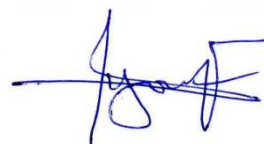


Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Астраханский государственный технический
университет» (АГТУ)

На правах рукописи



Юссуф Ахмат

**АЛГОРИТМЫ И МЕТОДИКА ОБРАБОТКИ РАЗНОРОДНОЙ
ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ КОМПЛЕКСНОГО АНАЛИЗА ПРОЕКТОВ
СИСТЕМ СВЯЗИ**

Специальность:

05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации
(информационные технологии и промышленность)

ДИССЕРТАЦИЯ
на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:
кандидат технических наук
Сорокин Александр Александрович

Астрахань – 2017

ОГЛАВЛЕНИЕ

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ.....	6
ВВЕДЕНИЕ.....	7
1. АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ ВО ВРЕМЯ ОЦЕНКИ ПРОЕКТОВ СТРУКТУРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМ СВЯЗИ И МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ ПРЕДСТАВЛЕННОЙ В ИНТЕГРИРОВАННОЙ ФОРМЕ.....	12
1.1 Исследование особенностей построения систем связи.....	14
1.2 Анализ методики оценки проекта структурного элемента системы связи....	18
1.3 Анализ методов обработки разнородной информации.....	29
1.4 Формальная постановки задачи получения интегрированной оценки структурного элемента системы связи	40
1.5 Выводы.....	43
2. МЕТОДИКА ОБРАБОТКИ ИНТЕГРИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИИ ПО ОЦЕНКЕ ПРОЕКТОВ СТРУКТУРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМ СВЯЗИ	44
2.2 Методика получения интегрированной оценки проекта структурного элемента системы связи.....	45
2.3 Метод комплексного анализа корпоративных проектов структурных элементов систем связи реализуемых впервые.....	54
2.4 Выводы по главе.....	61
3. АЛГОРИТМЫ ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ В ПРИНЯТИИ РЕШЕНИЙ ВО ВРЕМЯ АНАЛИЗА ПРОЕКТОВ СТРУКТУРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМ СВЯЗИ	62
3.1 Разработка обобщенной системы нечеткого вывода для оценивания проекта структурного элемента системы связи	63

3.2 Разработка алгоритма для поддержки в принятии решений во время предварительной оценки проекта структурного элемента системы связи	73
3.3 Разработка алгоритма для поддержки в принятии решений окончательной оценки проекта структурного элемента системы связи.....	83
3.4 Выводы по главе.....	94
4. РЕКОМЕНДАЦИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ПРОВЕРКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРЕДЛОЖЕННЫХ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ПОЛОЖЕНИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПРОЕКТОВ СТРУКТУРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМ СВЯЗИ.....	95
4.1 Рекомендации по использованию методики обработки интегрированной информации и алгоритмов оценки проекта структурного элемента систем связи	96
4.2 Проверка систем нечеткого вывода, заложенных в алгоритмы поддержки принятия решений по оценке проектов структурных элементов систем связи	102
4.3 Проверка адекватности систем нечеткого вывода, используемых в алгоритмах по оценке проектов структурных элементов систем связи.....	110
4.4 Оценка эффективности использования результатов полученных исследований	114
4.3 Выводы по главе.....	124
4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ	126
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	128
ПРИЛОЖЕНИЕ А	143
Функции принадлежности входных и выходных переменных системы нечеткого вывода для оценки проекта структурного элемента системы связи.....	143
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	145
Свидетельство о регистрации базы данных	145
ПРИЛОЖЕНИЕ В	146
Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ.....	146

ПРИЛОЖЕНИЕ Г	147
Функции принадлежности переменных системы нечеткого вывода для предварительной оценки проекта структурного элемента системы связи	147
ПРИЛОЖЕНИЕ Д	149
Функции принадлежности переменных для системы нечеткого вывода используемой во время окончательной оценки	149
ПРИЛОЖЕНИЕ Е.....	154
Таблица описания термов для системы нечеткого вывода, используемой во время предварительной оценки	154
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж.....	156
Таблица описания термов для системы нечеткого вывода, используемой во время окончательной оценки проекта.....	156
ПРИЛОЖЕНИЕ З	161
Некоторые теоретические соотношения для оценки технических характеристик структурных элементов беспроводных систем связи.....	161
ПРИЛОЖЕНИЕ И	165
Структура имитационной модели для оценки эффективности передачи трафика в исследуемой инфокоммуникационной системе.....	165
ПРИЛОЖЕНИЕ К	168
Таблицы сравнительного анализа оценок модели и реального опыта внедрения проектов.....	168
ПРИЛОЖЕНИЕ Л	177
Таблица сравнения экспертных оценок проектов и оценок модели.....	177
ПРИЛОЖЕНИЕ М.....	181
Проверка нормальности распределения оценок групп проектов.....	181
ПРИЛОЖЕНИЕ Н	185

Акт внедрения в ООО «АсТел»	185
ПРИЛОЖЕНИЕ О	186
Акт внедрения в AIRTEL	186
ПРИЛОЖЕНИЕ П	187
Акт внедрения в Autorité de régulation des communications électroniques et des postes	187
ПРИЛОЖЕНИЕ Р	189
Акт внедрения в ФГБОУ ВО Астраханский государственный технический университет	189
ПРИЛОЖЕНИЕ С	190
Акт внедрения в National Institute of Science and Technology of Abéché	190

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ВОЛС – волоконно-оптическая линия связи.

ИСНВ – иерархическая система нечеткого вывода

ЛП – лингвистическая переменная

ЛПР – лицо, принимающее решение

НЛ – нечеткая логика

ОИ – обработка информации

ПД – подсистема доступа

РВ – результат внедрения ()

РРЛ радиорелейная линия

СНВ – система нечеткого вывода

СС – системы связи

СЭСС – структурный элемент системы связи

ТНМ – теория нечетких множеств

УСЭСС – условный структурный элемент системы связи

ФА – факторный анализ

ФП – функция принадлежности

ARCEP – Autorité de régulation des communications électroniques et des postes

EG – Expert Group

MG – Management Group

PG – Providing Group

QoS – Quality of Service

WE – Work experience

WG – Work Group

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования: Развитие доступа к современным услугам систем связи (СС) стратегически важная задача, которая продиктована в законе "О связи" Российской Федерации, нормативных документах других стран и ООН. Особенность разработки проектов структурных элементов систем связи (СЭСС) – необходимость анализа информации социально-экономического и технического характера, связанной с проектом и регионом его реализации. Как правило, подобная информация представлена в количественной (числовой) и качественной (вербальной) формах. Примеры СЭСС – проекты установки базовых станций сотовой связи, трассы волоконно-оптических кабелей и т.д. От полноты анализа факторов зависит успех эксплуатации сложных технических объектов. Средства разработки проектов СЭСС слабо ориентированы на получение результатов анализа с учетом с учетом вербально и численно описываемых факторов. Поэтому осложняется решение задач по внедрению и модернизации СЭСС в условиях изменения экономической и социальной обстановки в регионе, где работает оператор связи. Таким образом, возникает противоречие между задачами анализа проектов СЭСС и возможностями современных средств разработки СЭСС.

Степень разработанности темы: Значительный вклад в развитие теории разработки СЭСС внесены Б.С. Гольдштейном [27-28], В.М. Вишневым [17-20], И.В. Шахновичем [97], А.В. Росляковым [79-78], А. Mukherjee [124], А. Ananda [129], L. Roger [128] и др. учеными, но их работы направлены на разработку и оценку проектов СЭСС с учетом факторов, представленных в числовой форме, имеющих физическую размерность. Вопросы анализа факторов, описываемых вербально, в частности факторов экономического характера, в данных работах рассмотрены недостаточно. В работах Г.А. Голубицкой [23-26], В.К. Чаадаева [94], М. Cave [110] и др. рассматривается прогнозирование экономической эффективности проектов СЭСС и систем связи в целом, но формальные методы комплексной обработки разнородной информации, представленной в числовой и вер-

бальной формах о факторах, влияющих на эффективность эксплуатации СЭСС, в работах не приводятся. Вопросы влияния вербально и численно описываемых факторов на различные системы рассматриваются в работах В.В. Бузыревой [14], М. Б. Гитмана [21], но область обработки информации для оценки проектов СЭСС в данных работах не затрагивалась. В результате нерешенной остается задача комплексного анализа вербально и численно описываемых факторов для оценивания проектов СЭСС.

Объект исследования: проекты структурных элементов систем связи.

Предмет исследования: алгоритмы, методики и методы обработки информации для анализа проектов структурных элементов систем связи.

Цель исследования: повышение эффективности управления подготовкой проектов структурных элементов систем связи за счет разработки алгоритмов и методик получения интегрированных оценок с учетом обработки информации, представленной в качественной и количественной форме.

Для достижения цели необходимо решение следующих **задач**:

1. Проанализировать процесс обработки разнородной информации во время анализа проектов структурных элементов систем связи и методы обработки информации, представленной в качественной и количественной форме;
2. Разработать методику получения интегрированной оценки проекта структурного элемента системы связи основанную на обработке информации, которая представлена в числовой и вербальной формах;
3. Предложить алгоритмы обработки разнородной информации для поддержки принятия решений на всех этапах анализа проекта структурного элемента системы связи;
4. Сформулировать рекомендации по использованию разработанных теоретических положений для комплексного анализа проектов структурных элементов систем связи.

Методы исследования: В процессе решения задач использованы методы системного анализа, теории принятия решений, теории нечетких множеств, теории графов и математическое моделирование.

Научная новизна работы, заключается в том что:

1. Разработана методика интегрированной оценки проекта структурного элемента системы связи, отличающаяся обобщенным формализованным представлением разнородной информации, полученной от экспертов и в результате технико-экономических расчетов; (п. 13 паспорта специальности).
2. Предложен метод комплексного анализа корпоративных проектов реализуемых впервые структурных элементов систем связи, отличающийся имплементацией условного структурного элемента системы связи и позволяющий оценивать целесообразность внедрения проекта при отсутствии структурных элементов систем связи, установленных ранее (п. 4 паспорта специальности).
3. Предложены алгоритмы для поддержки принятия решений во время анализа проекта, отличающиеся реализацией методов нечеткого вывода для обработки информации о проекте структурного элемента системы связи, позволяющих за счет обобщения численных и вербальных факторов комплексно оценивать проект (п. 10 паспорта специальности).

Теоретическая значимость работы заключается в том, что разработаны методика, метод и алгоритмы для обработки информации для комплексного анализа структурных элементов систем связи, представленной в численной и вербальной формах.

