предложению	ниже предложения	сохранить
ниже нормы	соответствует предложению	ниже предложения	сократить
выше нормы	ниже предложения	ниже предложения	сократить
соответствует норме	ниже предложения	ниже предложения	сократить
ниже нормы	ниже предложения	ниже предложения	сократить

Таким образом, входными данными для принятия решения являются:

- 1) иерархия критериев  $X_i$ ,
- 2) лингвистические термы для критериев нижнего уровня, и функции принадлежности для них  $\mu_{xi}(x)$ ,
- 3) веса критериев внутри каждой ветки дерева  $\alpha_{xi}$ , сумма которых должны быть равна 1,
- 4) лингвистические термы для значений выходной переменной – решение о корректировке развития образовательной программы и функции принадлежности для них  $\mu_y(x)$ ,
- 5) база правил, описывающая зависимость между комплексными показателями и значениями выходной переменной,
- 6) экспертные оценки – значения каждого критерия  $b_{xi}$ .

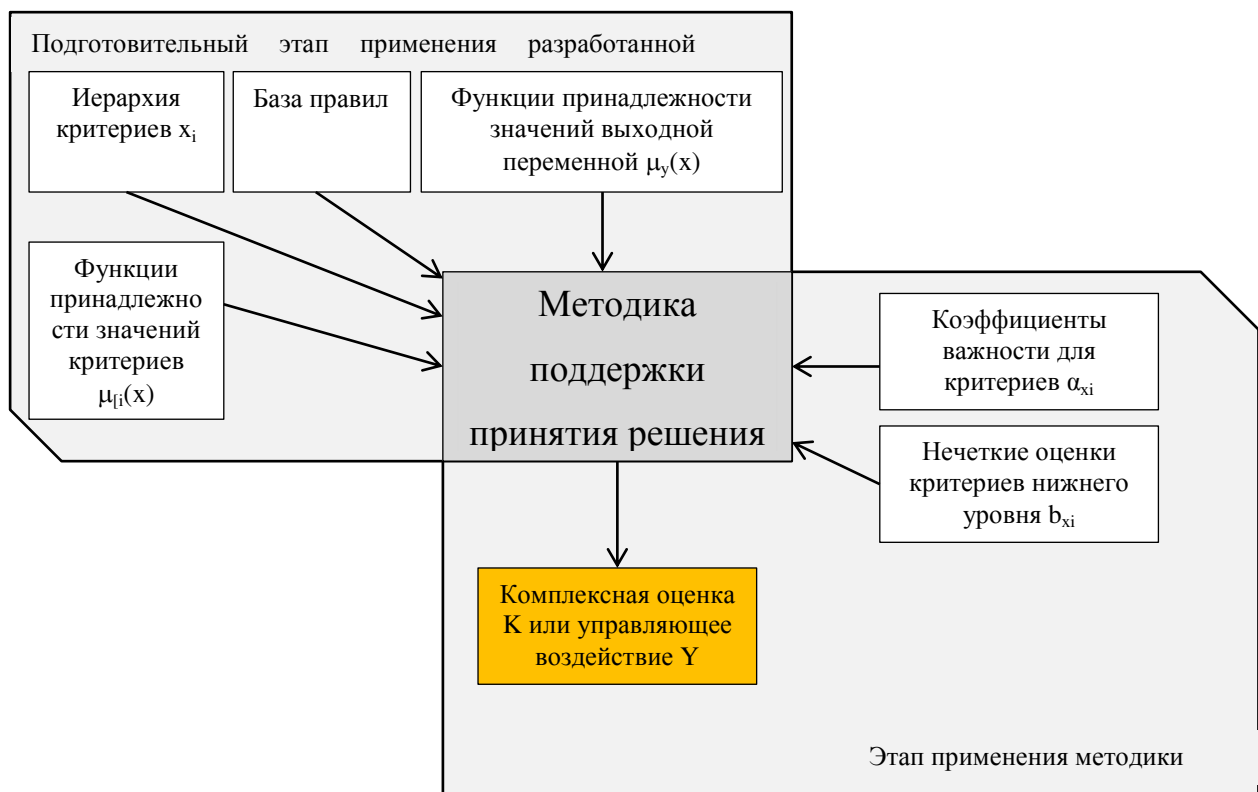


Рисунок 3.8 – Этапы методики поддержки принятия решения

Процедура принятия решения включает в себя два этапа: этап настройки параметров системы и этап применения для конкретных значений показателей системы. На этапе подготовки необходимо:

- 1) сформировать иерархию критериев;
- 2) задать для каждого из них перечень возможных лингвистических термов и определить функции принадлежности для них;
- 3) построить базу правил для подсистемы нечеткого вывода;
- 4) построить функции принадлежности для всех термов выходной переменной.

На этапе применения необходимо задать нечеткие экспертные оценки для каждого параметра и коэффициенты важности для каждого критерия.

Следующим шагом является определение значений каждого показателя  $x_i$  нижнего уровня иерархии в виде нечетких лингвистических оценок. Двигаясь по уровням иерархии от нижних к верхним, рассчитываются агрегированные оценки  $K$ . Для этого строится объединение множеств, полученных путем произведения нечетких множеств значений всех критериев группы на их коэффициент важности. Комплексная оценка также задается функцией принадлежности, которая определяется по формуле:

$$\mu_K(x) = \max(\alpha_{x_1} \mu_{x_1}(x), \alpha_{x_2} \mu_{x_2}(x), \dots, \alpha_{x_n} \mu_{x_n}(x)) \quad (3.21)$$

где  $\alpha_{x_i}$  - коэффициент важности критерия  $k_i$ ,

$\mu_{x_i}(x)$  – функция принадлежности для выбранного лингвистического термина критерия  $k_i$ ,

$\mu_K(x)$  - функция принадлежности для агрегированной оценки.

В общем виде методика принятия решения, объединяющая алгоритмы нечеткого вывода и процедуры комплексного оценивания обладает следующими преимуществами:

– возможностью избежать необходимости фазификации и дефазификации на каждом уровне иерархии по сравнению с деревьями нечеткого вывода;

- отсутствием эффекта «проклятия размерности» при построении базы правил для принятия решения на основе большого количества входных переменных по сравнению с применением алгоритмов нечеткого вывода;
- возможностью учитывать степень влияния различных факторов на принимаемое решение;
- возможностью оперировать лингвистическими оценками входящих переменных, полученных экспертным путем.

### 3.4 Разработка алгоритма принятия решения

Приведенную последовательность этапов методики опишем в виде последовательности шагов алгоритма.

Шаг 1. Построение иерархии критериев  $X_i$ .

Шаг 2. Определение перечня возможных лингвистических оценок значений, который могут принимать выделенные критерии.

Шаг 3. Построение функций принадлежности  $\mu_{bij}(x)$  для каждого  $i$ -го нечеткого значений по каждому  $j$ -тому критерию. В качестве одного из вариантов – построение классификатора на 01-носителе.

Шаг 4. Определение коэффициентов важности  $\alpha_{xi}$  для каждого критерия  $x_i$  в рамках одной ветви по методу Саати.

Шаг 5. Определение нечеткого значения  $B_i$  для каждого критерия  $k_i$  нижнего уровня иерархии, описываемого функцией принадлежности  $\mu_{bi}(x)$ .

Шаг 6. Вычисление интегрального критерия по формуле  $K = \alpha_1 x_1 \cup \alpha_2 x_2 \cup \dots \cup \alpha_n x_n$ . Нечеткое множество этого значения будет описываться функцией принадлежности  $\mu_K(x) = \max(\alpha_{x1} \mu_{x1}(x), \alpha_{x2} \mu_{x2}(x), \dots, \alpha_{xn} \mu_{xn}(x))$ .

Шаг 6 повторяется, пока не будет достигнут верхний уровень иерархии.

Шаг 7. Вычисление дефазифицированных четких оценок комплексных показателей верхнего уровня иерархии по методу центра тяжести  $x_0 = \frac{\int x \mu_K(x) dx}{\int \mu_K(x) dx}$ .

Шаг 8. Выбор альтернативы с помощью алгоритма нечеткого вывода Мамдани.

Описанный алгоритм представлен на рисунке 3.9.

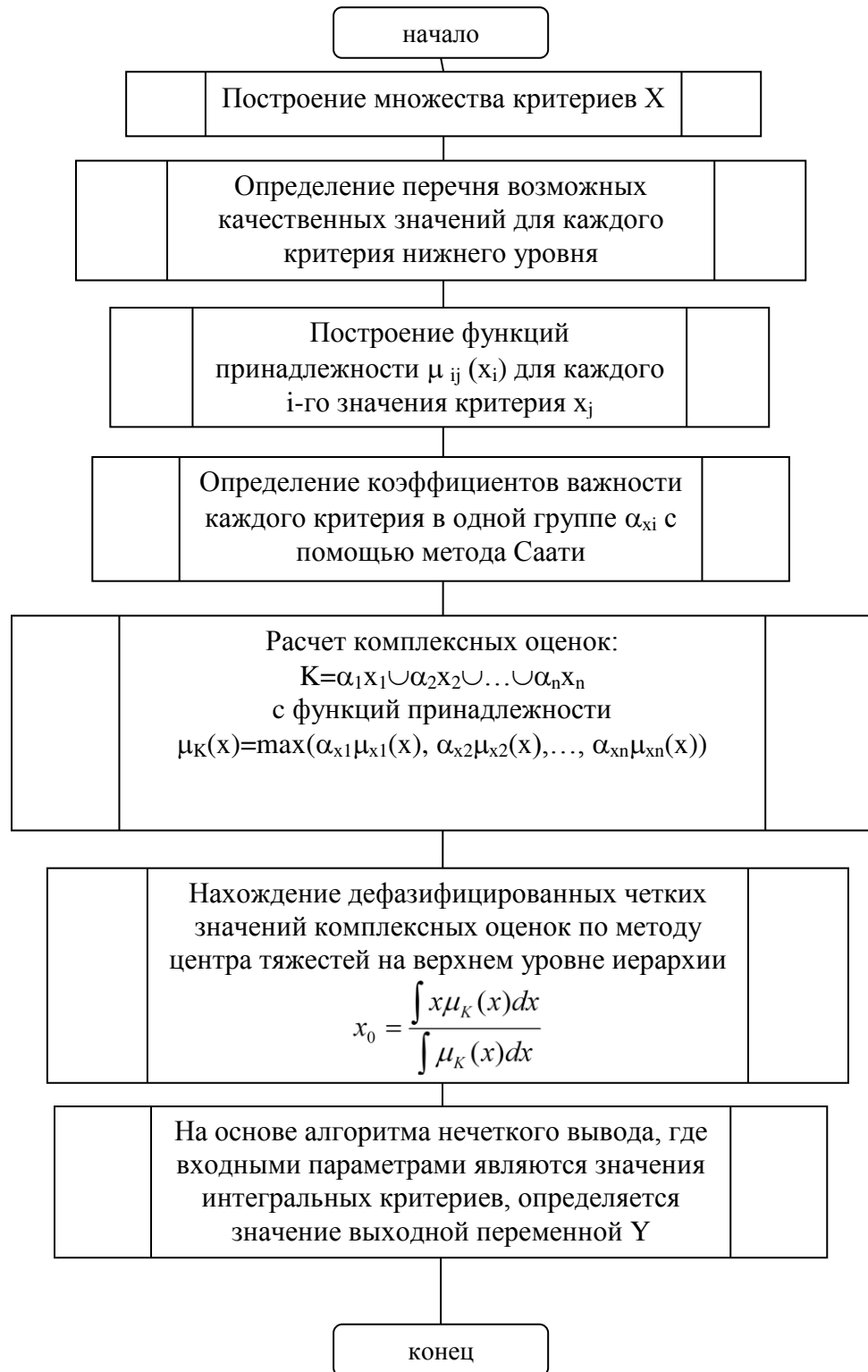


Рисунок 3.9 - Алгоритм поиска решения

Представленный алгоритм содержит укрупненные последовательные процедуры. Опишем более детально алгоритм расчета комплексных оценок.

Алгоритм комплексного осуществляется с помощью рекурсивной функции «Расчет комплексных оценок». Схема алгоритма представлена на рисунке 3.10.