Практическая значимость работы: Разработаны рекомендации повышения эффективности анализа проектов СЭСС за счет обработки информации о факторах, имеющих численное и вербальное описание. Результаты работы используются в ООО "АсТел" и сотовом операторе Airtel (респ. Чад) во время разработки СЭСС, Autorité de régulation des communications électroniques et des postes, ARCEP (респ. Чад) при оценивании СЭСС, кроме того в учебном процессе ФГБОУ ВО "Астраханский государственный технический университет", Национальном ин-

ституте науки и техники в г. Абеше (респ. Чад), что подтверждается актами о внедрении. Основные результаты работы получены в ходе выполнения ГБ НИР кафедры "Связь" в 2014 - 2016 гг. «Перспективные высокоскоростные инфокоммуникационные системы», номер гос. рег. 01201450580.

Положения, выносимые на защиту:

1. Методика интегрированной оценки проекта структурного элемента системы связи;
2. Метод комплексного анализа корпоративных проектов, основанный на имплементации условного структурного элемента системы связи;
3. Алгоритмы для поддержки принятия решений во время анализа проектов структурных элементов систем связи.

Достоверность результатов исследований подтверждается корректностью использования апробированных теоретических методов, сравнением полученных результатов с результатами оценки проектов, внедренными ранее в компаниях, занимающихся проектированием, построением и контролем СЭСС, апробацией результатов исследований среди специалистов в области системного анализа, проектирования и эксплуатации СЭСС.

Апробация полученных результатов: Основные результаты исследований докладывались на всероссийских и международных конференциях SIBCON (Омск, 2015г.), Проблемы передачи информации в инфокоммуникационных системах (Волгоград, 2015, 2017 гг.), Математические методы в технике и технологиях (Ярославль, 2015г.), Международ. научно-практич. конф. "Перспективы развития информационных технологий (Новосибирск, 2016 г.) Международ. студ. научно-технич. конф., Международ. научн. конф. научно-педагог. работников АГТУ (Астрахань 2014-2016гг.).

Публикации: по теме диссертации опубликовано 13 научных работ, среди которых 5 в журналах из перечня ВАК, 1 проиндексирована в базе цитирования SCOPUS, 5 докладов на международных конференциях, 1 св-во о регистр. базы данных, 1 св-во о регистр. прогр. для ЭВМ.

Личный вклад автора: все основные теоретические положения, приведенные в диссертации получены автором лично, в работах, выполненных в соавторстве, автор принимал участие в формулировке целей, постановки и решении теоретических и практических задач, анализе результатов и формировании выводов, подготовке публикаций и других научных работ.

Структура и объем диссертации: работа состоит из введения, 4-х глав, выводов и заключения, списка использованных источников, приложений. Работа изложена на 142 страницах машинописного текста, 8 таблиц, 24 рисунка, 46 страниц приложений, списка литературы из 134 наименований.

1. АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ ВО ВРЕМЯ ОЦЕНКИ ПРОЕКТОВ СТРУКТУРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМ СВЯЗИ И МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ ПРЕДСТАВЛЕННОЙ В ИНТЕГРИРОВАННОЙ ФОРМЕ

Как показывает обзор работ [7,17-20,34,43,47,49,57,83] системы связи и инфокоммуникации одна из быстро развивающихся отраслей. Наиболее интенсивное развитие наблюдается в области мобильных и проводных высокоскоростных технологий передачи данных, спутниковой связи. Кроме инфраструктуры сети развиваются информационные сервисы: поисковые системы, электронная почта, приложения для голосовой и видео связи, развлекательные порталы. Несмотря на значительные успехи операторов связи в области обеспечения покрытия связью территории государств, остаются «сложные» участки, реализация на территории которых инфраструктурных проектов является изначально убыточной [83,118,122,123]. С другой стороны, согласно работы [83] существуют нормативные документы, которые предписывают операторам необходимость обеспечения доступа к современным информационным услугам практически во всех населенных пунктах, транспортных магистралях, местах промыслов.

Практическая реализация подобных «убыточных» проектов часто оказывает положительное влияние на деятельность оператора в целом за счет повышения «имиджа» компании как «сильного» участника рынка, способного решать задачи высокой социальной значимости. В результате сведения о деятельности компании начинают распространяться в средствах массовой информации. Информация фактически имеет рекламный характер, что позволяет компании повышать свою известность и лояльность действующих и потенциальных клиентов. Дополнительно реализация социально значимых проектов позволяет повысить лояльность государственных органов, заключающаяся в предоставлении льгот, упрощении задач

аренды земельных участков, субсидирования отдельных видов затрат, ориентацией программ подготовки специалистов в образовательных учреждениях.

Обзор работ по оценке эффективности проектов объектов сети связи показывает, что современные методики и средства ориентированы на прогнозирование экономической эффективности в рамках определенного проекта в заданном месте. В результате реализация оценка эффективности социально значимых проектов производится специалистами компании. Как известно, многие социально-экономические факторы имеют вербальное описание и поэтому результат их обобщения сильно зависит от компетентности экспертной группы (специалистов) и лица, принимающего решения. Зависимость от уровня компетенции специалистов, оценивающих проект может привести к неверной оценке перспективности реализации проекта, что негативно скажется на деятельности компании как финансовой организации. Современные средства обработки информации о проектах, как правило, ориентированы на обработку факторов технического характера, которые имеют числовую форму представления.

Таким образом, в рамках главы стало целесообразно:

- кратко проанализировать особенности построения и эксплуатации систем связи,
- исследовать процесс обработки информации во время оценки проектов структурных элементов систем связи,
- проанализировать методы обработки информации представленной в интегрированной (численной и вербальной) форме,
- формализовать задачу оценивания проекта с учетом факторов, представленных в интегрированной (численной и вербальной) форме.

1.1 Исследование особенностей построения систем связи

Как описывается в работах [47,54,83,108,112,113,134] система связи состоит из совокупности элементов целью работы которых является организация информационного обмена между абонентами (пользователями) сети. В системе связи выделяют следующие подсистемы:

- подсистема абонентского оборудования;
- подсистема доступа;
- подсистема управления;
- подсистема транспортной сети;
- подсистема управления;

Подсистема абонентского оборудования позволяет пользователю сети получать доступ к услугам оператора связи и другим информационным сервисам. В настоящее время подсистему абонентского оборудования представляют различные проводные и беспроводные средства доступа к сети. С учетом анализа рынка и работ [47,115-117,121] абонентского оборудования можно выделить три класса:

- оборудование индивидуального использования – предназначено для персонального использования одним абонентом, примером подобного оборудования являются телефоны, ноутбуки, планшетные компьютеры,
- оборудование коллективного использования – предназначено для использования несколькими единицами абонентского оборудования, примером являются маршрутизаторы и коммутаторы класса SOHO (Small Office Home Office),
- оборудование специального назначения в виде различных датчиков, например IP камеры, видеорегистраторы и т.д.

Для взаимодействия абонентских устройств с сетью связи используются подсистемы доступа (ПД). Примером оборудования являются

- базовые станции сетей сотовой связи,

- коммутаторы и беспроводные точки доступа интернет провайдеров,
- районные телефонные станции, операторов фиксированной связи,

Анализ работ [17-20,47,54,83,127] показывает, что в настоящее время наблюдается устойчивое развитие технологий мобильной связи для передачи голоса и данных, применительно к проводным технологиям развивается рынок проводного доступа к сети интернет, тогда как рынок фиксированной телефонной связи находится в стадии спада, и остается востребованной только на рынке учрежденческой связи. Описанные тенденции характерны не только для стран с развитыми экономиками, но и государств с развивающейся экономикой регионов Африки, Азии, Латинской Америки [33,35,37,42].

Особенностью развития систем, использующих в качестве подсистемы доступа беспроводное оборудование, стало обеспечение значительных территорий покрытия, что позволило использовать эти системы не только в коммерческих целях, но и для нужд управления государством. При этом, как отмечается в работе [83] качество и перечень услуг связи на территории страны в целом не равномерен. Подобное вызвано тем, что качество оказания услуг и размер зоны покрытия, в целом, зависит от стоимости оборудования сети оператора. Учитывая, что сети операторов связи изначально создавались, как коммерческие проекты, то наиболее производительное оборудование размещалось в местах наибольшего нахождения абонентов. В результате в местах, где находятся небольшие населенные пункты, устанавливалось менее производительное или устаревшее оборудование. В процессе развития рынка связи по объективным причинам, связанным с особенностями перемещения абонентов и развития систем госуправления возникла необходимость установки производительного оборудования в местах, где количество абонентов относительно невелико, а интенсивность использования самого оборудования симптоматична. При этом практическая реализация подобных проектов позволила операторам увеличить эффективность использования всей сети в целом, за счет «безразрывного» обеспечения качества обслуживания отдельных категорий абонентов и упрощения взаимодействия с государственными структу-

рами. Примером подобного проекта является реализация компанией ПАО «МегаФон» установки базовых станций на северной части Каспийского моря. Что привело к увеличению рыночной доли оператора среди жителей южной части Астраханской области примерно на 5–7% и позволило упростить проведение спасательных мероприятий.

Для обеспечения взаимодействия подсистем доступа (базовых станций) с сетью оператора и взаимодействия с оборудованием подсистемы управления используется транспортные сети. Как описывается в работах [19,30,83] в качестве элементов транспортной сети наибольшее распространение получили решения основанные на использовании радиорелейных линий (РРЛ) и волоконно-оптических линий связи (ВОЛС).

РРЛ представляет собой последовательность приемо-передающих устройств, которые используют для передачи информации беспроводные (радио) каналы. Как показывает практика, при помощи современного оборудования РРЛ возможна организация каналов связи со скоростью передачи до 1 Гбит/с на расстояния до 30 км (в отдельных случаях до 80 км). При использовании в составе структуры сети оператора мобильной связи оборудование РРЛ устанавливается в комплекте с оборудованием базовой станции (подсистемы доступа). Антенны РРЛ монтируются, как правило, рядом с антеннами базовых станций.

Особенностью ВОЛС является использование волоконно-оптического кабеля, в качестве среды распространения сигнала. Для ретрансляции сигнала используются оптические мультиплексоры и коммутаторы. В зависимости от типа кабеля, ВОЛС может укладываться в кабельную канализацию, открытый грунт, подвешиваться на столбы. Дальность распространения сигнала без дополнительных ретрансляций составляет около 70 км., скорость передачи может достигать 10 Гбит/с.

Для решения задач распределения трафика в сети, обеспечения доступа абонентов к ресурсам системы связи, для организации взаимодействия с другими

сетями используется оборудование подсистемы управления, к которому относятся контроллеры базовых станций и коммутаторы.

Совокупность оборудования в виде базовой станции, комплекта антенн, элементов для организации транспортной сети, подсистемы управления образуют структуру системы связи. Следовательно, элемент, входящий в состав подобной структуры целесообразно называть структурным элементом системы связи (СЭСС).

Решение о реализации нового СЭСС в рамках системы связи принимается лицом, принимающим решения (ЛПР). В роли ЛПР у оператора связи выступает руководство в виде совета директоров (решения по крупным проектам, относительно оператора), либо решением руководства регионального представительства. Основанием для принятия решения о изменении структуры сети служат заключения экспертов, основанные на оценке деятельности оператора. Как правило, подобные оценки формируются на основании анализа рыночных отношений, технического состояния сети, перспектив развития региона, где планируется реализация проектов по развитию структуры сети. Факторы, при помощи которых выставляется оценка имеют числовую и вербальную форму представления.