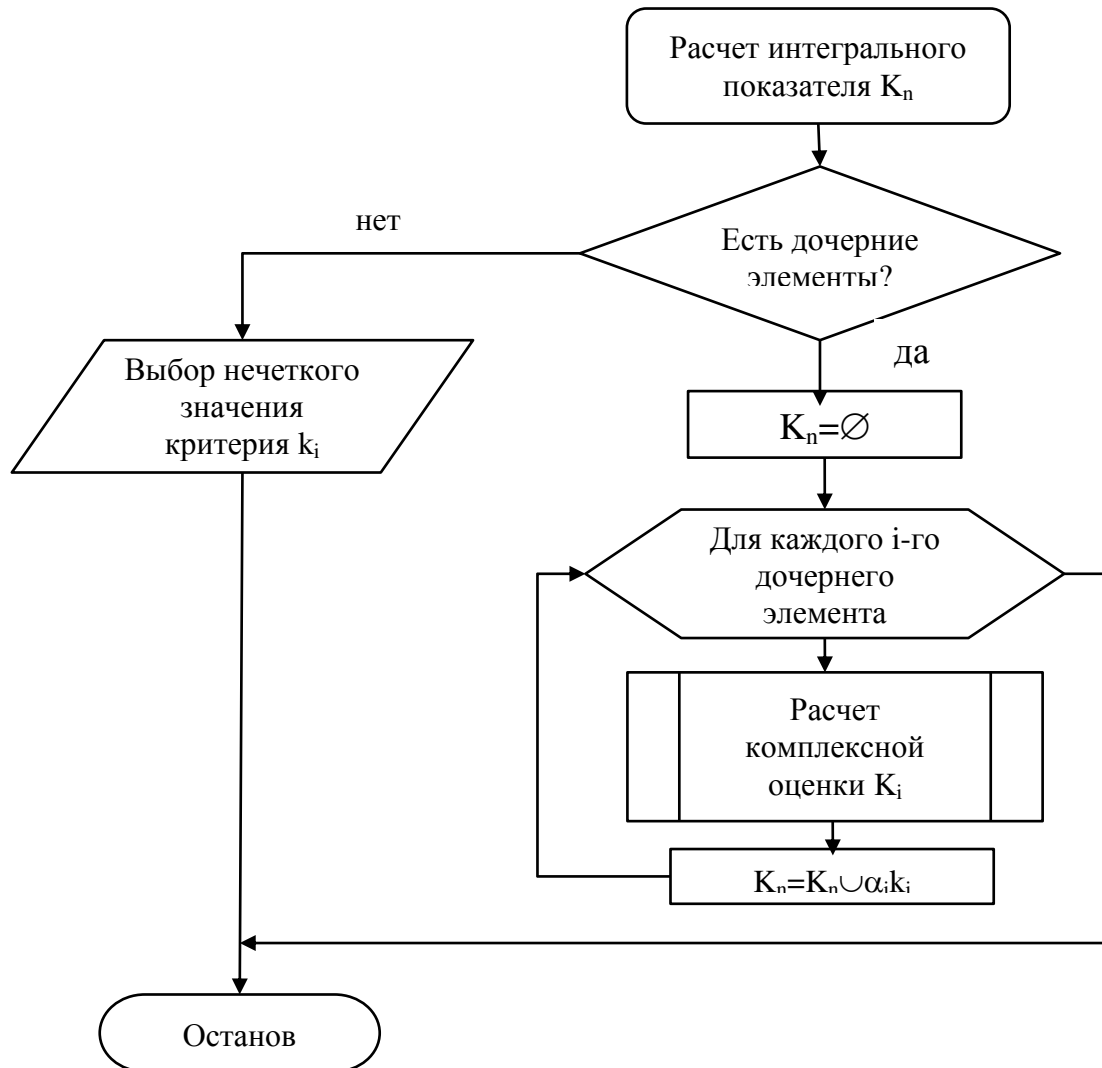


Рисунок 3.10 – Алгоритм расчета комплексных оценок

Представленный алгоритм содержит одну циклическую операцию, в обходе каждого элемента дерева к нему обращаются один раз. Сложность алгоритма равна  $O(N)$ , где  $N$  – число элементов в дереве критериев. Алгоритм имеет линейную сложность.



### 3.5 Выводы по третьей главе

В третьей главе была разработана и описана методика поддержки принятия решения при решении задачи управления перечнем образовательных программ. Предложенная методика основывается на предложенном способе комплексного оценивания, который позволяет учитывать вес каждого частного параметра, степень его влияния на принятие решения. Стоит отметить, что данный способ применим для решения других задач подобного класса, которые характеризуются сложностью структуры, большим количеством параметров, влияющих на принятие решения. При этом данные параметры сложно измерить в числовом эквиваленте и зачастую имеют качественные характеристики. Полученные сводные показатели передаются в машину нечеткого вывода, где решением является одна из альтернатив.

Результатами данной главы являются:

1. Разработана иерархия критериев для получения комплексной оценки образовательных программ. Результаты комплексного оценивания могут использоваться для выбора одной программы из множества альтернатив или для формулировки управляющего воздействия по корректировке развития данной образовательной программы.
2. Предложен способ комплексного оценивания на основе нечетких оценок частных показателей, который позволяет использовать экспертные оценки, определенные не в числовых значениях, а в лингвистических терминах.
3. Разработана методика поддержки принятия решения на основе сочетания способа комплексного оценивания, метода анализа иерархий и систем нечеткого вывода.
4. Построен алгоритм, позволяющий реализовать методику принятия решения при планировании набора образовательных программ в вузе.

Основные положения третьей главы опубликованы в следующих работах: [38], [39], [35], [104]

## **Глава 4. Разработка информационной системы поддержки принятия решения**

В четвертой главе описана реализация предложенной методики в виде информационной системы поддержки принятия решения. Разработанная система в среде MathLab была апробирована на двух задачах – выбора одной образовательной программы из множества и выбора управляющего воздействия на реализуемую образовательную программу. Полученные результаты комплексного оценивания были проанализированы на предмет сравнения с уже существующими методиками, а также проведен анализ результатов выбранного управленческого решения.

### **4.1 Разработка архитектуры информационной системы**

Предлагаемую методику рекомендуется использовать для задач долговременного, стратегического планирования, так как она позволяет учитывать неопределенность различного вида, анализировать сложные многопараметрические системы. Деятельность ЛПР в решении задач стратегического планирования нуждается в интеллектуальной поддержке.

При разработке автоматизированной системы поддержки принятия решения необходимо учитывать требования поставленной задачи, а также саму методику расчета. В основе проектируемой СППР используются интеллектуальные технологии обработки входной информации.

Предложенный алгоритм поиска решения реализован в разработанной системе поддержки принятия решения. Для выполнения всех этапов алгоритма в данной системе предусмотрены следующие элементы:

- база правил для осуществления механизма нечеткого вывода на верхнем уровне иерархической модели;
- база знаний в виде иерархии факторов и функций принадлежности для каждого значения данного фактора.

Модель системы поддержки принятия решения включает в себя следующие блоки:

- блок формирования базы правил,
- блок определения коэффициентов важности факторов в иерархии,
- блок определения нечетких значений каждого фактора,
- блок расчета значений интегральных факторов в иерархии,
- блок нечеткого вывода.

На рисунке 4.1 представлена архитектура системы поддержки принятия решения. Стрелками указана информация, которую необходимо ввести или получить из базы правил и базы знаний, для выполнения функций блока. Результатом работы системы является числовое значение выходной переменной блока нечеткого вывода.



Рисунок 4.1 – Структура информационной системы поддержки принятия решения

Технология работы с данной системой предусматривает следующие этапы:

1. Формирование перечня показателей в их иерархии, которые влияют на принимаемое решение в блоке 1.
2. Формирования перечня лингвистических оценок и их функций принадлежности для каждого параметра в блоке 1.
3. Расчет коэффициентов важности для показателей внутри каждой ветки на нижнем уровне путем попарного сравнения по методу Саати и в блоке 2.
4. Формирование значений выходной переменной – альтернативы принимаемого решения в блоке 3.
5. Формирование базы правил зависимости выходной переменной от интегральных показателей верхнего уровня в блоке 3.
6. Автоматический расчет интегральных показателей по предложенному методу вычисления нечетких значений с учетом коэффициентов важности частных критериев в блоке 4.
7. Автоматическая обработка правил в базе и вывод результата вычислений в блоке 5.

Данная модель была реализована в среде программирования и моделирования MathLab.

#### **4.2 Результаты апробации информационной системы**

Разработанная информационная система была апробирована на задаче комплексного оценивания двух магистерских образовательных программ при принятии решения об изменении объемов их реализации.

Необходимо получить решение о необходимости скорректировать объемы реализации двух магистерских образовательных программ: «Машиностроение» и «Системный анализ и управление». Реализация обеих программ в региональном вузе ВИТИ НИЯУ МИФИ требует достаточно высокого уровня

ресурсообеспеченности, особенно в части кадрового состава. Необходимо оценить возможность увеличения объема реализации направления «Машиностроение» до 10 человек, сохранив набор по направлению «Системный анализ и управление» 15 человек.

Для этих исходных данных была проведена оценка ресурсообеспеченности, результаты которых представлены ниже. Также было оценено соотношение спроса и предложения на рынках труда и образовательных услуг для данных направлений по результатам анализа заявок работодателей и конкурсных показателей по данным направлениям в предыдущие годы с корректировкой на данные опроса бакалавров. Ниже приведены результаты анализа ресурсообеспеченности по направлению «Машиностроение».

Для расчета интегрального показателя ресурсообеспеченности использовался модуль «Анализ ресурсообеспеченности» (рисунок 4.2), где предоставлена возможность определить лингвистические значения каждого критерия. Далее путем ввода матрицы попарных сравнений важности показателей внутри одной группы были определены веса каждого показателя.

Группа	Показатель	Лингвистическое значение	Вес
Кадровая	Общая обеспеченность	ниже нормы	0.3
	Остаточность	ниже нормы	0.3
	Доктора	норма	0.4
	<b>Общий показатель</b>		98.2326
Информационно-методическая	Библиотечный фонд	ниже нормы	0.25
	Методические разработки	ниже нормы	0.25
	Электронные библиотеки	норма	0.25
	Программное обеспечение	норма	0.25
Материально-техническая	Общие площади	норма	0.5
	Лабораторная база	норма	0.5
	<b>Общий показатель</b>		100
	Базы практик	выше нормы	0.2
Социальная	Общежитие	норма	0.4
	Мед. пункт	норма	0.3
	Пункт питания	норма	0.3
	<b>Общий показатель</b>		100

**Итоговый результат:** 122.736 **Ресурсообеспеченность**

Рисунок 4.2 Диалоговое окно «Анализ ресурсообеспеченности»

Согласно выводам экспертов, входные параметры ресурсообеспеченности были оценены следующим образом (таблица 4.1).

Для формирования единой оценки необходимо использовать методы согласования экспертных оценок. Для оценки степени согласования оценок необходимо найти среднюю оценку, и рассчитать дисперсионный коэффициент конкордации по формуле:

$$W = \frac{12 * S}{m^2 * (n^3 - n)}, \quad (4.1)$$

где

$$S = \sum_{j=1}^n \left( \sum_{i=1}^m R_{ij} - \frac{m(n+1)}{2} \right)^2 \quad (4.2),$$

$n$  - количество анализируемых объектов,  $m$  - количество экспертов,  $R_{ij}$  - ранг  $j$ -го объекта, который присвоен ему  $i$ -ым экспертом.

Дисперсионный коэффициент конкордации рассчитывается по матрице ранжировок  $n$  объектов группой из  $m$  экспертов, где  $r_{ij}$  - ранг, присвоенный  $j$ -ым экспертом  $i$ -ому объекту.

Таблица 4.1 - Лингвистические экспертные оценки параметров ресурсообеспеченности

Группа параметров	Параметр	Эксперт 1	Эксперт 2	Эксперт 3	Эксперт 4	Эксперт 5
Кадровые	Общая обеспеченность	Норма	Ниже нормы	Ниже нормы	Ниже нормы	Норма
	Остепененность	Ниже нормы	Норма	Норма	Ниже нормы	Ниже нормы
	Процент докторов наук	Норма	Норма	Норма	Норма	Норма
Информационно-методические	Библиотечный фонд	Ниже нормы	Ниже нормы	Норма	Ниже нормы	Ниже нормы
	Методические разработки	Норма	Ниже нормы	Ниже нормы	Ниже нормы	Ниже нормы
	Электронные библиотеки	Норма	Норма	Норма	Норма	Норма
	Программное обеспечение	Норма	Норма	Норма	Норма	Ниже нормы
Материально-технические	Общие площади	Норма	Норма	Норма	Ниже нормы	Ниже нормы
	Лабораторная база	Ниже нормы	Норма	Выше нормы	норма	норма
Социальные	Общежитие	Норма	Норма	Норма	Ниже нормы	Ниже нормы
	Медицинское обслуживание	Норма	Норма	Ниже нормы	Норма	Норма
	Пункты питания	Ниже нормы	норма	норма	Ниже нормы	Ниже нормы
Базы практик		Выше нормы	Выше нормы	Норма	Выше нормы	Норма

Стоит учитывать некоторую ограниченность применимости методов оценки согласованности оценок экспертов для лингвистических оценок. Преобразуем нечеткие оценки в числовые, заменив значения «намного ниже нормы» на 1, «ниже нормы» на 2, «норма» на 3, «выше нормы» на 4, «гораздо выше нормы» на 5. Получим таблицу 4.2

Таблица 4.2 - Преобразованные лингвистические экспертные оценки параметров

Группа параметров	Параметр	Эксперт 1	Эксперт 2	Эксперт 3	Эксперт 4	Эксперт 5
Кадровые	Общая обеспеченность	3	2	2	2	3
	Остепененность	2	3	3	2	2
	Процент докторов наук	3	3	3	4	3
Информационно-методические	Библиотечный фонд	2	2	3	2	2
	Методические разработки	3	2	2	2	2
	Электронные библиотеки	3	3	3	3	3
	Программное обеспечение	3	3	3	3	2
Материально-технические	Общие площади	3	2	3	3	2
	Лабораторная база	2	3	4	4	3
Социальные	Общежитие	3	3	3	2	2
	Медицинское обслуживание	3	3	2	3	3
	Пункты питания	2	3	3	2	2
Базы практик		4	4	3	4	3

Для полученных значений, оценив их ранг для каждого из 13 критериев был рассчитан коэффициент конкордации  $W$ , который составил 0,91, что свидетельствует о достаточной согласованности мнений экспертов по приведенным показателям.

В результате расчетов была получена комплексная оценка ресурсообеспеченности, рассчитана ее четкая оценка по методу центра тяжести,

которая составила 122,7, что свидетельствует о высоком уровне обеспеченности необходимыми ресурсами данного направления (Рисунок 2).

Также для наглядности построены и приведены графики комплексных оценок сводных показателей кадрового обеспечения, информационно-методического обеспечения, материально-технического, социального (рисунок 4.3), а также общей ресурсообеспеченности (рисунок 4.4).

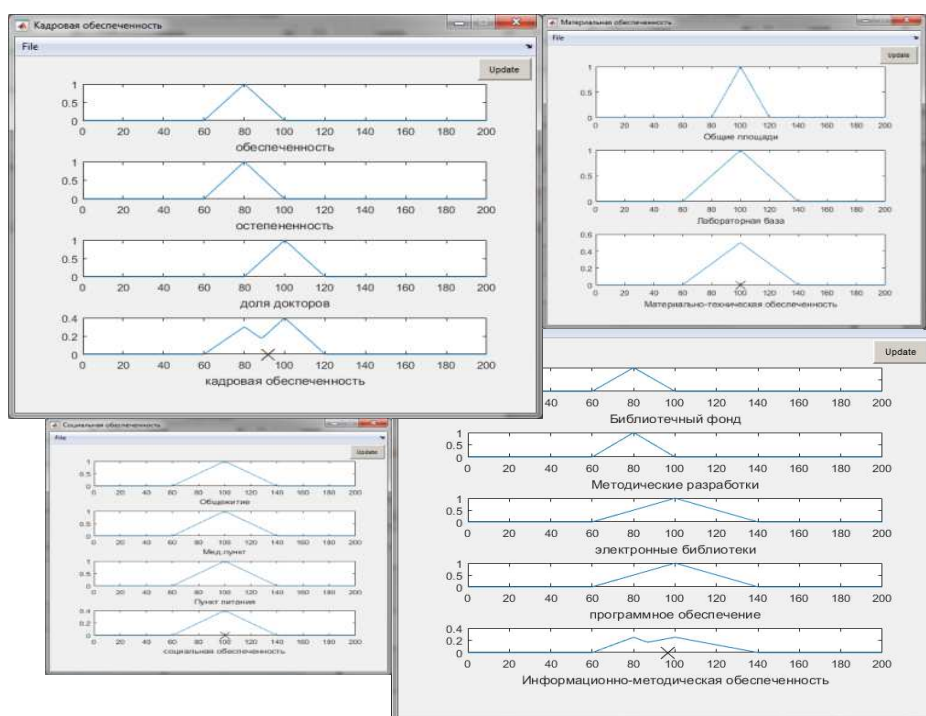


Рисунок 4.3 Графики комплексных оценок сводных показателей для образовательной программы «Машиностроение»

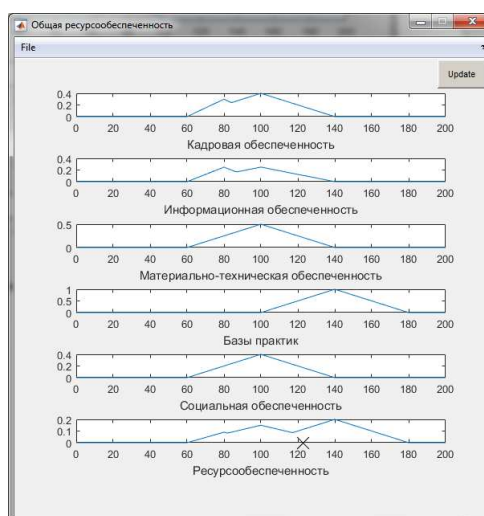


Рисунок 4.4 График функции принадлежности для комплексной оценки показателя всей ресурсообеспеченности



Для получения результатов блока нечеткого вывода указываются рассчитанное значение ресурсообеспеченности, оценки спроса на выпускников на рынке труда и спроса на образовательные услуги. Спрос на образовательные услуги был оценен на основе опроса выпускников бакалавриата и результатов набора прошедшего учебного года, а спрос на рынке труда обоснован заявками работодателей региона на выпускников данного направления. Спрос на образовательные услуги по данному направлению составляет 50% по отношению к предложению, то есть ниже планируемого набора в 10 человек. Спрос на рынке труда, наоборот, в прогнозе составляет 100% от предложения на рынке, то есть соответствует предложению.

Выполнение алгоритма нечеткого вывода представляет расчетное значение выходной переменной, которая определяет коэффициент в процентах изменения плана набора. В нашем случае это 100%, следовательно, план набора 10 человек обоснован.

При запуске блока нечеткого вывода можно посмотреть, какие входные переменные и правила были сформированы в блоке формирования базы правил. База правил была построена в соответствии с таблицей 3.1.

При запуске блока нечеткого вывода он интерактивно не отображается, однако настройки его можно загрузить из файла `resurs.fis` в FIS editor и посмотреть какие входные переменные и правила были сформированы в блоке формирования базы правил.

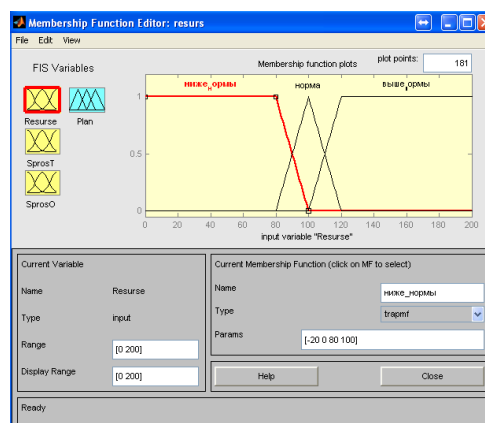


Рисунок 4.5 – Функции принадлежности для терм-множеств входного параметра «Ресурсообеспеченность»

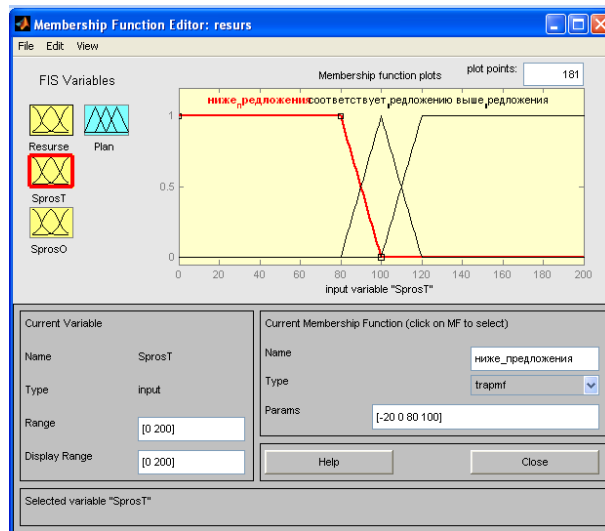


Рисунок 4.6 – Функции принадлежности для терм-множеств входного параметра «Спрос на рынке труда»

Аналогично определены функции принадлежности для терм-множеств входного параметра системы нечеткого вывода «Спрос на образовательные услуги».

Для имеющихся экспериментальных данных расчет по алгоритму Мамдани в системе нечеткого вывода будет иметь следующий вид (рисунок 4.7). Поверхность, отражающая зависимость выходной переменной от спроса на образовательные услуги и спроса на рынке труда по данному направлению подготовки (рисунок 4.8), показывает более эластичную зависимость от спроса на рынке труда. Этот факт также является определяющим при формировании контрольных цифр приема. Анализ данных поверхностей позволяет сделать вывод о степени влияния отдельных факторов на результирующее значение выходной переменной.

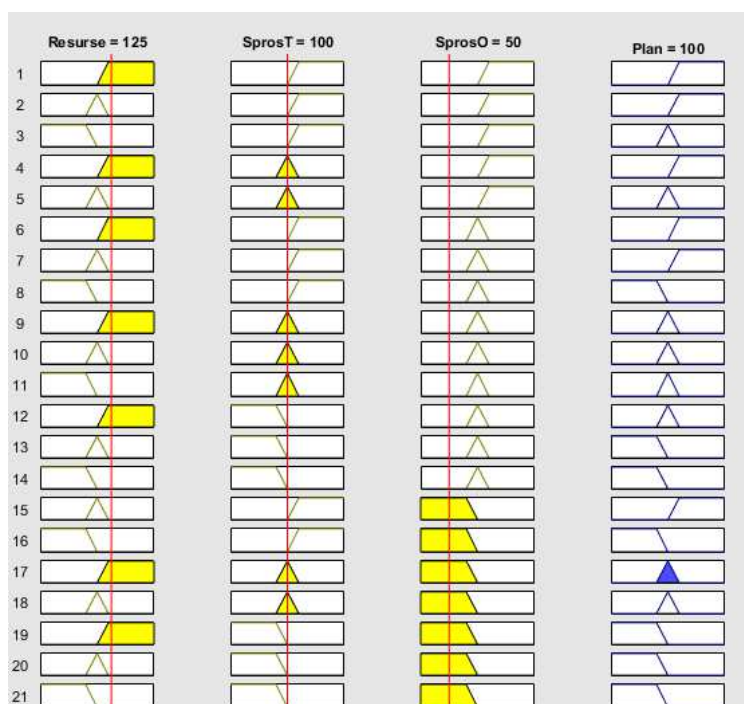


Рисунок 4.7 Расчет по алгоритму Мамдани в системе нечеткого вывода для приведенных экспериментальных данных

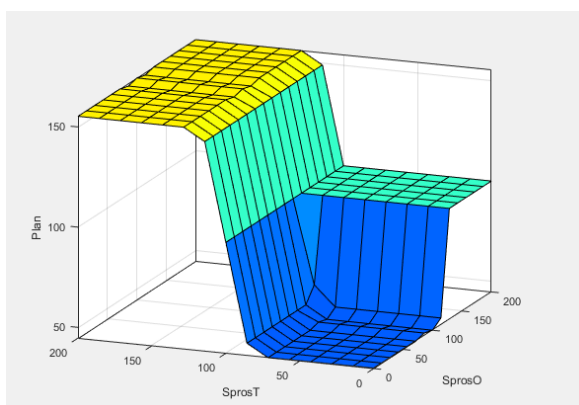


Рисунок 4.8 Поверхность, отражающая зависимость выходной переменной от входных переменных спроса

Также была проведена оценка возможности сохранения набора по направлению «Системный анализ и управление». Экспертные оценки наличия ресурсов для реализации данного направления представлены на рисунке 4.9.

Рисунок 4.9 – Экспертные оценки ресурсообеспеченности образовательной программы «Системный анализ и управление»

Также получены графические результаты применение способа нечеткого комплексного оценивания (рисунок 4.10)

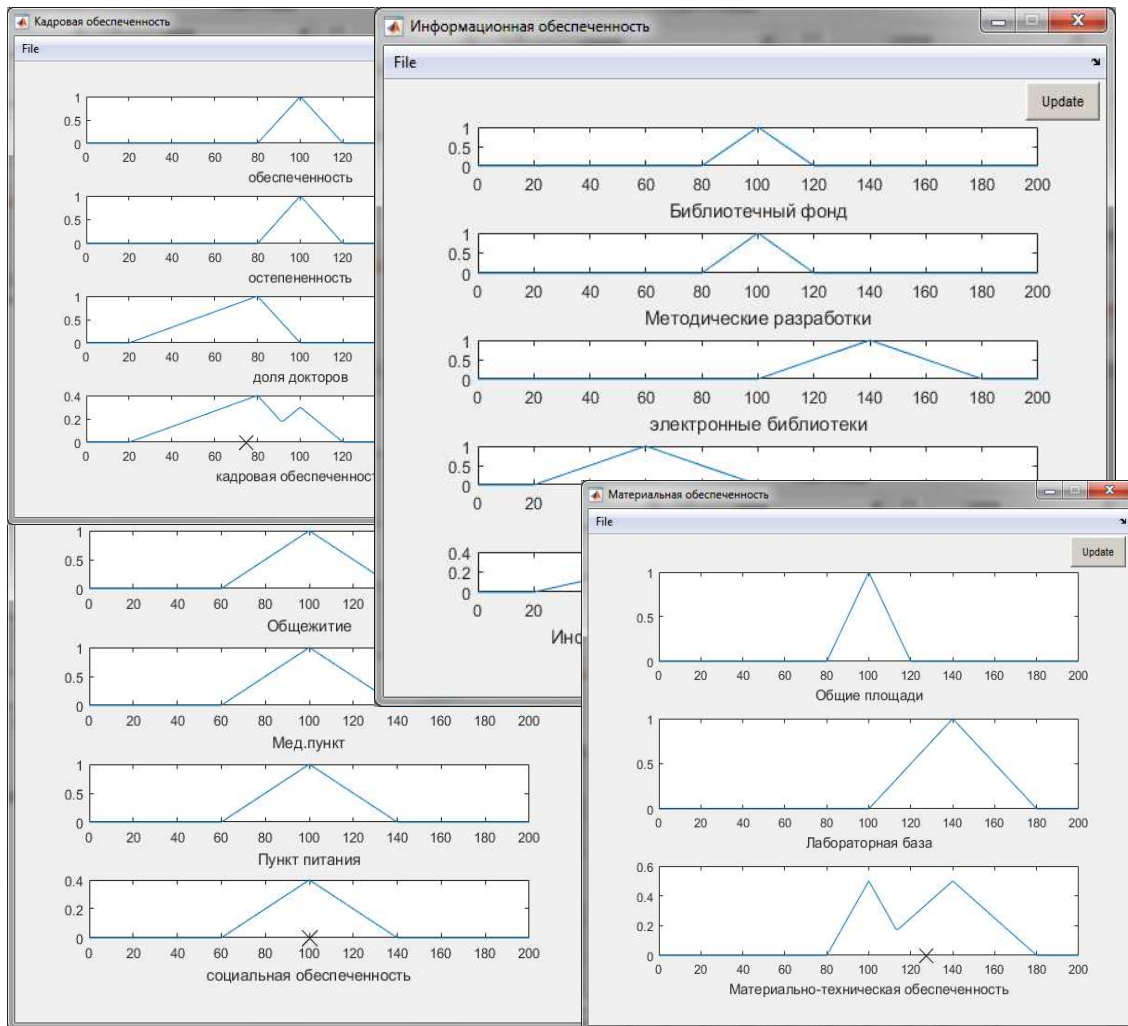


Рисунок 4.10 Графики комплексных оценок сводных показателей для образовательной программы «Системный анализ и управление»