Следует учитывать, и особенностью рынка оборудования различных подсистем сети связи заключающуюся в широком разнообразии технических решений, по используемым технологиям, характеристикам, степени выработки материального и морального ресурса и т.д. Результатом взаимодействия описанных факторов является стоимость проекта реализации СЭСС и эффективность его эксплуатации в процессе оказания услуг абонентам. Кроме того, на решения о принятии или отклонении проекта СЭСС оказывают влияние факторы, связанные с тенденциями развития рынка телекоммуникаций. Дополнительно, спецификой современного рынка оборудования систем связи является то, что он фактически на нем представлено оборудование нескольких производителей, таких как Cisco, Huawei, Alcatel, Siemens, Nec и др. Особенности рынка телекоммуникаций заключается в [68,69]:

- в непрерывном увеличении объема передаваемого трафика (в среднем 20 % в год),
- пропорциональным увеличением прибыли компаний, занятых услугами по предоставлению доступа к сетям связи и информационным ресурсам,
- увеличением количества единиц оборудования связи и повышением его производительности в области обслуживания трафика,
- преобладанием технологий беспроводного доступа над проводными.

Следующим этапом проведения анализа является исследование используемой методики обработки информации во время оценки проектов структурных элементов систем связи.

1.2 Анализ методики оценки проекта структурного элемента системы связи

Как показывает опыт подготовки проектов СЭСС и анализ работ [16,17,23,31,38,47,62,94], наиболее широкое распространение получили виды обработки информации связанные с:

1. Оценкой актуальности разработки или модернизации проекта СЭСС;
2. Обоснованием выбора технических и программных средств для использоваться в процессе эксплуатации проекта СЭСС;
3. Выполнением расчетов по определению технических параметров (факторов представленных в числовой форме), характеризующих качество работы и соответствия нормированным параметрам проекта СЭСС, а также доказательства технической реализуемости проекта;
4. Проработкой вопросов оценки соответствия разрабатываемого проекта совокупности требований безопасной и удобной эксплуатации, в целом решение данной задачи можно также отнести к области применимости условия выполнения проектом регламентированных требований, однако, как

показывает многолетняя практика, описание подобных задач выделяется в отдельную позицию, и часто для ее решения привлекаются отдельные специалисты или технические и программные средства расчета,

5. Оценкой эффективности внедрения проекта структурного элемента с учетом финансовых затрат на непосредственную реализацию, расходы на содержание разработанного решения в течении периода эксплуатации и прогнозирование объемов привлекаемых или, в зависимости от назначения решения, сэкономленных финансовых средств, частично задача данного этапа описана в задачи минимизации стоимости проекторного решения [17], принцип которого используется при определении затратной части реализуемого решения, а также использовании основных параметров оценки эффективности бизнес проектов (чистый дисконтированный доход, индекс рентабельности проекта, срок окупаемости и внутренняя норма доходности).

Блок-схема подобной методики обработки информации во время оценки и подготовки проекта СЭСС приведена на рисунке 1.1.

Опыт подготовки и реализации различных проектов СЭСС показывает, что в процессе решения каждого из этапов лицо, принимающее решение (ЛПР) сталкивается с рядом неопределенностей, в процессе разрешение которых он использует как свой собственный опыт, так и опыт членов команды, которые принимают участие в подготовке проекта. В более общем виде процесс обработки информации по оценке проекта можно разделить на следующие этапы:

1. Обработка информации по анализу перспективы реализации проекта в заданном населенном пункте или месте структуры системы связи,
2. Обработка информации для подготовки эскизного (предварительного) проекта разрабатываемого решения,
3. Обработка информации для подготовки бизнес-плана разрабатываемого проекта,

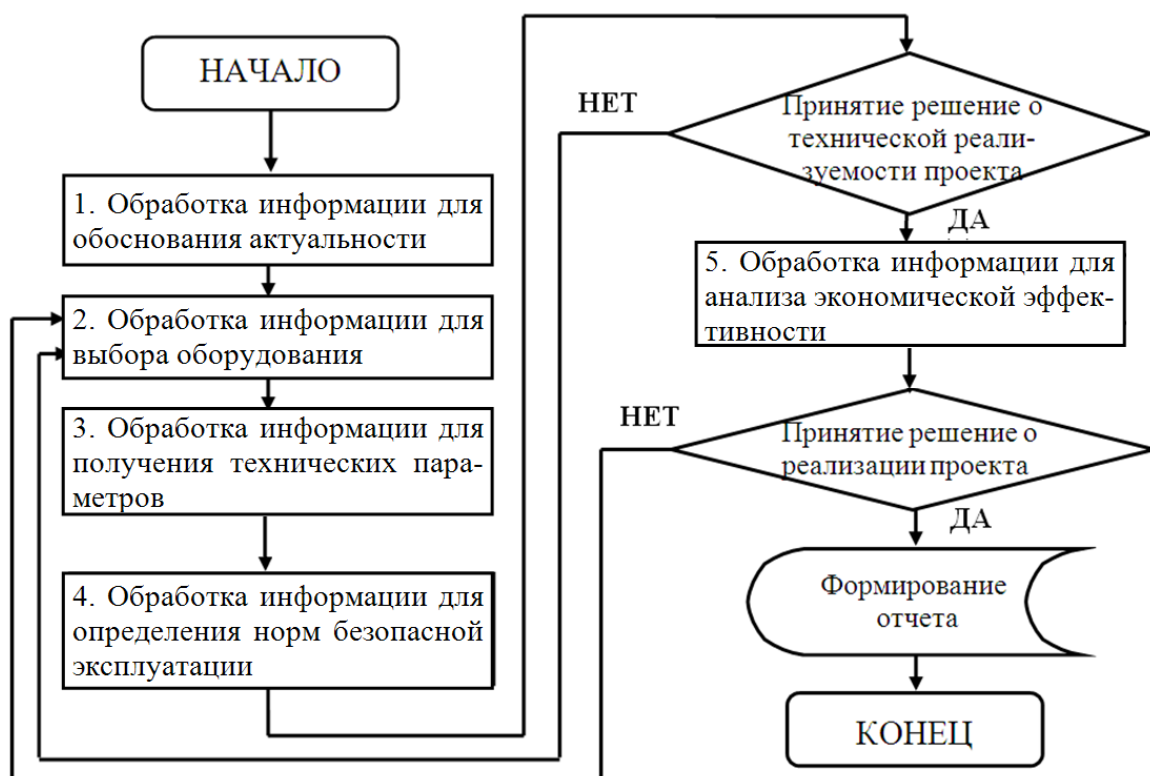


Рисунок 1.1 – Блок-схема методики обработки информации во время получения интегрированной оценки проекта СЭСС в упрощенном виде

4. Обработка информации для юридического сопровождения различных этапов подготовки и реализации проекта,
5. Обработка информации связанная с подготовкой рабочего проекта СЭСС,
6. Реализация "пилотного" проекта СЭСС реализации для сбора текущей и экспертной информации по результатам пробной эксплуатации,
7. Обработка информации для по результатам маркетинговых мероприятий, связанных с оповещением потенциальных клиентов реализуемого проекта,
8. Сбор и обработка информации в процессе внедрения проекта в условиях определенного населенного пункта или месте структуры системы связи,
9. В случае необходимости, обработка информации для проведения работ по адаптации проекта под условия других населенных пунктов.

Во время обработки информации (ОИ) по анализу перспективы реализации проекта в заданном населенном пункте или месте структуры системы связи про-

видятся исследования социально-экономического характера, в случае если проектом предусматривается последующая коммерческая эксплуатация системы то:

- определяется целевая аудитория, на взаимодействие с которой будет ориентирован разрабатываемый проект,
- проводится анализ целевой аудитории (определяются ее финансовые показатели, доля от общего числа жителей),
- проводится анализ конкурентной среды заданного населенного пункта, определяются качественные и ценовые показатели других компаний, которые представлены в заданном населенном пункте,
- проводятся предварительное исследование правового регулирования предоставляемых услуг.

В ходе проведения данных мероприятий формируется отчет о прогнозируемых затратах на реализацию проекта, требования, которым должен соответствовать будущий проект СЭСС, прогнозируются приблизительные сроки возврата инвестиций, предлагаются проекты тарифных планов и стратегии продвижения услуг, формируется множество рисков, с которыми может столкнуться оператор, оценивается их приблизительный масштаб, а также формируется пакет предварительных рекомендаций и примерных затрат на их компенсацию. От качества выполнения описанных задач зависит последующий результат работы проекта в процессе его жизненного цикла. Решения на данном этапе, часто имеют стратегический характер, и допущенные ошибки, могут приводить к серьезным финансовым потерям, не только в рамках описанного проекта, но и работы всей структуры оператора в целом. В процессе решения задач данного этапа к работе привлекаются различные специалисты в области маркетинга, финансового и кадрового менеджмента, инженерно-технические работники с опытом выполнения подобных проектов, специалисты в области права. Учитывая высокую важность экспертной группы, задействованной для решения задач данного этапа, результаты этапа сильно зависят от степени компетентности привлекаемых специалистов. Соответственно на данном этапе на процесса обработки информации для оценки СЭСС

сильное влияние оказывает кадровый риск. Особенно сложно с устранением кадрового риска в странах с недостаточно сформировавшимися экономическими отношениями и системой образования, к подобной категории стран относятся и страны с развивающимися экономиками. Следовательно, во время разработки решения необходимо предусмотреть способы компенсации кадровых рисков.

На этапе подготовки эскизного (предварительного) проекта, проводится анализ сведений по:

- оборудования, на основе которого может быть реализован проект, как правило подбирается несколько вариантов конфигураций, различных ценовых категорий с несколько различающимися показателями, такими как стоимость, надежность, перечень дополнительных функциональных возможностей, основными неопределенностями, которые могут возникнуть на данном этапе является разработка оценочных шкал оборудования, уровней значимости каждого оцениваемого показателя, непосредственный процесс оценки, так как существенную роль в данном процессе играют эксперты, определяющий как оценить оборудование, при этом следует учитывать, что эксперты могут иметь собственные предпочтения оборудования того или иного поставщика, возникших под влиянием субъективных или объективных причин;
- состояния структуры системы связи, в процессе данного вида работ обрабатывается информация о возможности подключения новых СЭСС, совместимость стандартов установленного и планируемого к установке оборудования, анализируются последствия возникновения дополнительного трафика, непосредственный процесс оценки проводится экспертами. Технически оценка как правило, производится при помощи анализа ретроспективной информации по трафику за предыдущие периоды по существующей структуре сети и прогнозирования нагрузки, которую будет порождать вновь устанавливаемый или модернизируемый СЭСС заданного оператора, источниками неопределенности являются ошибки в прогностической оцен-

ки, в результате возникают риски приобретения оборудования, которое либо не обеспечит реальную нагрузку, либо будет иметь избыточный запас;

- формированию предварительного перечня статей расходов, связанных с приобретением, монтажом, доставкой оборудования, возможных компенсаций рисков и просрочек в поставке, как правило определяется силами экспертов, источниками неопределенностей влияющими на качество принимаемого решения является уровень компетентности экспертов, задействованных в выполнении данного этапа, возможность подверженности экспертов влиянию субъективных и объективных факторов;
- формирование перечня необходимых нормативно-правовых документов, направленных на оформление и согласование разрешений на строительство и последующую эксплуатацию, в том числе сюда относятся вопросы лицензирования деятельности и др. документы, источником неопределенности в рамках выполнения описанных задач является уровень компетентности ЛПР в рассматриваемых вопросах;

С учетом работ [5,7,13,23,24,61,75,121,122] по прогнозированию коммерческой эффективности проектов бизнес-планирование является одним из наиболее важных элементов подготовки и эксплуатации проекта, так как во время его подготовки и проведения определяются:

- источники финансирования, и стоимость финансирования (выбор собственных средств, средств учредителей и/или акционеров компании, заемные средства в виде облигаций или банковского кредита),
- уточняются статьи расходов на строительство, дальнейшую эксплуатацию и содержание, затраты на продвижение услуги (информирование потребителей),
- определяются источники поступления финансовых потоков (разрабатывается бизнес-модель), т.е. каким образом клиенты будут приносить доходы компании, как отмечалось ранее, в случае внедрения структурного элемента в регионе с развивающейся экономикой, где доходы населения на-

ходятся на достаточно низком уровне и имеется высокий уровень безработицы,

- проводится анализ сильных и слабых сторон проекта, уточняется перечень рисков, способы и размер затрат на их компенсацию.

Особенностью обработки информации в ходе бизнес-планирования является то, что с одной стороны от правильности выполнения этого этапа полностью зависит жизненный цикл проекта и, в определенной степени, бизнес-процессы оператора связи, с другой стороны основная часть расчетов и оценок выполняется экспертами. Снижение затрат времени на выполнение рутинных расчетов производится средствами специализированных программ, например Project Expert, Arena или их аналоги. Следовательно, основным риском и источником неопределенности выполнения данного этапа является уровень знаний экспертов.

Процесс выполнения этапа юридического согласования связан с непосредственным оформлением различных разрешительных документов, договоров аренды техники и мест размещения оборудования, трудовых договоров с работниками и исполнителями, договоров поставки оборудования, заключение соглашений на финансирование, уточнение ответственности за несвоевременное исполнение и д.р. документов, необходимых для функционирования внедряемого проекта в рамках правового поля. Дополнительно в рамках заданного этапа могут согласовываться некоторые особенности связанные с законодательством и местными особенностями региона внедрения. Основная роль в выполнении данного этапа отводится ЛПР, владеющими знаниями в области права и специфичных для отрасли разделах законодательства. Поддержка принятия решений осуществляется при помощи информационно-правовых систем и нормативной документации. Примером правовых систем в условиях России являются "Гранат", "Консультат" или их аналоги. Фактором неопределенности уровень компетенции ЛПР.

В процессе выполнения этапа, связанного с обработкой информации по подготовке рабочего проекта решаются задачи технического характера. В перечень подобных задач входят:

- расчет технических характеристик СЭСС (например, уровень излучаемой мощности, размер зоны покрытия, параметры трафика) и сравнение их с нормированными параметрами,
- прогнозирование потребности в оборудовании и других расходных материалах (например длину кабеля, количество точек доступа и коммутаторов и т.д.),
- определяются места расположения оборудования, трассы прокладки кабеля и расположение других, вспомогательных подсистем,
- прорабатываются вопросы по мониторингу и управлению совокупностью устанавливаемых СЭСС в составе сети оператора в целом.
- проводится экономическое обоснование с детализацией расходов на приобретение оборудования и текущее содержание и составляются сметы расходов.

Выполнение этапа обеспечивается усилиями экспертов. Обработка информации производится программно-аппаратными комплексами аналитического, имитационного и гибридного видов моделирования процессов, происходящих в технической подсистеме оператора связи. Качество выполняемых работ зависит от уровня знаний экспертов в предметной области, для которой выполняется подготовка проекта. Как показал анализ в главе 1, в рамках развития и реализации проектов СЭСС зависимость от экспертов может оказать существенное влияние, так как уровень начальной подготовки специалиста в области разработки СЭСС может оказаться недостаточным. Компенсация кадровых ограничений, как правило, производится наймом квалифицированных специалистов. Относительно других этапов этап обработки информации для подготовки рабочего проекта содержит наименьшее количество неопределенностей, так как в процессе его реализации эксперты сталкиваются с решением задач по компенсации факторов технического характера в условиях когда исходное задание определено и, как правило, согласован бюджет проекта.

Выполнение этапа подготовки пилотного проекта, как правило, производится во время реализации масштабного проекта. Например если развертывание сети беспроводной связи производится в рамках крупного региона, то целесообразно выделить несколько типичных населенных пунктов и изначально реализовать проекты для них. В процессе этапа производится сбор и обработка информации о:

- технических недоработках, которые сформировались на более ранних этапах,
- результатах тестирования оборудования в реальных условиях, определяется насколько заявленные характеристики соответствуют, тем, которые заявил производитель,
- результативности маркетинговых стратегий, оценивается их эффективность, в случае необходимости производится корректировка.

Выполнение этапа производится усилиями группы инженерно-технических специалистов, оценка результатов – экспертами, которые принимали участие в процессе анализа информации о проекте на более ранних этапах. Факторы неопределенности этапа связаны с уровнем знаний экспертов о предметной области и специфике места внедрения.

Анализ информации по результатам маркетинговых мероприятий, связан с проведением мероприятий по сбору сведений о методах продвижения услуг, оказываемых проектом среди целевой аудитории – будущих клиентов. Для выполнения задач этапа привлекаются специалисты по распространению рекламы и эксперты, которые отслеживают качество работы распространителей рекламы и эффективность самой рекламы, в случае необходимости вырабатывают рекомендации по корректировке методов продвижения. Неопределенность в рамках этапа связана с компетентностью экспертов, занимающихся оценкой эффективностью и выработкой рекомендаций по маркетинговой стратегии продвижения услуг оператора. Выполнение этапа сбора и обработки информации необходимой для внедрения проекта в условиях определенного населенного пункта связано с увеличением количества единиц оборудования относительно аналогичного этапа для пи-

лотного проекта. В ходе этапа обобщается итоговая информация позволяющая оценить окончательную эффективность от проекта как в месте его внедрения, так и его влияния на оператора в целом. В случае положительных оценок ЛПР оператора может быть принято решение о тиражировании (масштабировании) проекта на другие населенные пункты. Выполнение этапа обработки информации для адаптации проекта под условия других населенных пунктов (масштабирования проекта), как правило проводится в крупных операторах связи, когда проект развивается в рамках страны или крупного регионального кластера, состоящего из нескольких областей. Основные задачи, которые ставятся в процессе выполнения этапа масштабирования, связаны с оценкой глубины модернизации исходного проекта для его успешного внедрения в других регионах. Для выполнения этапа привлекаются эксперты из различных областей знаний по учету технических, экономических и социальных факторов, которые оказывают влияние на СЭСС. Качество выполнения этапа сильно зависит от уровня компетентности экспертной группы и полноты информации, которая описывает регионы внедрения.

Процесс этапов обработки информации во время подготовки и оценки проектов СЭСС с учетом проведенного анализа и работ [7,13-15,17-19,24,25,83,84,88, 104, 105,109] представляют в виде схемы на рисунке 1.2.

Как показал анализ классической методики обработки информации для получения оценки СЭСС основными источниками неопределенности является неполнота сведений о факторах технического, социального и экономического характера, воздействующих на систему и уровень компетентности экспертов, обрабатывающих поступающую информацию.

Процесс обработки информации относительно хорошо развит в области выполнения оценки технических расчетов и моделирования процессов работы СЭСС. При этом информационная поддержка в области проведения сравнительной оценки оборудования в рамках выполняемого проекта, а также учет факторов экономического и социального характера проработан недостаточно. Спецификой проведения сравнительной оценки оборудования и факторов о проекте является

неполнота и нечеткость информации связанная с разработкой оценочных критериев и создания базы знаний по учету взаимного влияния факторов на интегрированную – общую оценку проекта.

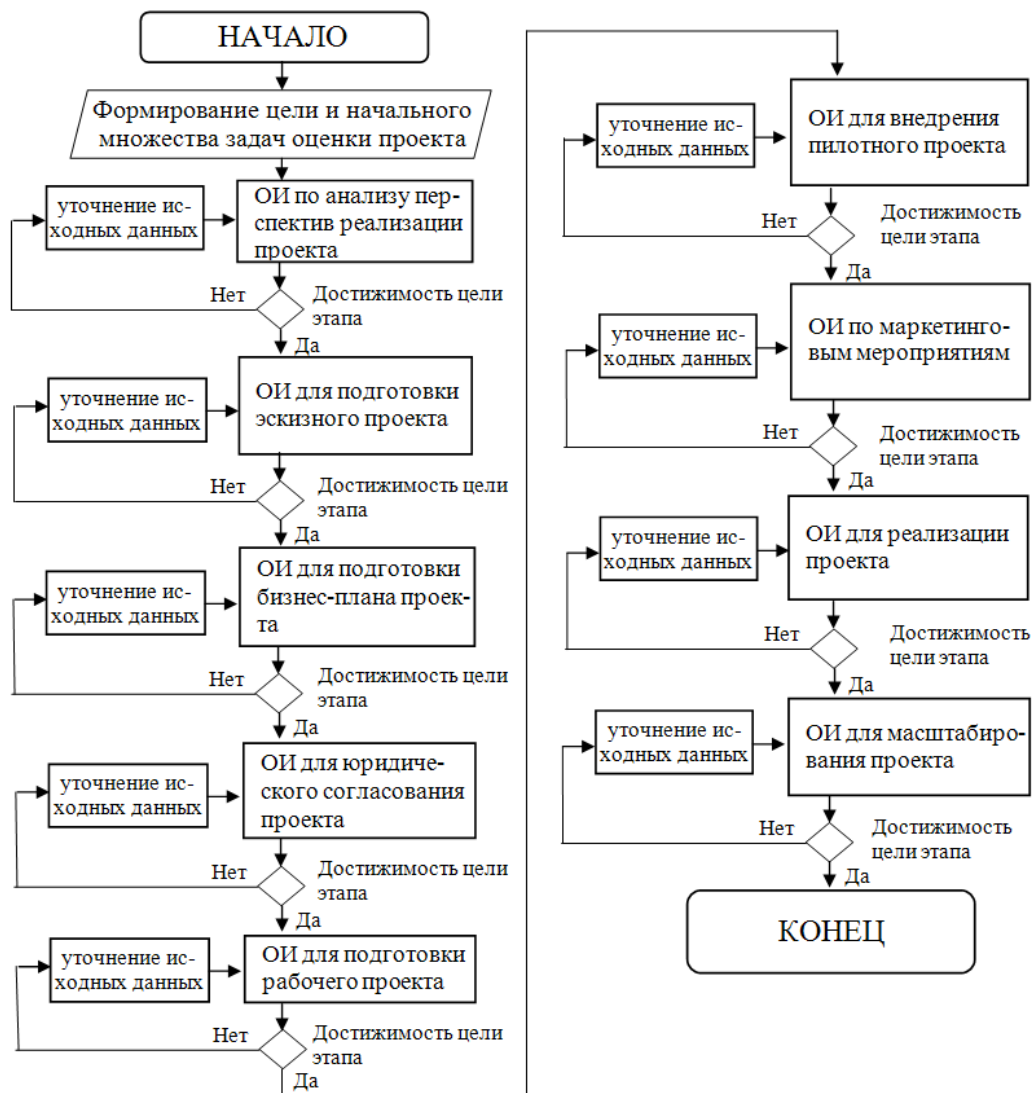


Рисунок 1.2 – Блок-схема обработки информации при подготовке проекта СЭСС

Таким образом, дальнейшие усилия в рамках выполняемых исследований направлено на разработку методик обработки информации для получения интегрированных оценок проектов СЭСС.