Итоговая оценка ресурсообеспеченности образовательной программы «Системный анализ и управление» была получены по методу центра тяжести, что продемонстрировано на рисунке 4.11

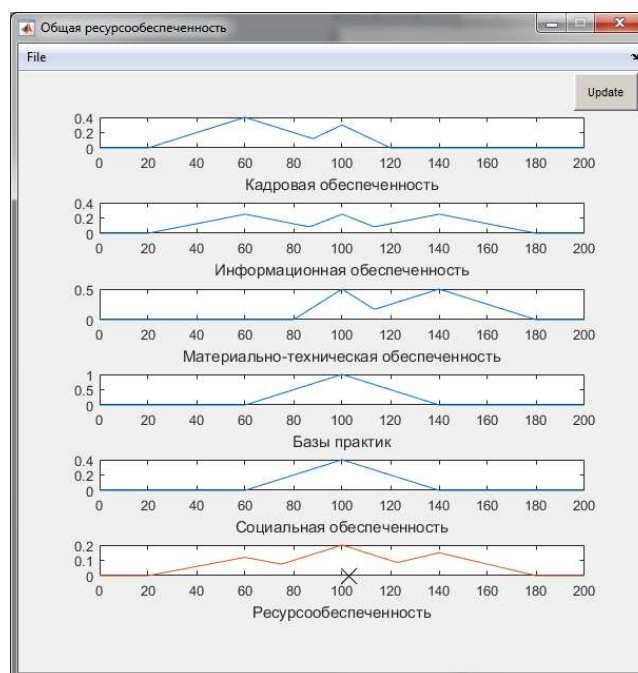


Рисунок 4.11 График функции принадлежности для комплексной оценки показателя ресурсообеспеченности образовательной программы «Системный анализ и управление»

Для выбора управляющего воздействия в блок нечеткого вывода были внесены также данные о спросах на выпускников и на образовательную услугу по данному направлению.

Результаты выбора управляющего воздействия при обработке правил в блоке нечеткого вывода представлены на рисунке 4.12. При имеющихся показателях спроса и ресурсообеспеченности рекомендуется сократить объем реализации услуг до 0.84 от текущего контингента, то есть уменьшить на 2 человека. Но так как корректировка была принята несущественной, в 2017 году изменение плана набора не было проведено. Однако конкурсные характеристики по данному направлению в приемной кампании 2017 года были ухудшены по сравнению с 2016 годом, что подтверждает адекватность рекомендуемого управляющего воздействия.

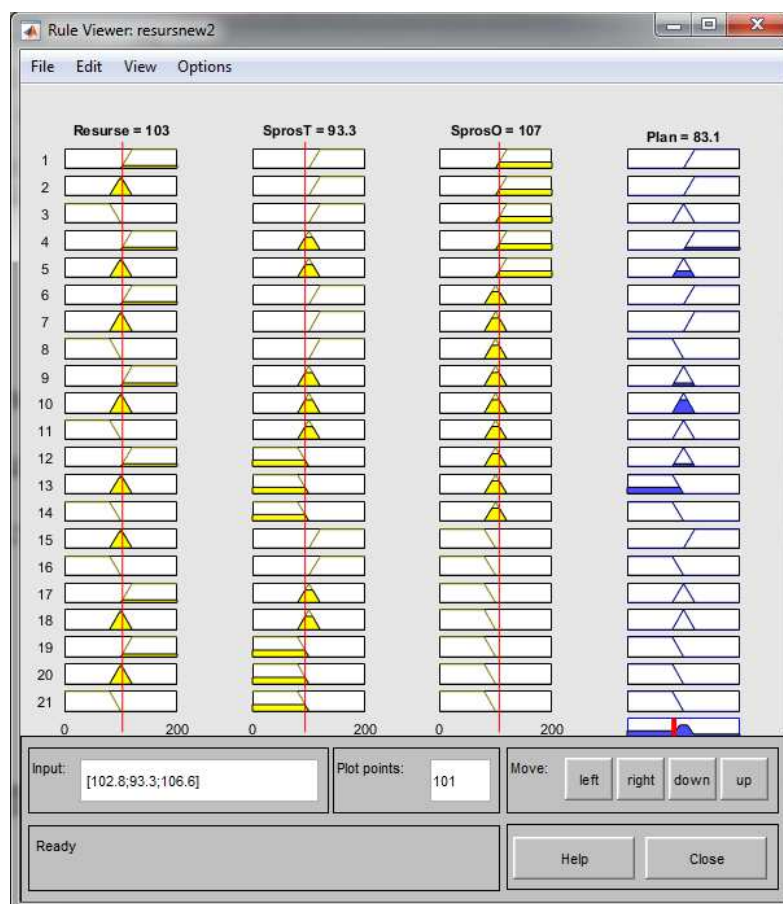


Рисунок 4.12 Расчет по алгоритму Мамдани в системе нечеткого вывода для образовательной программы «Системный анализ и управление»

Полученные результаты при планировании набора по образовательной программе «Машиностроение» на 2017 год были учтены, также были получены впервые контрольные цифры приема (КЦП) за счет средств бюджета по этому направлению в количестве 10 человек.

Характеристики набора в сравнении с предыдущим учебным годом представлены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 - Сравнение показателей наборов 2016 и 2017 года

Показатель	Машиностроение		Системный анализ и управление	
	2016	2017	2016	2017
КЦП	5	10	15	15
Набор	5	10	15	15
Конкурс	1	1,3	1,3	1,1
Средний балл	67,4	75,3	86,2	70,7

Таким образом, на практике в ходе приемной кампании 2017 года была подтверждена адекватность построенной модели системы поддержки принятия решения, обоснован выбор управляющего воздействия на образовательные программы согласно предложенной в работе методике.

Методика комплексного оценивания образовательных программ была использована при принятии решения о лицензировании одной из программ магистратуры в 2012 году: 15.04.01 Машиностроение и 27.04.03 Системный анализ и управление.

Таблица 4.4 – Сравнение результатов комплексного оценивания образовательных программ

Показатели	Машиностроение	Системный анализ и управление
План набора для анализа	10	10
Комплексная оценка	94,2	113,6

Как следует из результатов комплексного оценивания, по направлению Машиностроение количественная оценка, полученная по методу центра тяжести, ниже, чем такая же оценка для направления Системный анализ и управление. Для реализации и развития было выбрано направление 27.04.03 Системный анализ и управление.

Результативность и эффективность принятого решения подтверждается 100% выполнением плана набора с конкурсом 2 человека на место и успешная



аккредитация данного направления в 2014 году. Показатели трудоустройства согласно портала [graduate.edu.ru](http://graduate.edu.ru) по направлению 27.04.03 составляет 95,5%. Таким образом, можно сделать вывод, что выбранное управляющее воздействие обеспечило выполнение трех основных критериев – соответствие спросу на рынке труда, спросу на рынке образовательных услуг и институциональным ограничениям в процессе аккредитации.

### 4.3 Анализ результатов комплексного оценивания

В работе был предложен способ комплексного оценивания, использующий нечеткие входные параметры. Чтобы оценить адекватность оценок, полученных с помощью этого способа, он был сравнен с матричным методом комплексного оценивания. Данный метод также позволяет рассчитывать агрегированные параметры. Однако основное отличие этих методов заключается в том, что второй использует четкие оценки на входе, которые затем фазифицируются согласно функциям принадлежности.

Сравнение было проведено по результатам комплексного оценивания ресурсообеспеченности образовательной программы «Информационные системы и технологии» (рисунок 4.13)

Кадровая	Информационно-методическая	Материально-техническая	Социальная
Общая обеспеченность: норма (0.2)	Библиотечный фонд: выше нормы (0.4)	Общие площади: норма (0.5)	Общежитие: намного ниже нормы (0)
Остепененность: выше нормы (0.3)	Методические разработки: норма (0.2)	Лабораторная база: выше нормы (0.5)	Медпункт: норма (0.5)
Доктора: норма (0.5)	Электронные библиотеки: норма (0.2)	Общий показатель: 127.58 (0.2)	Пункт питания: норма (0.5)
Общий показатель: 100.694 (0.2)	Программное обеспечение: ниже нормы (0.2)	Базы практик: ниже нормы (0.2)	Общий показатель: 100 (0.2)
	Общий показатель: 90.8936 (0.2)		Общий показатель: 88.8823 (0.2)

Рисунок 4.13 - Диалоговое окно «Анализ ресурсообеспеченности»



Таблица 4.5 – Лингвистические экспертные оценки параметров ресурсообеспеченности

Группа параметров	Параметр	Эксперт 1	Эксперт 2	Эксперт 3	Эксперт 4	Эксперт 5
Кадровые	Общая обеспеченность кадрами	Норма	Выше нормы	Норма	Норма	Норма
	Остепененность	Выше нормы	Норма	Норма	Выше нормы	Выше нормы
	Процент докторов наук	Норма	Норма	Норма	Норма	Норма
Информационно-методические	Библиотечный фонд	Выше нормы	Выше нормы	Выше нормы	Выше нормы	Выше нормы
	Методические разработки	Норма	Выше нормы	Норма	Норма	Норма
	Электронные библиотеки	Норма	Норма	Норма	Норма	Норма
	Программное обеспечение	Ниже нормы	Ниже нормы	Норма	Ниже нормы	Ниже нормы
Материально-технические	Общие площади	Норма	Ниже нормы	Норма	Ниже нормы	Ниже нормы
	Лабораторная база	Ниже нормы	Норма	Выше нормы	норма	норма
Социальные	Общежитие	Намного ниже нормы	Намного ниже нормы	Намного ниже нормы	Ниже нормы	Ниже нормы
	Медицинское обслуживание	Норма	Норма	Ниже нормы	Норма	Норма
	Пункты питания	Ниже нормы	норма	норма	Ниже нормы	Ниже нормы
Базы практик		Ниже нормы	Ниже нормы	Норма	Ниже нормы	Норма

О сложности применения четких оценок для параметров, используемых при принятии решений в задачах управления социальными и экономическими системами, было сказано выше. Например, сложно оценить степень соответствия нормативным значениям таких показателей, как лабораторная база, электронные библиотеки, программное обеспечение и т.п. Для сопоставления результатов применения матричной схемы агрегирования данных экспертным путем были

получены четкие усредненные значения соответствия нормативам по всем входным показателям  $x_1, \dots, x_{13}$ . Для каждого параметра значение 100% обозначает полное соответствие нормативному значению, менее 100% – ниже нормативного значения, более 100% – превышения нормативного значения.

Таблица 4.6 – Значение показателей модели

Показатели	Значение
$x_1$ - обеспеченность дисциплин преподавателями,	100
$x_2$ - общая острепененность преподавателей,	102
$x_3$ –доля преподавателей со степенью доктора наук,	93
$x_4$ - книгообеспеченность библиотечным фондом,	110
$x_5$ - обеспеченность методическими разработками и монографиями,	105
$x_6$ - электронные библиотеки и базы знаний,	97
$x_7$ - программное обеспечение,	80
$x_8$ - учебные площади,	92
$x_9$ - лабораторная база и специализированное оборудование,	107
$x_{10}$ – общежитие,	0
$x_{11}$ - мед. пункт,	90
$x_{12}$ - пункт питания,	105
$x_{13}$ - обеспеченность базами практик	82

Согласно матричной схеме агрегирования данных интегрированные показатели для  $n$  частных параметров определяются по следующей формуле:

$$K = \sum_{i=1}^n \alpha_i \sum_{j=1}^m p_j \mu_{ij}(x_i), \quad (4.3)$$

где  $m$  – количество лингвистических термов, определенных для каждой нечеткой переменной,  $\alpha_i$  – уровень важности  $i$ -го критерия,  $p_j$  – узловые точки классификатора,  $\mu_{ij}(x_i)$  – значение функции принадлежности, определенное для текущего значения  $i$ -го фактора.

Узловые точки классификатора являются абсциссами точек максимумов функций принадлежности каждого терма классификатора, которые равномерно отстоят друг от друга на оси. Для построенных и описанных выше функций принадлежности для каждого критерия ресурсообеспеченности узловыми точками

будут следующие значения:

Таблица 4.7 – Значения узловых точек

Показатели	Узловые точки				
$x_1$	60	80	100	120	140
$x_2$	60	80	100	120	140
$x_3$	40	60	100	140	180
$x_4$	60	80	100	120	140
$x_5$	60	80	100	120	140
$x_6$	20	60	100	140	180
$x_7$	20	60	100	140	180
$x_8$	60	80	100	120	140
$x_9$	20	60	100	140	180
$x_{10}$	20	60	100	140	180
$x_{11}$	20	60	100	140	180
$x_{12}$	40	60	100	140	180
$x_{13}$	20	60	100	140	180

Коэффициенты важности для каждого критерия были определены для предыдущего эксперимента и представлены в таблице 4.8.