1.3 Анализ методов обработки разнородной информации

С учетом работ [9,46,53,87,89,91,93], во время исследования результатов взаимодействия большого количества исходных данных широкое распространение получили методы факторного анализа (ФА). Предметная область применения ФА разнообразна, это медицина, психология, исследования социально-экономических систем и анализ взаимодействия различных систем технического назначения. В определенном виде элементы ФА использованы и в подразделе 2.2, во время разработки метода комплексного анализа корпоративных проектов реализуемых впервые структурных элементов систем связи.

Сущность ФА заключается в разработке метода позволяющего объединить определенное количество переменных, при помощи которых описывается исследуемая система. Объединение переменных происходит в процессе выявления между ними корреляционных связей. В результате подобного объединения появляется возможность выявить скрытые переменные, которые не были описаны на начальных этапах исследования системы. Использование этих переменных позволяет более полно описать поведение системы.

На практике различают два основных вида ФА:

- разведочный - когда производится исследование некоторой системы, при этом у исследователя нет возможности получить исчерпывающие сведения о всех факторах, влияющих на работу системы,
- подтверждающий - используется для контроля теоретических предположений о количестве факторов, описывающих поведение системы, и силе их взаимного влияния друг на друга.

Расширяют возможности ФА различные методы кластеризации переменных, которые позволяют распределить все множество входящей информации о состоянии объекта исследований на определенные группы. Несмотря на широкие

возможности ФА в работах [46,53,87,89,91] указываются его определенные ограничения. Ограничения ФА заключаются в следующем:

- переменные (факторы f) должны иметь количественные значения, формально это можно обозначить в виде:

$$\forall f \exists n: n \in \{\mathfrak{R}\} \quad (1.1)$$

где $\mathfrak{R}$ - множество действительных чисел.

- общее количество наблюдений должно минимум в два раза превышать число переменных,
- сама выборка значений переменных должна быть однородной (а иногда подчиняться нормальному закону распределения),
- использование возможно в случае когда между переменными имеется взаимосвязь (корреляция).

Анализ объекта исследования показывает, что в процессе оценки проекта СЭСС приходится сталкиваться с:

- факторами, имеющими как числовую характеристику, обозначим в виде множества $\Phi^{Числ}$, это технические (измеряемые) параметры оборудования, некоторые финансовые показатели, отображающие расходную часть проекта или информацию о финансовой эффективности проекта.
- факторами вербального описания, обозначим в виде множества $\Phi^{Верб}$, к данному множеству относятся факторы, имеющие качественную оценку, например социальная значимость, новизна проекта и т.д.

Объединение множеств факторов количественной и качественной оценки, позволяет получить более полную информацию о проекте:

$$\Phi = \Phi^{Числ} \cup \Phi^{Верб} \quad (1.2)$$

Таким образом из (1.2) с учетом (1.1) следует, что использование ФА для описания оценки проектов СЭСС не представляется возможным.

Как показал обзор работ [15,16,81] для исследования сложных экономических процессов широкое применение нашли методы спектрального анализа. Сущность которого заключается в разложение исходного сигнала методами преобра-

зования Фурье на спектр. В результате разложения исходного сигнала на спектр получаются его гармонические составляющие имеющие определенные амплитуды и периоды. Анализ параметров составляющих позволяет выделять циклы в развитии исследуемого процесса. Применительно к анализу проектов структурных элементов систем связи использование метода ограничивается по причине того, что

- часто оцениваемые проекты не зависимы друг от друга, т.е. не имеется возможности построения кривой показывающей изменение оценки проектов в течении времени;
- факторы, которые должны учитываться при определении оценки проекта имеют различные единицы измерений, могут быть независимы между собой, на предприятии отсутствует информация по данным оценкам на проекты реализованные ранее.

В качестве обобщенного ограничения можно выделить требование к наличию информации о изменении контролируемого параметра за достаточно длительный промежуток времени. С учетом работ [15,16,81] желательно иметь более 100 значений для получения графика исходного сигнала. Применительно к предприятиям связи небольшого и среднего размера (с числом абонентов от 100 до нескольких тысяч абонентов) собрать подобную статистику трудно. Особые сложности возникают при сборе подобной информации в регионах, где экономические отношения находятся в стадии формирования и развития.

Достаточно высокой эффективностью обработки разнородной информации обладают методы, основанные на использовании нейронных сетей. Сущность метода заключается в том, что для обработки информации используется нейронная сеть, которая состоит из нейронов и связей между ними – синапсов. Нейроны различают на:

- входные – на который подается значение переменной,
- скрытые (промежуточные) из них состоят внутренние слои сети,
- выходные – с которых снимается значение выходной переменной.

Внутри нейрона происходит обработка числовой информации при помощи ее преобразования через функцию активации.

При передаче информации (сигнала) от одного нейрона к другому он проходит через синапс, вес синапса это коэффициент, который в зависимости от задачи усиливает или ослабляет сигнал поступающей с одного нейрона на другой. Формально работу нейронной сети, показанной на рисунке 1.3.

$$\beta_{\text{вход}} = (\alpha_1 \cdot \omega_1) + (\alpha_2 \cdot \omega_2) \quad (1.3)$$

$$\beta_{\text{выход}} = f(\beta_{\text{вход}}) \quad (1.4)$$

где α_1 – выходное значение первого нейрона, α_2 – выходное значение второго нейрона, ω_1 – значение первого синапса, ω_2 – значение второго синапса, $\beta_{\text{вход}}$ – входное значение второго нейрона, $\beta_{\text{выход}}$ – выходное значение второго нейрона, f – оператор функции активации.

Для того, что бы использовать нейронную сеть в обработки информации необходимо ее обучить. Сущность обучения заключается в подборе весов синапсов таким образом, что бы сеть при поступлении на вход «входных» сигналов из обучающей выборки выдавала «выходные» сигналы близкие по значению к выходным сигналам из обучающей выборки. Более подробно об использовании нейронных сетей для обработки информации рассказывается в работе [70]. К ограничениями аппарата нейронных сетей, с учетом работы [70] можно отнести:

- сложности обработки информации представленной в вербальной (качественной) форме,
- сложности в интерпретации результатов настройки сети в процессе обучения,
- необходимость наличия необходимого количества примеров в выборках, которые используются для настройки сети.

Для обработки информации в вербальной (качественной) форме широкое распространение получили экспертные системы [67,95], в которых для обобщения результата используется метод Дельфи [67]. Сущность метода Дельфи заключает-

ся в привлечении группы экспертов для подготовки решения по определенному вопросу в области стратегического планирования. Особенностью метода заключается анонимность экспертов на этапах уточнения вопросов для подготовки анкеты и дальнейших непосредственных ответов на них, с последующим согласованием ответов.

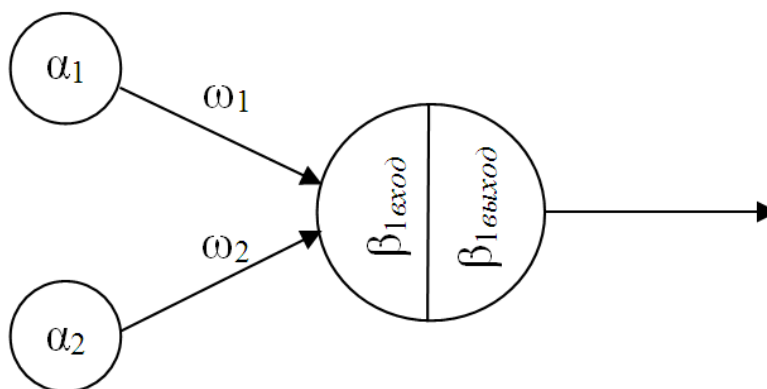


Рисунок 1.3 – Внешний вид простой нейронной сети

В случае если ответы некоторых экспертов сильно отличаются от мнения большей части группы, эти ответы направляются другим экспертам для согласования мнения. К ограничениям метода можно отнести:

- высокое влияние компетентности и фактора возможной предвзятости экспертов,
- учитывая специфику отдельных отраслей многие эксперты могут быть лично знакомы, и даже в случае анонимности могут предположить вероятного коллегу или группу коллег,
- сложности защиты метода от влияния мнения организованной группы экспертов (представителей одной научной школы) на значение выходного результата,
- необходимость наличия хороших средств коммуникации между экспертами в процессе подготовки ответа,
- не полностью проработаны методы обобщения и накопления информации полученной от экспертов ранее.

Таким образом можно выявить ограничение метода связанное с влиянием компетентности и других особенностей экспертной группы на конечный результат, определенные трудности с формированием и общением базы знаний экспертов для использования в процессе последующих задачах принятия решений.

Для учета факторов, имеющих вербальные и числовые значения, а так же для их обобщения в виде баз знаний широкое применение нашли методы теории нечетких множеств (ТНМ) и нечеткой логики (НЛ) [2-4,8-12,29,32,44,45,50,51,52, 58-60, 73, 77, 98-100]. Нечетким множеством (НМ) называется множество M , в состав которого входит совокупность элементов x входящих в состав универсума X и значений степени принадлежности элемента x к множеству M (функция принадлежности вида $\mu_M(x)$) [52]:

$$M = \{(x, \mu_M(x)) : x \in X\} \quad (1.5)$$

Объединение ТНМ и логических операций, проводимых над обычными множествами породило НЛ и различные методы нечеткого вывода. Операции НЛ и нечеткого вывода получили широко распространение в процессе выполнения приближенных вычислений [40,52, 73, 99,100].

Базовыми понятиями НЛ являются лингвистическая переменная (ЛП) и правила вывода. Под ЛП согласно [54,101] понимается переменная, которая принимает значения из естественного языка, например "Низкий", "Средний", "Скорее средний, чем высокий", "Высокий". ЛП Fv (анг. fuzzy variable) обозначается в виде множества элементов:

$$Fv = \{a, T_a, X\}, \quad (1.6)$$

где a - название переменной, T_a - множество значений, которое принимает переменная x , при том каждое из них является нечеткой переменной из множества X , часто T_a называют терм множеством. Часто в работах по нечеткой логике, например, [52], встречается определение нечеткой переменной в расширенном виде, в котором кроме описанных значений предусматриваются процедуры образования и описания новых термов. Значения ЛП задаются при помощи функций

принадлежности (ФП), которая показывает степень отношения значения переменной к термам.

Взаимодействие нечетких переменных описывается правилами нечеткого вывода. Назначение правила показать результат взаимодействия входящих нечетких переменных. Как правило, взаимодействие входных нечетких переменных описывается операцией « $\wedge$ - и» и « $\vee$ - или». Пример правила нечеткого вывода с использованием операции « $\wedge$ », обобщенном виде, с учетом работ [52,99,100] выглядит следующим образом:

$$\text{Rule}_n : \text{if } (Fv_1^{in} = T_1^1) \wedge (Fv_2^{in} = T_2^1) \wedge \dots \wedge (Fv_b^{in} = T_b^c) \Rightarrow Fv_d^{out} = Cv_d, \quad (1.7)$$

где b - номер входной нечеткой переменной рассматриваемой модели, T - значение терма заданной нечеткой переменной, c - номер терма из множества термов соответствующей нечеткой переменной, Fv_d^{out} - выходная нечеткая переменная, d - номер соответствующей нечеткой переменной, Cv_d - численное (четкое) значение нечеткой переменной (от англ. clear value).

Процесс нечеткого вывода, как описывается в работах [52,99,100], состоит из выполнения последовательности операций:

- Формирования множества входных переменных, как правило, этим занимается экспертная группа, которая имеет опыт управления объектом моделирования.
- Формирование нечетких продукционных правил, описывающих различные варианты взаимодействия входных переменных. Формированием нечетких продукционных правил занимается экспертная группа, которая по своему количественному и качественному составу может превосходить группу формирования множества входных переменных. Обработка экспертной информации при формировании ФП и продукционных правил производится по методу Дельфи [67].
- Фазификации входных переменных – выполнение перехода от четкого значения входной лингвистической переменной к нечеткому с учетом сте-

пени принадлежности к определенному количеству термов. Термы описывают значения заданной лингвистической переменной. Операция позволяет привести к общему виду входные переменные, для дальнейшей обработки. Так как переменные могут иметь как четкое, так и нечеткое значение. Часто для описания величин нечетких переменных используются бальные шкалы оценки. Подобное позволяет выполнить условие (1.2), которое, с учетом анализа работ [46,53,87,89,91] затруднительно выполнить в процессе использования факторного анализа.

- Агрегирования подусловий – определение принадлежности значения входной переменной к нечетким правил с учетом значения ФП.
- Активизация подзаключений на основании сформированной базы нечетких правил связана с определением степени истинности каждого нечеткого высказывания.
- Аккумуляирование заключений производится объединение нечетких подзаключений для каждой из выходных переменных. Как показывают работы [52,99,100], многие нечеткие модели содержат одну выходную нечеткую переменную.
- Дефазификация выходной нечеткой переменной, в результате нечеткое значение преобразуется в четкое (числовое) значение. С учетом величины которого формируется воздействие на объект управления.

Практическая реализация операций фазификации, агрегирования, активизации, аккумуляирования и дефазификации, как правило, выполняется при помощи различных программных пакетов, например Matlab или FuzzyTech [52]. К основным алгоритмам нечеткого вывода относятся: Алгоритм Мамдани, Алгоритм Цукamoto, Алгоритм Ларсена, Алгоритм Сугено.

Обобщая проведенный анализ, можно заключить, что в методах ТНМ любое "четкое" значение, является частным случаем нечеткого, при условии, что степень принадлежности величины равна "1". Возможность использования методов нечеткой логики для работы с "четкими" и "нечеткими" переменными подтвержда-

ется теоремой, которую доказал Бартоломей Коско (B. Kosko) [120]. Согласно теоремы, любая математическая величина может быть описана методами теории нечетких множеств и нечеткой логики.

Одним из наиболее существенных ограничений систем нечеткого вывода является трудности формирования базы правил при количестве анализируемых факторов более пяти при условии, что для описания фактора используется более термов. Обобщение анализа методов обработки информации представлено в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Обобщение анализа методов обработки информации

Наименование метода	Краткая характеристика	Ограничения
Факторный анализ	Бальная оценка множества факторов, бальная оценка множества уровней значения факторов, определение итоговой оценки с учетом произведений факторов на их уровень значимости	Необходимость привлечения экспертов для оценивания факторов и уровней их значимости, сложности учета факторов имеющих нелинейное влияние на итоговую оценку, сложности обработки информации в вербальной форме
Спектральный анализ	Представление выходного значения функции исследуемого процесса в виде совокупности синусоидальных составляющих, что позволяет выявить скрытые циклы в развитии процесса	Необходимость наличия значительной выборки значений выходного процесса для построения его графической зависимости, ориентированность на обработку информации, представленной в числовой форме

продолжение таблицы 1.1

Нейронные сети	Построение механизма определения значения выходной переменной на основании значений входных факторов за счет корректировки значений весов синапсов (ребер) сети	Сложности обработки вербально описываемой информации, скрытность процесса обучения сети, необходимость достаточного количества примеров которые используются для обучения сети, что осложняет корректировку сети в процессе ее эксплуатации
Метод Дельфи	Получение обобщенной оценки по исследуемому вопросу на основании мнения группы экспертов	Зависимость результата от мнения экспертов
Теория нечетких множеств	Обобщение информации представленной в числовой и вербальной формах за счет использования представления входных переменных в виде нечетких чисел с последующим составлением базы знаний из продукционных правил.	Сложности формирования базы знаний при учете более пяти факторов о исследуемом объекте

С учетом таблицы 1.1 составлена таблица значений важности параметров каждого из математических методов, применительно к оценке проектов СЭСС, результаты обобщены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Сравнительный анализ оценки методов обработки информации

Критерий Метод	Обработка информации в численной форме	Обработка информации в вербальной форме	Обработка информации в интегрированной форме	Сложность обработки информации или сложность проведения математических расчетов
Факторный анализ	5	2	2	5
Спектральный анализ	5	1	1	1
Нейронные сети	5	4	4	3
Теория нечетких множеств	4	5	5	4
Метод Дельфи	3	4	4	3

Для упрощения восприятия информации, представленной в таблице 1.2 в таблице 1.3 приведены критерии, по которым выставлся балл соответствующему методу обработки информации.

Таблица 1.3 – Критерии выставления баллов методам обработки информации

Наименование оценки	Диапазон оценок	Минимальное значение оценки	Максимальное значение оценки
Обработка информации в численной форме	от 1 до 5	1 - не предусмотрена	5 - предусмотрена изначально
Обработка информации в вербальной форме	от 1 до 5	1 - не предусмотрена	5 - предусмотрена изначально
Обработка информации в интегрированной форме	от 1 до 5	1 - не предусмотрена	5 - предусмотрена изначально

продолжение таблицы 1.3

Сложность математических расчетов	от 1 до 5	1 - сложные требуют специальных знаний	5 - операции достаточно простые
-----------------------------------	-----------	--	---------------------------------

Обобщая проведенный анализ и с учетом анализа работ по обработке информации [52,96,98-100] наиболее целесообразным считается выбор методов теории нечетких множеств для обработки факторов для оценки проектов СЭСС, поскольку ее приложения позволяют разработать механизм обработки информации позволяющий учитывать взаимное влияние вербально и численно описываемых факторов, представленных в различных оценочных шкалах с учетом накопленного опыта строительства и реализации проектов структурных элементов систем связи.

1.4 Формальная постановки задачи получения интегрированной оценки структурного элемента системы связи

Как известно из работы [18], "классическая" постановка задачи оценки и разработки проекта СЭСС в целом имеет вид:

$$C(U, \Omega, Y) \rightarrow \min, \quad (1.8)$$

$$W_i(U, \Omega, Y) \leq \{W_{i0}\} \quad (1.9)$$

$$Q(U, \Omega, Y) \in \{Q_0\} \quad (1.10)$$

где U – характеристики трафика в системе связи; Ω – параметры структурного элемента системы связи; Y – характеристики логической (протокольной) составляющей, используемой для управления аппаратной части. Функционал (1.8) показывает необходимость создания проекта с минимальной стоимостью, функционал (1.9) накладывает ограничение на соблюдение норм качества, (1.10) на принад-

лежность разрабатываемого проекта к множеству технически реализуемых решений.

Таким образом, с использованием соотношений (1.8 – 1.10) максимальную оценку рекомендации к внедрению получает проект, отвечающий условию минимизации стоимости (1.8) при выполнении ограничений (1.9) и (1.10). Дополнительно, подобная постановка задачи в целом исходит из предположения, что в процессе проектирования учитываются только техническая составляющая системы, тогда, как в условиях реальной эксплуатации система связи и ее структурные элементы находятся в непосредственном взаимодействии с социальными и экономическими системами. Следовательно, социально-экономические факторы следует учитывать в ходе выполнения разработки проекта СЭСС и оценки его эффективности. Значительная часть факторов связанных с социальной и экономической средой реализации проекта имеет вербальное описание. Анализ функционалов (1.9) и (1.10) показывает, что на проект СЭСС кроме перечисленных ограничений, связанных с техническими особенностями работы могут накладываться дополнительные ограничения, связанные со спецификой объекта внедрения. Также из соотношений неясно, каким образом в них предусматривается учет информации экспертов связанной с прогнозированием эффективности внедрения проекта СЭСС. В завершении неясно, каким образом происходит шкалирование значений окончательной оценки проекта СЭСС.