Таблица 4.8 – Значение коэффициентов важности показателей

Показатели	Коэффициенты важности $\alpha_i$
$x_1$	0,2
$x_2$	0,3
$x_3$	0,5
$x_4$	0,4
$x_5$	0,2
$x_6$	0,2
$x_7$	0,2
$x_8$	0,5
$x_9$	0,5
$x_{10}$	0
$x_{11}$	0,5
$x_{12}$	0,5

Используя выше приведенные значения, построены матрицы агрегирования данных.

Таблица 4.9 – Матрица агрегирования для кадрового обеспечения

Показатели	Термы	гораздо ниже нормы	ниже нормы	норма	выше нормы	гораздо выше нормы	вес показателя	Итоговое значение
x <sub>1</sub>	Узловые точки	60	80	100	120	140		
	95	0	0,25	0,75	0	0	0,2	<b>19</b>
x <sub>2</sub>	Узловые точки	60	80	100	120	140		
	102	0	0	1	0	0	0,3	<b>30</b>
x <sub>3</sub>	Узловые точки	40	60	100	140	180		
	93	0	0,175	0,825	0	0	0,5	<b>46,5</b>
<b>Агрегированное значение показателя Y1</b>								<b>95,9</b>

Аналогичное агрегированное значение, рассчитанное с помощью предложенного метода интегральных нечетких взвешенных оценок – 100.694.

Таблица 4.10 – Матрица агрегирования для информационно-методического обеспечения

Показатель	Термы	гораздо ниже нормы	ниже нормы	норма	выше нормы	гораздо выше нормы	вес	Итоговое значение
x <sub>4</sub>	Узловые точки	60	80	100	120	140		
	110	0	0	0,5	0,5	0	0,4	<b>44</b>
x <sub>5</sub>	Узловые точки	60	80	100	120	140		
	105	0	0	0,75	0,25	0	0,2	<b>21</b>
x <sub>6</sub>	Узловые точки	20	60	100	140	180		
	97	0	0,075	0,925	0	0	0,2	<b>19,4</b>
x <sub>7</sub>	Узловые точки	20	60	100	140	180		
	80	0	0,5	0,5	0	0	0,2	<b>16</b>
<b>Агрегированное значение показателя Y2</b>								<b>100,4</b>

Аналогичное агрегированное значение показателя информационно-методического обеспечения, рассчитанное с помощью предложенного метода на

основе нечетких значений – 90.8936.

Таблица 4.11 – Матрица агрегирования для материально-технического обеспечения

Показатели	Термы	гораздо ниже нормы	ниже нормы	норма	выше нормы	гораздо выше нормы	вес показателя	Итоговое значение
X <sub>8</sub>	Узловые точки	60	80	100	120	140		
	92	0	0,4	0,6	0	0	0,5	<b>46</b>
X <sub>9</sub>	Узловые точки	20	60	100	140	180		
	107	0	0	0,825	0,175	0	0,5	<b>53,5</b>
<b>Агрегированное значение показателя Y<sub>3</sub></b>								<b>99,5</b>

Аналогичное агрегированное значение показателя материально-технического обеспечения, рассчитанное с помощью предложенного метода на основе нечетких значений – 127,58.

Таблица 4.12 – Матрица агрегирования для социального обеспечения

Показатели	Термы	гораздо ниже нормы	ниже нормы	норма	выше нормы	гораздо выше нормы	вес показателя	Итоговое значение
X <sub>10</sub>	Узловые точки	20	60	100	140	180		
	0	1	0	0	0	0	0	<b>0</b>
X <sub>11</sub>	Узловые точки	20	60	100	140	180		
	90	0	0,25	0,75	0	0	0,5	<b>45</b>
X <sub>12</sub>	Узловые точки	40	60	100	140	180		
	105	0	0	0,875	0,125	0	0,5	<b>52,5</b>
<b>Агрегированное значение показателя Y<sub>4</sub></b>								<b>97,5</b>

Аналогичное агрегированное значение показателя социального обеспечения, рассчитанное с помощью предложенного метода на основе нечетких значений – 100.

Рассчитанные агрегированные значения  $y_1$ ,  $y_2$ ,  $y_3$ ,  $y_4$  и  $x_{13}$  также объединяются в интегральную оценку общей ресурсообеспеченности. В

поставленном эксперименте всем этим агрегированным показателям был определен одинаковый уровень важности – 0,2.

Таблица 4.13 – Матрица агрегирования для общего показателя ресурсообеспеченности

Показатели	Термы	гораздо ниже нормы	ниже нормы	норма	выше нормы	гораздо выше нормы	вес	Итоговое значение
У <sub>1</sub>	Узловые точки	60	80	100	120	140		
	<b>95,9</b>	0	0,045	0,955		0	0,2	<b>19,1</b>
У <sub>2</sub>	Узловые точки	60	80	100	120	140		
	<b>100,4</b>	0	0	0,98	0,02	0	0,2	<b>20,08</b>
У <sub>3</sub>	Узловые точки	60	80	100	120	140		
	<b>99,5</b>	0	0,025	0,975	0	0	0,2	<b>19,9</b>
У <sub>4</sub>	Узловые точки	60	80	100	120	140		
	<b>97,5</b>	0	0,125	0,875	0	0	0,2	<b>19,5</b>
Х <sub>13</sub>	Узловые точки	20	60	100	140	180		
	<b>82</b>	0	0,45	0,55	0	0	0,2	<b>16,4</b>
<b>Агрегированное значение ресурсообеспеченности</b>								<b>92,06</b>

В результате применения предложенного в диссертационной работе метода комплексного оценивания, основанного на нечетких частных критериях, значение общей ресурсообеспеченности было определено 88,88. Таким образом, разница в полученных результатах составляет 3,18 в абсолютной величине, и 8% в относительной. После нахождения интегральной оценки ресурсообеспеченности на последнем этапе аналогично используется система нечеткого вывода с рассчитанными входными переменными.

Таким образом, используя матричные схемы агрегирования данных, мы получили новое значение интегрального показателя ресурсообеспеченности – 96.06. На этапе нечеткого вывода было получено значение выходной переменной – изменение плана набора – 100, что означает, что план набора необходимо

сохранить. В нашем методе было получено значение приблизительно 94,4, что не является существенным, следовательно, в целом, план набора можно сохранить.

Таблица 4.14 – Сравнение результатов применения методов комплексного оценивания

Показатель	Предложенный способ комплексного оценивания	Матричная схема агрегирования	Отклонение
Общая ресурсообеспеченность	88.88	92.06	3,5%
Изменение плана набора	95.34	100	4,7%
Используемые оценки параметров	нечеткие	числовые	

Полученные результаты сведены в диаграмме на рисунке 4.14

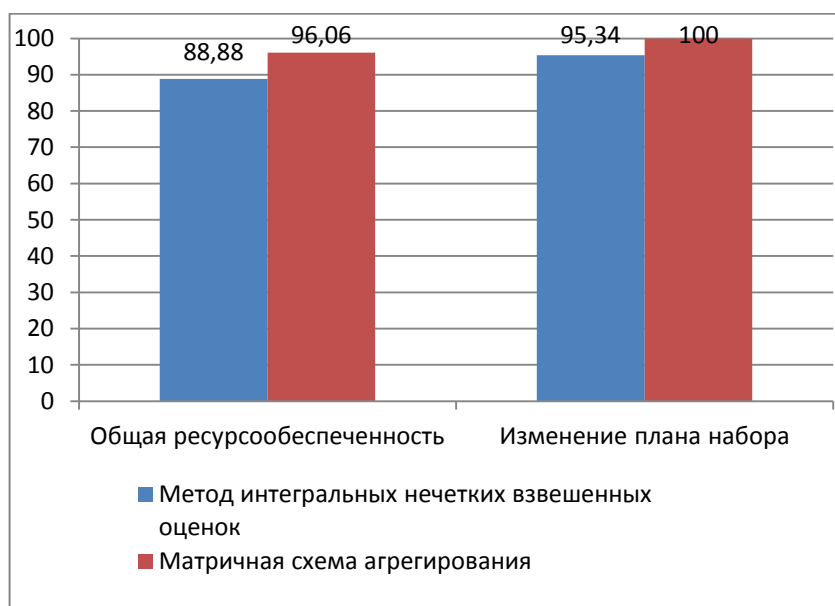


Рисунок 4.14 – Сравнение результатов применения методов комплексного оценивания

Исходя из полученного результата, можно сделать вывод о том, что применение нечетких оценок при принятии решения о планировании набора абитуриентов существенно не изменил результат. При этом есть положительный фактор – нечеткие оценки проще использовать экспертам для показателей, которые трудно измерить количественно.

#### **4.4 Выводы по четвертой главе**

1. Разработана архитектура информационной системы поддержки принятия решения, которая позволяет реализовать предложенную методику выбора управляющего воздействия на образовательную программу.

2. Информационная системы была разработана и апробирована на решении задачи управления объемом реализации образовательных программ. Предложенные варианты решения подтвердили свою результативность и эффективность в ходе реализации выбранных образовательных программ.

3. Полученные результаты предложенного способа нечеткого комплексного оценивания также были сопоставимы с матричной схемой. Предложенный в работе способ показал сравнимые результаты, при этом обеспечив возможность использовать лингвистические оценки параметров, что существенно облегчает работу экспертов.

Основные положения четвертой главы опубликованы в следующих работах: [104], [117], [118], [120], [121]



## Заключение

В данной диссертационной работе были получены следующие результаты:

1. Проведен анализ особенностей и сущности образовательной системы вуза, его социально-экономической роли в обществе. Необходимо отметить, что при управлении вузом и принятии решений необходимо руководствоваться не только экономическими показателями эффективности, прибыльности, но и факторами выполнения социальных задач – обеспечение рынка труда востребованными специалистами, выполнение научных исследований и т.д.

2. Определены ограничения, которые должны учитываться при принятии решений о выборе управляющего воздействия на образовательную программу в вузе – спрос на выпускников, спрос на образовательные услуги, ресурсообеспеченность и институциональные ограничения.

3. В результате системного анализа были построены структурная модель вуза и модель процесса подготовки специалистов. Предложенная модель процесса подготовки специалистов отличается тем, что отражает не ресурсы, а показатели качества выполнения каждого подпроцесса, и те показатели, значения которых влияют на эффективность данного подпроцесса.

4. Разработана процедура построения иерархии критериев на основе онтологического анализа, которая позволяет, используя свойства дескриптивной логики, автоматически выстраивать концепты онтологии в иерархию. Основой для построения таксономии понятий являются результаты структурно-функционального моделирования.

5. Разработана иерархия критериев, на основе которых принимается решение о выборе управляющего воздействия на образовательную программу, включая открытие, закрытие, изменение объемов реализации.

6. Предложен способ комплексного оценивания, который в отличие от имеющихся, формирует агрегированные оценки на основе лингвистических оценок частных показателей с учетом степени их влияния на результирующее значение.

7. Разработана методика поддержки принятия решения, объединяющая предложенный в работе способ комплексного оценивания, метод анализа иерархий и алгоритм нечеткого вывода.

8. Построен алгоритм и разработана информационная система, которые реализуют предложенную методику принятия решения.

9. Информационная система апробирована на решении задачи управления образовательными программами. Предложенные варианты управляющего воздействия показали свою эффективность в процессе приемной кампании в вузе.

10. Полученные результаты экспериментального исследования были также сопоставлены с матричной схемой комплексного оценивания. Предложенный в работе способ комплексного оценивания показал сравнимые результаты, при этом обеспечив возможность использования лингвистических оценок параметров.

Дальнейшие научные исследования в данном направлении связаны с обобщением предложенных методов комплексного оценивания для решения задач управления в других системах, где требуется определение перечня нечетких параметров и выбор управляющего воздействия по полученным интегральным оценкам. Также развитие данной работы планируется в части ее практической реализации – переноса информационной системы на другие платформы.

### Список литературы

1. Аверкин, А.Н. О способе интеграции нечетких моделей для организации поддержки принятия решений в слабо структурируемой предметной области [Электронный ресурс]/ А.Н. Аверкин, Т.В Аграфонова // Искусственный интеллект. Одиннадцатая национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием КИИ-2008 (28 сентября - 3 октября 2008 г., г. Дубна, Россия). Труды конференции. – Режим доступа: [http://www.raai.org/conference/cai-08/files/cai-08\\_paper\\_270.pdf](http://www.raai.org/conference/cai-08/files/cai-08_paper_270.pdf)
2. Адаптивные структуры [Электронный ресурс] // Информационно-справочный портал поддержки систем управления качеством. Режим доступа: <http://quality.edu.ru/quality/sk/menedjment/vuzstructure/663/>
3. Алашеев, С. Ю. Методика среднесрочного прогнозирования спроса на подготовку специалистов в системе профессионального образования региона [Электронный ресурс] / С. Ю. Алашеев, Т. Г. Кутейницына, Н. Ю. Посталюк// Рынок труда и ранок образовательных услуг. Регионы России. –Режим доступа: <http://labourmarket.ru>
4. Алтунин, А.Е. Модели и алгоритмы принятия решений в нечетких условиях: Монография. / А.Е. Алтунин, М.В. Семухин. –Тюмень: Издательство Тюменского государственного университета, 2000 – 352с.
5. Ананич, И.С. Агрегирование информации в системах информационного мониторинга / И.С. Ананич, А.Г. Беленький, Л.Б. Пронин, А.П. Рыжов // Труды Международного семинара “Мягкие вычисления - 96”. - Казань, 3-6 октября 1996. - С. 43 - 46.
6. Андрейчиков, А.В Анализ, синтез, планирование решений в экономике / А.В. Андрейчиков, О.Н. Андрейчикова. – М.:Финансы и статистика, 2004. – 464с.
7. Анфилатов, В.С. Системный анализ в управлении: Учеб. Пособие/ В.С. Анфилатов, А.А. Емельянов, А.А. Кукушкин; под. ред. А.А. Емельянова. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 386с.: ил.