Учитывая, что процесс оценки проекта связан с обработкой информации представленной в численной и вербальной формах, то предлагается, с учетом работ [35,84,102] в место соотношений (1.8 – 1.10) формализовать задачу, сущность которой заключается в обработке информации для поиска проекта СЭСС имеющего максимальную оценку, при заданных условиях реализации. С учетом необходимости обобщения информации о технических и социально-экономических факторах, характеризующих проект, представленных в интегрированной форме формализована постановка задачи исследования, которая заключается в поиске значения параметра $m \in M$ проекта p , как показателя целесообразности его вне-

дрения с учетом технико-экономической оценки – $M_{TЭО}$, маркетинговой оценки $M_{МО}$ и оценки рисков $M_{ОРП}$, и описывается соотношением:

$$F_p(M_{TЭО}, M_{МО}, M_{ОРП}) \rightarrow m_{\max}, \quad (1.11)$$

под $m \in M$ понимается управляющее воздействие в виде множества $M \in \{M_{внедр}, M_{доработ.}\}$, где $M_{внедр.}$ – решение о внедрении проекта, $M_{доработ.}$ – решение о его доработке. Для нормализации шкалы значений оценок принимается $M \in [0,100]$, $M_{дораб.} \in [0,50]$ и $M_{внедр.} \in [50,100]$; F_p – оператор, при помощи которого производится обработка информации, Во время получения оценок $M_{МО}$ и $M_{ОРП}$ используется информация, представленная в вербальной форме, а для определения оценки $M_{TЭО}$ используются данные в числовой форме, но с различными единицами измерения.

Ограничения (1.11) – условия включения множества технических параметров N_p , проекта, в множество нормированных характеристик – $N_{норм}$:

$$N_p \subset N_{норм}, \quad (1.12)$$

и принадлежности проекта p ко множеству технически реализуемых – $P_{реализ}$:

$$p \subset P_{реализ} \quad (1.13)$$

В качестве критериев эффективности оператора F_p предлагается считать сокращение затрат на устранение неточностей возникших при подготовке проектов – $D_{устр.неточ.}$ и сокращение затрат на оценивание проектов за счет повышения производительности труда экспертов – $D_{затр.оцен.}$.

Выражения (1.11-1.13) формализуют постановку задачи получения интегрированной оценки проектов СЭСС за счет обработки информации представленной в численной (количественной) и вербальной (качественной) формах и позволяют перейти к разработке теоретических положений для повышения эффективности принятия управленческих решений во время анализа проектов СЭСС.

1.5 Выводы

В результате выполнения анализа показано, что в процессе развития структуры сети операторам связи необходимо учитывать факторы технического и социально-экономического характера, которые имеют количественное и качественное описание. В результате возникает задача получения интегрированной оценки проектов с учетом факторов представленных в числовой и вербальной формах.

Анализ методики оценки проекта СЭСС выявил ограничения в области обработки факторов имеющих вербальное описание (в частности социально-экономического характера), а также совместной обработки факторов представленных в числовой и вербальной формах.

Анализ методов обработки информации, показал, что наиболее целесообразно для получения интегрированной оценки на основе анализа факторов, представленных в числовой и вербальной форме, использовать метод теории нечетких множеств и нечеткого вывода.

Формализованная задача, с учетом выявленных ограничений, описывает цель в виде задачи выбора проекта с максимальным значением оценки, полученной в результате анализа факторов технического и социально-экономического характера. Соотношение (1.12), указывает ограничения, связанные с принадлежностью параметров проекта ко множеству нормированных, соотношение (1.13), указывает на необходимость принадлежности проекта ко множеству технических решений, реализация которых возможна. В качестве критериев эффективности оценки внедрения разрабатываемых теоретических положений определены показатели сокращения затрат на устранение неточностей возникших при подготовке проектов – $D_{устр.неточ.}$ и сокращение затрат на оценивание проектов за счет повышения производительности труда экспертов – $D_{затр.оцен.}$.

2. МЕТОДИКА ОБРАБОТКИ ИНТЕГРИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИИ ПО ОЦЕНКЕ ПРОЕКТОВ СТРУКТУРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМ СВЯЗИ

В результате проведенного в главе 1 анализа предложено формализовать задачу оценки проектов СЭСС функционалами, которые учитывают внешние воздействия, описываемыми факторами в численной и вербальной формах. Как известно из ряда работ [23-27,75,94], направленных разработку рекомендаций по оценке проектов СЭСС, предназначенных для коммерческой эксплуатации, задача учета вербально описываемых факторов, например социального и маркетингового (имиджевого) эффекта, рисков реализации и др. должна решаться во время проведения технико-экономического обоснования. В виду недостаточной проработанности вопросов учета вербально описываемых факторов при оценке проектов СЭСС, реализация подобного учета в условиях реальной эксплуатации СЭСС на предприятиях осложнена.

Для учета оценки эффективности внедрения проектов, ориентированных на корпоративную (некоммерческую) эксплуатацию разработаны методики, основанные на формировании множества критериев оценок, уровней их значимости для достижения целей заданного проекта и проведения сравнительного анализа некоторого множества проектов [7,23,102]. Как показал опыт во время использования подобного вида оценки неясен механизм выбора оценочных критериев и установка их уровней значимости, вопросу проведения оценки проекта по выбранным критерием так же недостаточно проработан в рамках учета мнений нескольких специалистов. Как показал опыт использования у подобного вида оценки есть ограничения связанные с оценкой проектов, реализуемых в первые, т.е. проектов для которых затруднена оценка повышения эффективности внедрения относительно используемого решения.

Обобщенным свойством существующих методик оценки проекта является то, что они изначально разрабатывались для реализации проектов в странах с раз-

витой экономикой, а сами проекты ориентированы на бизнес-модели основанные либо на непосредственной продаже услуг связи (коммерческие проекты), либо на проекты сокращающие эксплуатационные затраты (некоммерческие или внутри-корпоративные). Как показали исследования для увеличения рыночной доли операторов связи и привлечения новых абонентов необходимо использование моделей учитывающих более сложные бизнес-процессы, при этом основной для жизнеспособности данных моделей является надежная и в достаточной степени функциональная система связи.

В рамках проведения данного этапа исследований задача развития методик получения интегрированных оценок проектов СЭСС разделена на следующие подзадачи:

- разработка методики получения интегрированной оценки проекта структурного элемента системы связи.
- разработке метода комплексного анализа корпоративных проектов структурных элементов систем связи реализуемых впервые.

2.2 Методика получения интегрированной оценки проекта структурного элемента системы связи

Как отмечалось в главе 1 в процессе подготовки и оценки проектов СЭСС экспертам приходится обрабатывать большое количество информации связанной:

- с учетом факторов представленных в численной (количественной) форме, например параметры оборудования, используемого для реализации проекта,
- с учетом факторов представленных в вербальной (качественной) форме, например сведения социального и экономического характера, которые оказывают влияние на экономическую эффективность эксплуатации, как отдельного структурного элемента системы, так и оператора в целом.

Часто в условиях ограниченных временных и кадровых ресурсов, последовательность операций связанных с развитием СЭСС, показанной на рисунке 1.2 может быть упрощена к последовательности операций, алгоритмизированных на рисунке 1.1. Спецификой последовательности операций, показанных на рисунке 1.1 является то, что оценка экономической целесообразности проекта выполняется на последнем этапе, и в случае ее не выполнения приходится возвращаться на начальный этап подготовки проекта. В результате увеличивается время и затраты на подготовку документации по проекту, появляются риски принятия к внедрению проекта, реализация которого не целесообразна.

При этом, как показывает практический опыт, многие специалисты в области эксплуатации СЭСС могут прогнозировать какой набор компонентов оборудования позволит реализовать проект более эффективно. С другой стороны, после проведения экономического обоснования, опытный эксперт, оценивая полученную информацию, может спрогнозировать достижимость приведенных экономических показателей. Таким образом, в процессе подготовки проекта СЭСС целесообразно введение этапов промежуточных оценок получаемых от экспертной группы или других средств идентификации и обработки экспертной информации. В результате, совокупность шагов 2-5 схемы показанной на рисунке 1.1 можно представить в виде, показанном на рисунке 2.1 [104]. Применительно к рисунку 1.2 схема на рисунке 2.1 показывает последовательность операций, которые целесообразно выполнить на этапе подготовки рабочего проекта. Ограничением, схемы на рисунке 2.1 является отсутствие описания методов получения, анализа и обработки информации для оценивания проекта с учетом численных и вербально описываемых факторов технического, экономического и других видов.

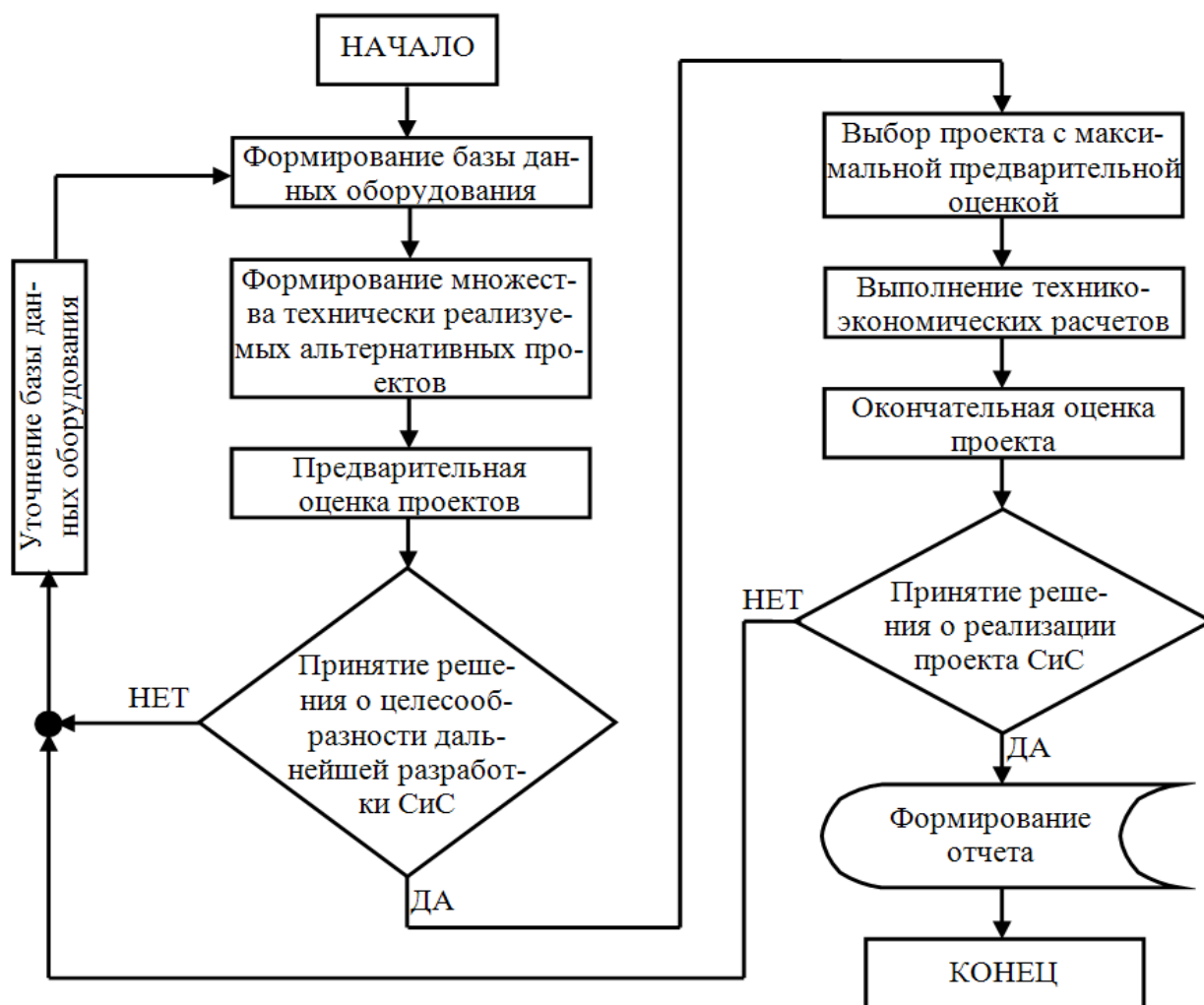


Рисунок 2.1 – Базовая последовательность выполнения операций методики получения интегрированной оценки проекта

В процессе работы по созданию методики оценки проектов СЭСС для ООО «АсТел» (интернет-провайдера г. Астрахани) было решено в схеме, показанной на рисунке 2.1 привести операции обработки информации с использованием теоретико-множественных соотношений. Операции связаны с оценкой проекта СЭСС в процессе его подготовки.