8. Асанов, А.З. Оценка соответствия специалиста требованиям работодателя на основе нечетких вычислений / А.З. Асанов, И.Ю. Мышкина // Вестник информационных и компьютерных технологий. -2010. - №11. - С. 23-32
9. Ахрамейко, А.А. Многокритериальные методы обоснования управленческих решений в условиях нестохастической неопределенности данных/ А.А. Ахрамейко, Б.А. Железко // Труды V Международной научно-практической конференции «Интегрированные модели и мягкие вычисления» (Коломна, 20-30 мая 2009 г.). Т. 2. – М. : Физматлит, 2009. С. 156-160
10. Базы знаний интеллектуальных систем / Т.А.Гаврилова, В.Ф.Хорошевский – СПб: Питер, 2000. – 384 с.: ил.
11. Батыршин, И.З. Основные операции нечеткой логики и их обобщения/ И.З. Батыршин. – Казань: Отечество, 2001. – 100с.
12. Береза, А.Н Применение онтологического подхода для повышения качества управленческих решений в вузе / А.Н. Береза, Е.А. Ершова // Труды конгресса по интеллектуальным системам и информационным технологиям «AIS-IT"10»/Научное издание в 4-х томах. – М.Физматлит, 2010.-Т.2 - С.354-360
13. Береза, А.Н Разработка онтологии вуза на основе системного анализа / А.Н. Береза, Е.А. Ершова // Труды конгресса по интеллектуальным системам и информационным технологиям «AIS-IT"11»/Научное издание в 4-х томах. – М.Физматлит, 2011.-Т.2 - С.206-212
14. Берёза, А.Н. Метод принятия решения на основе лингвистических оценок / А.Н. Берёза, Е.А. Цвелик // Труды Конгресса по интеллектуальным системам и информационным технологиям «IS&IT'12». Научное издание в 4-х томах. – М.: Физматлит, 2012. – Т.1. – 490 с., с. 452-457
15. Береза, А.Н. Применение методов поддержки принятия решений в задачах реструктуризации вуза / А.Н. Береза, Е.А. Ершова // Открытое образование. – 2010. – №4. – С.91-101
16. Бочарников, В.П Fuzzy-технология: Основы моделирования и решения экспертно-аналитических задач / В.П. Бочарников, С.В. Свешинков– К.:Ника-Эльга, 2003. – 293 с.

17. Браверман, А.А. Маркетинг в российской экономике переходного периода. Методология и практика. – М.: Экономика, 1997. – 210 с.
18. Вагин, В.И. Достоверный и правдоподобный вывод в интеллектуальных системах / Е.Ю. Головина, А.А. Загорянская, М.В. Фомина; под ред. Вагина, Д.А. Поспелова. – М. Физматлит, 2004. - 704 с.
19. Вагин, В.Н. Дедукция и обобщение в системах принятия решений / В.Н. Вагин. – М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит.; 1988. - 384 с.
20. Вахитов, А. Р. Преимущества дескриптивной логики при обработке знаний [Электронный ресурс]/ А. Р. Вахитов, В. Б. Новосельцев // Известия ТПУ. – 2008. – №5 – Режим доступа: <http://cyberleninka.ru/article/n/preimuschestva-deskriptivnoy-logiki-pri-obrabotke-znaniy>
21. Вешнева, И.В. Математические модели в системе управления качеством высшего образования с использованием методов нечеткой логики: Монография. – Саратов: Издательство «Саратовский источник», 2010. – 187 с.
22. Виттих, В.А. Онтологические модели ситуаций в процессах принятия управленческих решений / В.А.Виттих // Проблемы управления и моделирования в сложных системах: Труды XI международной конференции. – Самара: СамНЦ РАН, 2009. –С.405-410
23. Виттих, В.А. Онтологический анализ и синтез при управлении сложными открытыми системами / В.А.Виттих // Проблемы управления и моделирования в сложных системах: Труды V международной конференции. – Самара: СамНЦ РАН, 2009. –С.50-60
24. Виттих, В.А. Онтологический подход к построению информационно-логических моделей в процессах управления социальными системами / В.А. Виттих, П.В. Смирнов, С.В. Смирнов // Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2009. - №5. – С.45-53
25. Воронин, А.А. Математические модели организаций: Учебное пособие / А.А. Воронин, М.В. Губко, С.П. Мишин, Д.А. Новиков – М.: ЛЕНАНД, 2008. – 360с.

26. Высшее образование: повестка 2008–2016 [Электронный ресурс]// Эксперт ONLINE. - 2007. - № 32 (573). Режим доступа: [http://expert.ru/expert/2007/32/vysshee\\_obrazovanie\\_2008/](http://expert.ru/expert/2007/32/vysshee_obrazovanie_2008/)

27. Гаврилова, Т.А. Базы знаний интеллектуальных систем / Т.А. Гаврилова, В.Ф. Хорошевский – СПб: Питер, 2000. – 384 с.: ил

28. Гаврилова, Т.А. Интеллектуальные технологии в менеджменте: инструменты и системы: Учеб.пособие/ Т.А. Гаврилова, Д.И. Муромцев – СПб: Издательство «Высшая школа менеджмента», 2007 – 488 с.

29. Гараев, И.М. Характерные особенности услуги, как объекта оценки конкурентоспособности организации [Электронный ресурс]// Информационные социально-экономические аспекты создания современных технологий: Онлайн-научно-технический журнал. -2003. - №3. – Режим доступа: <http://kampi.ru/scitech/>

30. Гитман, М.Б. Управление социально-техническими системами с учетом нечетких предпочтений / М.Б. Гитман, В.Ю. Столбов, Р.Л. Гилязов. – М.: ЛЕНАНД, 2010. – 272 с.

31. Гладун, А.Я. Онтологии в корпоративных системах / А.Я. Гладун, Ю.В. Рогошина // Корпоративные системы. – 2006. - №1 - С. 41-47.

32. Гуртов, В. А. Прогнозирование потребностей региональных экономик в выпускниках системы высшего профессионального образования / В. А. Гуртов, А. Г. Мезенцев, Е. А. Питухин // Рынок труда и рынок образования в Республике Карелия. Петрозаводск, 2003. – С. 59-72.

33. Дружилов, С.А. Демографическая «яма» в России и безработица преподавателей вузов [Электронный ресурс] // персональный сайт Дружилова Сергея Александровича - Режим доступа: [http://drusanvkz.narod.ru/Demograf\\_i\\_bezrabortiza.html#\\_ftnref6](http://drusanvkz.narod.ru/Demograf_i_bezrabortiza.html#_ftnref6)

34. Егоршин, А.П. Менеджмент, маркетинг и экономика образования: Учебное пособие.- Н.Новгород: НИМБ, 2001.- 624 с.

35. Ершова, Е.А. Модель иерархической нечёткой системы поддержки принятия решения в вузе // Информационные системы и технологии. Теория и

практика : сб. науч. тр. / редкол. : А.Н. Береза [и др.]. – Шахты : ГОУ ВПО «ЮРГУЭС». – 2011. – С.272-279

36. Ершова, Е.А. Особенности информатизации системы высшего образования // Информационные системы и технологии. Теория и практика : сб. науч. тр. / редкол. : А.Н. Береза [и др.]. – Шахты : ГОУ ВПО «ЮРГУЭС», 2009. – С.201-207

37. Ершова, Е.А. Оценка показателей конкурентоспособности вуза // Научный потенциал молодежи – развитию России: материалы и доклады межвуз. науч.-практ. конф. 24 апреля 2009 г., г. Волгодонск/ редкол.: Ю.Г. Никоноров [и др.]; Волгодонский ин-т сервиса (филиал) ГОУ ВПО «ЮРГУЭС». – Шахты: ГОУ ВПО «ЮРГУЭС, 2009. – С. 89-92

38. Ершова, Е.А. Применение методов принятия решений для повышения качества образования в вузе // Научный потенциал молодежи – развитию России: материалы и доклады межвуз. науч.-практ. конф. 29 апреля 2011 г., г. Волгодонск/ редкол.: П.Д. Кравченко [и др.]; Волгодонский ин-т сервиса (филиал) ФГБОУ ВПО «Южно-Рос. гос. ун-т экономики и сервиса». – Шахты: ФГБОУ ВПО «ЮРГУЭС. - 2011. - С. 23-25

39. Ершова, Е.А. Процедура принятия решения в управлении вузом на основе теории нечетких множеств // Сборник трудов конференции «Управление знаниями и технологии семантического веба - 2010». – пСПб:СПбГУ ИТМО, 2010 – С.179-182

40. Ершова, Е.А. Сущность социально-экономических отношений в образовательных системах // Сборник трудов молодых ученых и студентов: сб.науч.трудов / редкол.: В.А.Романов [и др.] – Шахты: Изд-во ЮРГУЭС, 2006. – С.122-124

41. Ершова, Е.А. Этапы внедрения информационной системы управления вузом // Информационные технологии в науке и образовании: материалы междунар. науч.-практ. интернет-конференции, октябрь 2008г.-март 2009г./редкол.: А.Э.Попов [и др.] – Шахты: ГОУ ВПО ЮРГУЭС, 2009. –С. 201-204

42. Жильцов, Н. В. Экономический механизм обеспечения системы трудоустройства студентов и выпускников учреждений профессионального образования/Н. В. Жильцов, А. А. Воронин[Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://cszum.bmstu.ru/sbornik/11.html>

43. Заде, Л.А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений / Л.А. Заде. - М.:Мир, 1976.-165 с.

44. Золотарев, В.С. Модель взаимодействия областных и муниципальных управленческих структур на базе автоматизированной информационной системы ростовской области: Монография/ В.С. Золотарев, Л.А. Жебровская, Н.В. Орлова, Ю.В. Радченко. - Ростов-на-Дону:РГЭУ «РИНХ», 2004 – 113с.

45. Иванов, И.В. Моделирование профессионально-квалификационной структуры резервного спроса на региональном рынке труда/ И.В. Иванов, Е.А. Лазебная //Вестник компьютерных информационных технологий. – 2008. - №8. - С. 47-51

46. Исаев, В.В. Общая теория социально-экономических систем: Учеб.пособие / В.В. Исаев, А.М. Немчин - СПб.: Изд.дом «Бизнес-пресса», 2002. – 176 с.

47. Использование онтологий в системах управления знаний организациями С.В. Козлов, А.Ф. Тузовский и др. // Известия Томского политехнического университета. - 2006. - Т. 309. - № 3. - С. 180-184

48. Катанаева, М. А. Управление качеством образовательных услуг вуза: системный взгляд [Электронный ресурс] / М. А. Катанаева, О. А. Шушерина, В. И Бывшев // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. – 2013. – №9. - Режим доступа: <http://uecs.ru/uecs57-572013/item/2338-2013-09-10-07-00-16>

49. Кельчевская, Н. Р. Оценка экономической устойчивости государственного вуза / Н. Р. Кельчевская // Университетское управление: практика и анализ. — 2002. — № 4(23). — С. 5–23.

50. Концепция долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года (утверждена Распоряжением



Правительства Российской Федерации от 17 ноября 2008 г. № 1662-р, ред. 08.08.2009) [Электронный ресурс] - Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

51. Кофман, А. Введение в теорию нечетких множеств /А. Кофман. - М.: Радио и связь, 1982. – 432с.

52. Круглов, В. В. Нечеткая логики и искусственные нейронные сети: Учеб. пособие./ В. В. Круглов, М. И. Дли, Р. Ю. Голунов. – М.: Издательство Физико-математической литературы, 2001. – 224 с.

53. Лагоша, Б.А. Оптимальное управление в экономике: Учеб.пособие. – М.: Финансы и статистика, 2003. – 192с.

54. Лапшин, В. А. Онтологии в компьютерных системах / А.В. Лапшин – М.Научный мир, 2010. - 224 с.

55. Леоненков, А.В. Нечеткое моделирование в среде Matlab и fuzzyTEACH / А.В. Леоненков. – Спб.: БХВ-Петербург, 2005. – 736с.

56. Лю Б. Теория и практика неопределенного программирования. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2005. – 416с.

57. Математические модели организаций: Учебное пособие. Воронин А. А., Губко М. В., Мишин С. П., Новиков Д. А. — М.: ЛЕНАНД, 2008. — 360 с.

58. Мелихов, А.Н. Ситуационные советующие системы с нечеткой логикой / А.Н. Мелихов, Л.С. Берштейн, С. Я. Коровин – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит.-ры, 1990. – 272 с.

59. Мелихова, О.А., Использование нечеткой математики при моделировании систем искусственного интеллекта [Электронный ресурс]/ О.А. Мелихова, З.А Мелихова // труды V-й международной научно-практической конференции «Интегрированные модели и мягкие вычисления в искусственном интеллекте» (Коломна, 28-30 мая 2009 г.). - Режим доступа: [www.raai.org/resurs/papers/kolomna2009/doklad/Melihova\\_Melihova.doc](http://www.raai.org/resurs/papers/kolomna2009/doklad/Melihova_Melihova.doc)

60. Микони, С.В. Теория принятия решений: Лабораторный практикум/ Микони С.В., Гарина М.И. – СПб.: Петербургский государственный университет путей сообщения, 2009. – 97с.

61. Модели и методы поддержки принятия решений/ под ред. Сухарева Е.М. – М.:Радиотехника, 2010. – 192 с.
62. Модели рейтинга вузов и образовательных программ: научное издание / Ю. Похолков, А. Чучалин, Б. Агранович, С. Могильницкий // Высшее образование в России. - 2005. - № 11. - С. 3-20
63. Муромцев Д.И. Онтологический инжиниринг знаний в системе Protege / Д.И. Муромцев.. – СПб: СПб ГУ ИТМО, 2007. – 62 с.
64. Найханова, Л.В. Методы и алгоритмы принятия решений в управлении учебным процессом в условиях неопределенности: монография / Л.В. Найханова, С.В. Дамбаева. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2004. – 164 с.
65. Национальный рейтинг российских вузов [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://univer-rating.ru/>
66. Национальный рейтинг университетов агентства Интерфакс. Методика расчета [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.univer-rating.ru/txt.asp?rbr=30&txt=Rbr30Text5077&lng=0>
67. Недосекин А.О. Нечетко-множественный анализ фондовых инвестиций. СПб.: Сезам, 2002. - 181с
68. Нестеров, В.Л. Управление устойчивостью функционирования вуза / В.Л. Нестеров, В.И. Радченко // Университетское управление: практика и анализ. – 2003. - №5. – С.103-115
69. Новиков, Д.А. Модели и механизмы управления образовательными сетями и комплексами/ Д.А. Новиков, Н.П. Глотова. - М.: Институт управления образованием РАО, 2004. – 142с.
70. Новиков, Д.А. Модели и механизмы управления развитием региональных образовательных систем (концептуальные положения). - М.:ИПУ РАН, 2001.- 83с.
71. Новиков, Д.А. Нечеткие сетевые системы комплексного оценивания / Д.А. Новиков, А.Л. Суханов // Проблемы информационной экономики. М.: ЛЕНАНД. – 2006. – № 1. – С. 279-292.

72. Новиков, Д.А. Теория управления образовательными системами / Д.А. Новиков. – М.: Народное образование, 2009. – 416 с.

73. Ногин, В.Д. Границы применимости распространенных методов скаляризации при решении задач многокритериального выбора // Методы возмущений в гомологической алгебре и динамика систем: Межвуз. сб. науч. тр. Саранск: Изд-во Мордов. ун-та., 2004. - С. 59-68.

74. Нурматова, Е.В., Применение адаптивной нейро-нечеткой системы для моделирования рейтинговой оценки знаний/ Е.В.Нурматова // Труды V Международной научно-практической конференции «Интегрированные модели и мягкие вычисления» (Коломна, 20-30 мая 2009 г.). Т. 2. – М. : Физматлит, 2009. – С. 698-705.

75. Олейник, А.Г. Инструментальные средства интерактивного формирования имитационных моделей деятельности региональной системы профессионального образования / А.Г. Олейник , А.Н. Лексиков // Труды Института системного анализа Российской академии наук. Прикладные проблемы управления макросистемами / Под ред. Ю. С. Попкова, В. А. Путилова. Т. 39. — М: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2008. – С.267-276.

76. Орловский, С.А. Проблемы принятия решения при нечеткой исходной информации. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1981, 208с.

77. Пегат, А. Нечеткое моделирование и управление. - Бином. Лаборатория знаний, 2009. - 800с.

78. Показатели мониторинга деятельности федеральных государственных высших учебных заведений и их филиалов [Электронный ресурс] – Режим доступа:<http://минобрнауки.рф/новости/2932>

79. Понкин, В.С. Правовое содержание государственной аккредитации образовательного учреждения//Образование. – 2005. - №1. - С.24-48

80. Поспелов, Д.А. Ситуационное управление: теория и практика / Д.А. Поспелов. - М. Наука, 1986.- 288 с.

81. Постановление Правительства РФ от 28.10.2013 N 966 (ред. от 27.11.2014) "О лицензировании образовательной деятельности" (вместе с "Положением о лицензировании образовательной деятельности") [Электронный ресурс] - Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

82. Преображенский, Б.Г. Синергетический подход к анализу и синтезу образовательных систем/ Б.Г. Преображенский, Т.О. Толстых //Университетское управление: практика и анализ. – 2004. – №3(31). – С.7-17

83. Прикладные нечеткие системы: Пер. с япон./ К. Асаи, Д. Ватада, С. Иван и др.; под редакцией Т. Тэрано, К. Асаи, М. Сугэно.-М.: Мир, 1993. - 368 с, ил.

84. Прикладные нечёткие системы: Пер. с япон./К.Асаи, Д.Вагада, С.Иваи и др.; под редакцией Тэрано Т., Асаи К., Сунэно М.. – М.:Мир, 1993, 368с.

85. Проведение финансового анализа государственного образовательного учреждения: монография / Н. Р. Кельчевская, Н. Б. Прохорова, М. В. Павлова. - Екатеринбург: Уральск. гос. техн. ун-т - УПИ, 2001. - 126 с.

86. Рейтинговое агентство «Эксперт - РА» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://raexpert.ru/rankings/vuz/vuz2014/vuz\\_rus\\_2014/](http://raexpert.ru/rankings/vuz/vuz2014/vuz_rus_2014/)

87. Родзин, С.И. Теория принятия решений: лекции и практикум: Учебное пособие. – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2010. - 336 с

88. Ротштейн, А.П. Интеллектуальные технологии идентификации [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://matlab.exponenta.ru/fuzzylogic/book5/index.php>

89. Рутковская, Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы / Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский. – М.: Горячая линия – Телекос, 2006. – 452с.

90. Рыжов, А.П. Об агрегировании информации в нечетких иерархических системах / А.П. Рыжов // Интеллектуальные системы. - Том 6. - Вып. 1-4. – 2001. – с. 341

91. Саати, Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. - М.: Радио и связь, 1993 – 278с.

92. Сагинова, О.В. Маркетинг образовательных услуг [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.mcpg.ru/cgi-bin/rus/tour/article.cgi?art=1010403>.

93. Сильнова, С.В. Поддержка принятия решений при управлении предприятием на основе нечетких моделей / С.В. Сильнова, Г.Р. Полюдова, Е.А. Пузырникова // Вестник компьютерных информационных технологий. – 2009. – №11. – С. 33-41

94. Синюк, В.Г. Алгоритм построения иерархических систем нечеткого вывода Такаги-Сугено. / В.Г. Синюк, В.М. Поляков, А.А. Кузубова// Тринадцатая национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием КИИ - 2012 (16-20 октября 2012 г, город Белгород, Россия) в 4-х томах. Т.2. – Белгород: БГТУ им В.Г. Шухова, 2012. – С. 247–253.

95. Скворцов, Н.А. Вопросы согласования неоднородных онтологических моделей и онтологических контекстов [Электронный ресурс] – Режим доступа : <http://synthesis.ipi.ac.ru/synthesis/publications/08onto-hetont/08onto-hetont.pdf>

96. Смирнов, А.В. Модели формирования коалиций кооперативных агентов: состояние и перспективы исследований / А.В. Смирнов, Л.Б. Шерemet // Искусственный интеллект и принятие решения. - 2011. - №1. - С. 36—48

97. Смирнов, С.В. Онтологический анализ предметных областей моделирования // Известия Самарского научного центра РАН. Т.3.- 2001. - №1. - С.62-70.

98. Смирнов, С.В. Онтологический анализ: определения и алгоритмы / С.В. Смирнов// Проблемы управления и моделирования в сложных системах: Труды III Международной конференции. – Самара: СамНЦ РАН, 2001. – С.137-146

99. Сумарокова, Н.Н Система поддержки принятия решений при планировании приема студентов в вуз/ Н.Н. Сумарокова, А.Л. Истомин //Вестник иркутского государственного технического университета. – 2013. - №1 (72). - С. 17-24

100. Фасхиев, Х. А. Оценка конкурентного потенциала и конкурентоспособности учебного заведения [Электронный ресурс] / Х.А.

Фасхиев, И.М. Гараев - Режим доступа: <http://www.kampi.ru/scitech/base/nomer15/index.php?NAME=3disk/stat1.html>

101. Федеральный закон [Электронный ресурс] от 29.12.2012 N 273-ФЗ (ред. от 27.05.2014) «Об образовании в Российской Федерации»– Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

102. Халов, Е.А. Систематический обзор четких одномерных функций принадлежности интеллектуальных систем /Е.А. Халов// Информационные технологии вычислительные системы. – 2009. - №3, – С.60-74

103. Цвелик, Е.А. Классификация задач принятия решений при нечётких условиях // Информационные технологии в науке и образовании: материалы междунар. науч.-практ. интернет-конференции, 2012г./редкол.: А.Э.Попов [и др.] – Шахты: ФГБОУ ВПО «ЮРГУЭС», 2012. - С. 145-147

104. Цвелик, Е.А. Метод построения иерархии критериев на основе онтологического анализа систем [Электронный ресурс]/ Е.А. Цвелик// «Инженерный вестник Дона», 2013, №4. – Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/1971> - Загл. с экрана. – Яз.рус.

105. Е.А. Цвелик Функциональное моделирование как средство анализа качества процесса подготовки специалистов в вузе // Труды Конгресса по интеллектуальным системам и информационным технологиям «IS&IT'14». Научное издание в 4-х томах. – М.: Физматлит, 2014. – Т.2. – 210-217 с.

106. В.М. Курейчик, Е.А. Цвелик Задача принятия решения при формировании образовательных программ, реализуемых в вузе // новые технологии в промышленности, науке и образовании: сборник статей по итогам международной научно-практической конференции (Оренбург, 28 октября 2017). - Sterlitamak: АМИ – С.90-94

107. Чернов, В.Г. Решение задач многокритериального альтернативного выбора на основе геометрической проекции нечетких множеств/ В.Г. Чернов // Информационно-управляющие системы №1, 2007г. – С. 46-51

108. Шахгельдян, К.И. Применение онтологического подхода в корпоративной информационной среде вуза/ К.И. Шахгельдян//ИТ Ведомости СПбГПУ.-2007.-№4-2 (52). - С.189-194
109. Шаяхметова, Р.М. К вопросу о моделировании функции принадлежности / Ю.А. Реннер, Р.М. Ольховая, Р.М. Шаяхметова, О.Н. Яркова // Вестник Оренбургского государственного университета. - 2010. - № 13.-С. 276-280.
110. Шикин Е.В. Математические методы и модели в управлении / Е.В. Шикин, А.Г. Чхартишвили. - М.: Изд-во «Дело», 2000 - 439с
111. Штовба, С.Д. Введение в теорию нечетких множеств и нечеткую логику [Электронный ресурс]/ С.Д. Штовба. - Режим доступа: [http://matlab.exponenta.ru/fuzzylogic/book1/4\\_6.php](http://matlab.exponenta.ru/fuzzylogic/book1/4_6.php))
112. Экономика общественного сектора: учеб. для вузов / под ред. Л. И. Якобсона, М. Г. Колосницыной. 3-е изд., перераб. и доп. М. : Юрайт, 2014. - 558 с.
113. Кравец, А. Г. «Теория согласованного управления региональными ресурсами рынка труда и качеством подготовки специалистов: основные положения» / А. Г. Кравец // Изв. ВолгГТУ. Серия «Актуальные проблемы управления, вычислительной техники и информатики в технических системах»: межвуз. сб. науч. ст. / ВолгГТУ. – Волгоград, 2007. – Вып. 1, № 1. – С. 77–80.
114. Микерова Г. Г. Современные тенденции управления системой образования в России [Электронный ресурс] /Г.Г. Микерова// Современные технологии управления — 2017 — №4(76). - Режим доступа: <http://sovman.ru/article/7603/> – (Дата обращения: 20.10.2017).
115. Алексеев А.О., Алексеева И.Е. Процедуры нечеткого комплексного оценивания объектов различной природы [Электронный ресурс] // XII Всерос. совещание по проблемам управления (ВСПУ 2014), г. Москва, 16–19 июня 2014 г. – М.: ИПУ РАН, – 2014. – С. 7884–7893. –URL: <http://vspu2014.ipu.ru/proceedings/prcdngs/7884.pdf>.

116. Мухаметзянов И. З. Нечеткий логический вывод и нечеткий метод анализа иерархий в системах поддержки принятия решений: приложение к оценке надежности технических систем // Кибернетика и программирование – 2017 - №2 – С.59-77

117. Цвелик Е.А. Современные инфокоммуникационные технологии в образовательном процессе технического вуза // Научная сессия НИЯУ МИФИ – 2015 : сб. тез. и ст. науч.-практ. конф., 16–20 февр. 2015 г. - Волгодонск : ВИТИ НИЯУ МИФИ, 2015. - С. 50-54

118. Цвелик Е.А. Система поддержки принятия решения при планировании набора абитуриентов // IV Всероссийская научно-практическая конференция «Информационные технологии в образовании XXI века». Сборник научных трудов. – М.: НИЯУ МИФИ.2014. 129-134 С.

119. Цвелик Е.А. Системный подход к реализации интерактивных форм обучения при проведении лекционных занятий по техническим дисциплинам в ВУЗе // Инженерный вестник Дона : электрон. науч. журн. - 2016. - № 4. - Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2016/3764>

120. Береза А.Н., Цвелик Е.А. Проектирование системы поддержки управленческих решений на основе метода нечетких интегральных оценок // Информатика, вычислительная техника и инженерное образование. – 2012. - №4. – С.18-190

121. Курейчик В.М., Цвелик Е.А. Применение системы поддержки принятия решений при формировании образовательных программ в вузе // Информатика, вычислительная техника и инженерное образование. – 2017. - №4. – С.

122. Юдин, Д.Б. Вычислительные методы теории принятия решений / . Д.Б. Юдин.– М.:Наука.Гл.ред.физ.мат.лит, 1989. – 320с.

123. Ярушкина, Н.Г. Основы теории нечетких и гибридных систем: Учебное пособие./ Н.Г. Ярушкина. – М.: Финансы и статистка, 2004. – 320с.

124. Ястребова, Н.Н. Исследование применимости различных схем нечеткого вывода в иерархических нечетких системах [Электронный ресурс]/



Н.Н. Ястребова, И.С. Ястребов // труды V-й международной научно-практической конференции «Интегрированные модели и мягкие вычисления в искусственном интеллекте» (Коломна, 28-30 мая 2009 г.). - Режим доступа: [www.raai.org/resurs/papers/kolomna2009/doklad/Yastrebova\\_Yastrebov.doc](http://www.raai.org/resurs/papers/kolomna2009/doklad/Yastrebova_Yastrebov.doc)

125. Яхьяева, Г.Э. Нечеткие множества и нейронные сети: Учебное пособие / Г.Э. Яхьяева – М.: Интернет-Университет Информационных технологий; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. – 316с

126. Cengiz Kahraman, Selçuk Çeb A new multi-attribute decision making method: Hierarchical fuzzy axiomatic design// Expert Systems with Applications 36 (2009) 4848–4861

127. Fatih Emre Boran, Serkan Genc, Mustafa Kurt, Diyar Akay A multi-criteria intuitionistic fuzzy group decision making for supplier selection with TOPSIS method // Expert Systems with Applications 36 (2009) 11363–11368

128. Fuzzy logic: a practical approach / F.Martin McNeill, Ellen Thro. – Academic Press Limited. – 1994г., 279с.

129. IDEF5 Method Report. - Knowledge Based Systems, Inc., 1994, 175с.

130. Peide Liu A weighted aggregation operators multi-attribute group decision-making method based on interval-valued trapezoidal fuzzy numbers // Expert Systems with Applications 38 (2011) 1053–1060

131. R. Babuska Fuzzy Modeling for Control. Kluwer Academic Publishers, Boston, 1998., 257 с.

132. The description logic handbook: theory, implementation, and applications, edited by Franz Baader. - Cambridge University Press, 2003

133. Wilson I.D. Foundation of Hierarchical control «International Journal of Control» 29, №6, 1979, p.899-933

134. Yuehui Chen, Lizhi Peng, Ajith Abraham Programing Hierarchical TS Fuzzy Systems//IEEE Trans on Fuzzy Systems, 2006

135. Yuehui Chen, Ajith Abraham Tree-Structure based Hybrid Computational Intelligence: Theoretical Foundations and Applications

Intelligent Systems Reference Library, 2 (Том 2), ISSN 1868-4394. Springer- 2009, 224с.

136. Zhiping Chen, Wei Yang A new multiple criteria decision making method based on intuitionistic fuzzy information // Expert Systems with Applications 39 (2012) 4328–4334

137. Zhi-xin Su, Ming-yuan Chen, Guo-ping Xia, Li Wang An interactive method for dynamic intuitionistic fuzzy multi-attribute group decision making // Expert Systems with Applications 38 (2011), 15286–15295

138. Новиков, Д.А. Введение в теорию управления образовательными системами. – М.:Эгвес, 2009. – 156 с.

139. Клемешев А. П., Кукса И. Ю. Управление образовательными программами как фактор модернизации университета // Высшее образование в России. – М. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Московский политехнический университет", 2016. - №5. – С.10-20

140. Чижова Л.С. Механизм взаимодействия рынков труда и образовательных услуг Методологические подходы // Человек и труд № 8, 2004 с.37-40

141. Чижова Л.С. Реструктуризация экономики усиливает необходимость балансировки спроса и предложения рабочей силы // Человек и труд № 9, 2002 с.44-47

## **Приложение А**

(обязательное)

### **Показатели рейтинга вузов Министерства образования**

Образовательная деятельность вуза (индикаторы О1-О6):

- оценка числа студентов всех уровней подготовки (бакалавриат, специалитет, магистратура);
- оценка числа ППС, работающих на полной ставке. Оценка уровня квалификации ППС;
- оценка спектра образовательных программ;
- оценка качества абитуриентов;
- оценка затрат на подготовку студента;
- оценка ресурсного обеспечения образовательного процесса материально-технической базой;
- оценка уровня организации образовательного процесса.

2. Научно-Исследовательская деятельность вуза (индикаторы И1-И7):

- результативность работы аспирантуры и докторантуры;
- оценка образовательных программ для подготовки специалистов для научных исследований;
- оценка ресурсного обеспечения материально-технической базы исследовательского процесса;
- оценка уровня организации научно-исследовательского процесса;
- оценка достижений ППС в области науки и исследований.

3. Социализаторская деятельность вуза (индикаторы С1-С5):

- оценка образовательных программ по социально-гуманитарным дисциплинам;
- оценка образовательных программ дополнительного образования;
- пространственный масштаб деятельности вуза;
- оценка динамики активности выпускников на региональных рынках труда;
- оценка зарплатных ожиданий и карьерных притязаний выпускников.

#### 4. Международная деятельность вуза (индикаторы М1-М5):

- оценка академической мобильности студентов, преподавателей, учёных;
- оценка уровня международной образовательных программ;
- оценка влияния на зарубежные рынки образования, исследований;
- оценка объема привлеченных средств от международной деятельности;
- показатели сотрудничества с зарубежными вузами и исследовательскими организациями в научно-исследовательской деятельности.

#### 5. Бренд вуза (индикаторы Б1-Б6):

- репутация вуза;
- миссия вуза, стратегии развития, управление. Успешность выпускников вуза, достижения вуза в процессе селекции элит национального и международного уровней;
- показатели публичной и экспертной деятельности представителей вуза;
- известность вуза среди зарубежного академического сообщества.

#### 6. Инновации и коммерциализация разработок (индикаторы К1-К3):

- оценка результатов интеллектуальной деятельности вуза: российские патенты на изобретения и полезные модели, другие виды интеллектуальной собственности (программы, ноу-хау), регистрируемые Роспатентом;
- доля созданных вузом МИПов от общего числа зарегистрированных малых инновационных предприятий;
- оценка развитости инновационной инфраструктуры.

## Приложение Б

(обязательное)

## Свидетельства о регистрации программ для ЭВМ

*Ершова Е.А.*

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



**СВИДЕТЕЛЬСТВО**

о государственной регистрации программы для ЭВМ

**№ 2012610121**

**Система автоматизации работы приёмной комиссии**

Правообладатель(ли): **Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южно-Российский государственный университет экономики и сервиса» (ФГБОУ ВПО «ЮРГУЭС») (RU)**

Автор(ы): **Ершова Елена Андреевна (RU)**

Заявка № **2011617562**  
Дата поступления **12 октября 2011 г.**  
Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ  
**10 января 2012 г.**

 Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам

 **Б.П. Симонов**

Рисунок В.1 – Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ №2012610121

## РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



## СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2012619027

Система поддержки принятия решения  
на основе интегральных взвешенных нечетких оценок

Правообладатель(ли): **Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южно-Российский государственный университет экономики и сервиса» (ФГБОУ ВПО «ЮРГУЭС»)** (RU)

Автор(ы): **Цвелик Елена Андреевна** (RU)

Заявка № **2012614432**

Дата поступления **1 июня 2012 г.**

Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ  
**5 октября 2012 г.**

Руководитель Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности

Б.П. Симонов

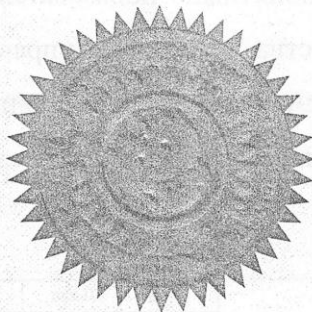


Рисунок В.2 – Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ №2012614432

**Приложение В**  
**(обязательное)**  
**Акты внедрения**

**«УТВЕРЖДАЮ»**

Проректор по научной работе  
ФГБОУ ВО «ВГТУ»,  
д.т.н., профессор,

И.Г. Дроздов

«06» июня 2018г.

**АКТ**

об использовании результатов диссертационной работы  
на соискание ученой степени кандидата технических наук  
на тему:

Методика эффективного управления образовательными программами в вузе

автор: Цвелик Елена Андреевна

научный руководитель: д.т.н., профессор Курейчик Виктор Михайлович

Результаты диссертационного исследования на соискание ученой степени кандидата технических наук использованы в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Воронежский государственный технический университет» при подготовке бакалавров направления «Информационные системы и технологии» по дисциплинам «Теория принятия решений», «Моделирование процессов и систем», «Методы оптимизации в информационных системах».

Для подготовки курса лекций используются следующие положения диссертационного исследования:

- процедура построения иерархии критериев на основе онтологического анализа системы, которая позволяет автоматизировать процесс определения дерева критериев для сложных систем; процедура построения использует формализованные онтологии на основе дескриптивных логик;

- способ комплексного оценивания показателей системы на основе экспертных оценок, который позволяет оперировать лингвистическими оценками и при этом получать достоверные результаты;

- автоматизированная система комплексного оценивания для поддержки принятия решения при управлении образовательными программами в вузе в качестве примера использования предложенного способа экспертных оценок.

Зав. кафедрой САПРИС,  
д.т.н., профессор



Я.Е. Львович





«УТВЕРЖДАЮ»

Директор ИКТИБ

Г.Е. Веселов

31.05 2018 г.

АКТ

об использовании в учебном процессе

Института компьютерных технологий и информационной безопасности

Южного федерального университета

результатов кандидатской диссертации Цвелик Елены Андреевны на тему:

«Методика эффективного управления образовательными программами в Институте компьютерных технологий и информационной безопасности Южного федерального университета»

Мы, нижеподписавшиеся, руководитель бакалаврского направления 09.03.02 «Информационные системы и технологии» к.т.н., профессор Нужнов Е.В., руководитель направления магистратуры 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника», к.т.н., доцент Кравченко Ю.А., зав. кафедрой САПР д.т.н., профессор Курейчик В.В. составили акт в том, что в учебном процессе кафедры САПР Института компьютерных технологий и информационной безопасности внедрены следующие результаты кандидатской диссертации Цвелик Е.А.

- способ комплексного оценивания показателей системы на основе экспертных оценок, который позволяет оперировать лингвистическими оценками и при этом получать достоверные результаты;
- автоматизированная система комплексного оценивания для поддержки принятия решения при управлении образовательными программами в вузе в качестве примера использования предложенного способа экспертных оценок.

Указанные результаты используются при чтении следующих курсов на кафедре САПР: «Методика профессионально-ориентированного обучения», «Представление и использование знаний в интеллектуальных системах», «Системный анализ управления и обработки информации», «Информатика и вычислительная техника».

Внедрение в учебный процесс ряда теоретических и практических результатов диссертационной работы Цвелик Е.А. позволило повысить качество подготовки бакалавров и магистров по соответствующим направлениям.

Руководитель направления 09.03.02

к.т.н., профессор

Е.В. Нужнов

Руководитель направления 09.04.01

к.т.н., доцент

Ю.А. Кравченко

Зав. кафедрой САПР

д.т.н., профессор

В.В. Курейчик





об использовании результатов диссертационной работы  
на соискание ученой степени кандидата технических наук  
по специальности 05.13.10 «Управление в социальных и экономических  
системах» (технические науки)  
на тему:

Методика эффективного управления образовательными программами в вузе

автор: Цвелик Елена Андреевна

научный руководитель: д.т.н., профессор Курейчик Виктор Михайлович

Мы, нижеподписавшиеся, заведующий кафедрой «Информационные и управляющие системы», д.т.н., профессор Кривин В.В., заместитель руководителя по науке, к.э.н., доцент Головкин М.В. составили акт в том, что в учебном процессе кафедры «Информационные и управляющие системы» внедрены следующие результаты кандидатской диссертации Цвелик Е.А.:

- процедура построения иерархии критериев на основе онтологического анализа системы, которая позволяет автоматизировать процесс определения дерева критериев для сложных систем; процедура построения использует формализованные онтологии на основе дескриптивных логик;

- способ комплексного оценивания показателей системы на основе экспертных оценок, который позволяет оперировать лингвистическими оценками, что актуально при оценивании сложных систем.

Указанные результаты используются в лекционных курсах по дисциплине «Системный анализ и принятие решений» по направлению подготовки 27.04.03 Системный анализ и управление.

Внедрение в учебный процесс результатов диссертационной работы Цвелик Е.А. позволило повысить качество подготовки магистров по данному направлению.

Зав.кафедрой информационных и управляющих систем, д.т.н, профессор

В.В. Кривин

Зам.руководителя по науке  
к.э.н., доцент

М.В. Головкин