Начальным этапом выполнения методики является формирование задания на разработку проекта СЭСС. Следующим шагом является формирование усилиями экспертов баз данных по оборудованию, рекомендациям по настройке и эксплуатации, нормативной документации.

База данных оборудования BS_{eq} содержит информацию о технических характеристиках оборудования, информацию о ценах, рекомендации производителей по монтажу и последующей эксплуатации. Источником для формирования BS_{eq} служат сайты и каталоги производителей (например, dlink.ru, cisco.com и т.д.), а также интернет площадки агрегирующие информацию про оборудование из официальных источников, как правило это могут быть специализированные интернет магазины (например, shop.nag.ru, merlion.ru, oldi.ru). Применительно к теории множеств

$$BS_{eq} = Eq \cup Lp, \quad (2.1)$$

где Eq – множество наименований оборудования, причем каждый элемент множества Eq может быть описан совокупностью параметров, Lp – множество ранее реализованных проектов, которые так же обладают определенной совокупностью параметров.

База данных рекомендаций и отзывов BS_{rec} формируется на основании анализа информации от потребителей, как правило, источником подобной информации являются профессиональные форумы (например, forum.nag.ru), или порталы на которых агрегирована информация, как технического характера, так мнения пользователей (например, market.yandex.ru). Подобная информация позволяет выявить сведения о скрытых дефектах, спецификах настройки и возможностях, о которых не сообщили источники производителей или официальные дилеры. При этом проводить оценку подобной информации должен эксперт, имеющий опыт эксплуатации оборудования из рассматриваемой предметной области. Вопрос требований к экспертам рассмотрен в главе 4 настоящего исследования.

База данных нормативной документации BS_{law} - представляет собой совокупность сведений о законодательных особенностях эксплуатации оборудования, стандарты, нормированные характеристики оценки качества работы СЭСС или всей топологической структуры в целом. Источником информации в данном случае выступают правовые системы (например, Garant), различные сборники стан-

дартов издаваемых международными и государственными организациями (например, RFS, стандарты IEEE, ГОСТ и т.д.). Примером нормативной документации является "Нормы на электрические параметры основных цифровых каналов и трактов магистральной и внутризональных первичных сетей ВСС России" [62].

Объединение сведений содержащихся в рассмотренных базах данных формирует общую базу данных – BS_{All_Tk} с использованием которой проводится оценка проекта СЭСС:

$$BS_{All_Tk} = BS_{eq} \cup BS_{rec} \cup BS_{law} \quad (2.2)$$

На основании обработки и анализа информации содержащейся в BS_{All_Tk} выделяются подмножества данных для предварительной оценки, множество проектов, реализация которых возможна с точки зрения законодательства, условия для окончательной оценки.

Множество факторов $\Phi_{предв}$ и $\Phi_{окончат}$ для предварительной и окончательной оценок, представляют собой совокупность сведений по которым можно оценить целесообразность проекта. Данные факторы получаются на основании анализа информации полученной из BS_{rec} , с учетом основополагающих сведений из BS_{law} , в части не нарушения законодательства, и BS_{eq} в части приблизительной стоимости оборудования, его монтажа и приблизительных эксплуатационных расходах с учетом результатов проектов реализованных ранее.

Множество альтернативных проектов P_{alt} представляет собой совокупность сведений о технических решениях, реализация которых возможна с учетом возможностей оборудования из БД BS_{eq} .

Критические значения для предварительной $M_{\Phi_{Предв_кр}}$ и окончательной $M_{\Phi_{Оконч_кр}}$ оценок.

Набор условий для проведения окончательной оценки учитывается не только экономическая эффективность самого структурного элемента, но и влияние

разрабатываемого СЭСС на экономическую эффективность оператора в целом как коммерческой организации.

В процессе выполнения операции упрощенной проверки производится выделение из множества альтернативных проектов P_{alt} подмножества "хороших" проекта p_{wp} с максимальной предварительной оценкой – $M_{\Phi_{Предв} P_{alt}}$, занимаясь разработкой которого целесообразно, при условии что значение $M_{\Phi_{Предв} P_{alt}}$ больше критического значения предварительной оценки $M_{\Phi_{Предв_кр}}$:

$$\max[M_{\Phi_{Предв} P_{alt}} \geq M_{\Phi_{Предв_кр}}] \Rightarrow p_{wp}, \quad (2.3)$$

После чего, для проекта p_{wp} выполняется последовательность расчетов для определения значений множества расчетных показателей N_p с учетом количества необходимого оборудования:

$$p_{wp} \xRightarrow{\text{Расчет}} N_p, \quad (2.6)$$

Затем выполняется сравнение элементов множества расчетных значений N_p , с множеством нормированных параметров $N_{норм}$. Если элементы множества N_p окажутся включенными в множество $N_{норм}$, то решение о достижении цели технических расчетов $d_{tech\ calc}$ принимает значение «1» и выполнение методики продолжается, если множество N_p окажется не включенными в множество $N_{норм}$ то $d_{tech\ calc}$ принимает значение «0», что приводит к корректировке задания и исходных данных для расчета:

$$d_{tech\ calc} = \begin{cases} 1, & N_p \subset N_{норм} \\ 0, & N_p \not\subset N_{норм} \end{cases} \quad (2.7)$$

Если значение (2.7) – "1" определяется тип проекта СЭСС: коммерческий (предназначен для обслуживания абонентов); корпоративный (предназначен для участия в технологической цепочке работы организации-владельца СС);

Если проект корпоративный, то определяются значение оценки результата его внедрения M_{PB} как отношение оценки эффекта внедрения (ЭВ) – $M_{\text{новый_СЭСС}}^{PB}$ нового проекта СЭСС относительно РВ $M_{\text{экспл._СЭСС}}^{PB}$ СЭСС эксплуатируемого в данный момент:

$$M_{PB} = \begin{cases} 1, & M_{\text{новый_СЭСС}}^{PB} / M_{\text{экспл._СЭСС}}^{PB} > 1 \\ 0, & M_{\text{новый_СЭСС}}^{PB} / M_{\text{экспл._СЭСС}}^{PB} \leq 1 \end{cases} \quad (2.8)$$

Если проект разрабатывается впервые, то для сравнения используется имплементируемый экспертами условный СЭСС (УСЭСС). Описание метода анализа корпоративных проектов, основанный на имплементации УСЭСС приведено далее.

Если проект СЭСС в операции (2.8) обладает более высокой оценкой M_{PB} , то происходит переход к этапу определения его основных финансовых показателей, если нет, происходит уточнение задания на подготовку проекта.

Далее проводится определение множества экономических показателей проекта p_{wp} – $E_{p_{wp}}$. Значение элементов множества $E_{p_{wp}}$ зависит от типа и количества единиц оборудования, значения которых в свою очередь, зависят от назначения проекта, особенностей передачи трафика и других специфичных параметров относящихся к объектам систем связи. В число элементов множества $E_{p_{wp}}$ входят:

- капитальные затраты CE , от англ. capital expenditures,
- затраты на содержание MC , от англ. maintenance costs,
- объем входящего денежного потока (прибыль без учета расходов) Ppr , от англ. project's profit.

Используя данные показатели, определяются обобщенные характеристики проекта, такие как:

- чистый дисконтированный доход проекта, NPV , от англ. net present value, показывает планируемую доходность проекта за определенный период вре-

мени с учетом капитальных затрат CE , затрат на содержание MC , прибыль проекта Ppr и показатели инфляции,

- срок окупаемости проекта, PP , от англ. payback period, срок когда объем доходов компенсирует капитальные и текущие затраты,

Учитывая, что описанные показатели общеизвестны, формальные соотношения для их определения в рамках описания результатов проводимых исследований не приводятся. При желании с ними можно ознакомиться в ряде работ [24,37,110]. Формально операцию получения информации о экономических показателях проекта можно представить в виде соотношения:

$$p_{wp} \xRightarrow{\text{Расчет}} Ec_{p_{wp}} = \{NPV, PP\}, \quad (2.9)$$

Как показали исследования в работах [35,36,84,102,103,107], и анализ схем, показанных на рисунках 2.1 и 2.2 ограничениями использования подобных расчетных показателей является ориентированность на локальное использование в рамках определения эффективности внедрения конкретного рабочего проекта. Учитывая, что система связи имеет распределенную структуру с большим количеством элементов размещенных в разных частях региона, то целесообразно проводить оценку влияния заданного проекта на систему в целом. Операция получила название "*Окончательная оценка проекта*". Сущность окончательной оценки заключается в обобщении информации полученной от экспертной группы, которая имеет опыт реализации аналогичных проектов ранее, в виде оценки проекта. Данная оценка $M_{\Phi_{\text{Оконч}}}$ есть обобщенный показатель учитывающий экономическую составляющую и дополнительные факторы, которые оказывают влияние на дальнейшую эффективность работы системы оператора связи. Формально операция описывается соотношением:

$$p_{wp} \xRightarrow{\text{Окончательная оценка}} M_{\Phi_{\text{Оконч}}} \quad (2.10)$$

Если оценка $M_{\Phi_{Оконч}}$ больше критического значения $M_{\Phi_{Оконч_кр}}$, то решение о принятии проект $d_{end\ p_{wp}}$ признается истинным, значение «1» и $d_{end\ p_{wp}}$ принимает значение «0» в противном случае:

$$d_{end} \quad p_{wp} = \begin{cases} 1, & M_{\Phi O_{KOHCH}} \geq M_{\Phi Предв_кр} \\ 0, & M_{\Phi O_{KOHCH}} < M_{\Phi Предв_кр} \end{cases} \quad (2.11)$$

В случае истинности значения функционала (2.11) выполняется операция формирования отчета, а в случае ложности производится корректировка задания на подготовку проекта. Блок-схема работы методики показана на рисунке 2.4.

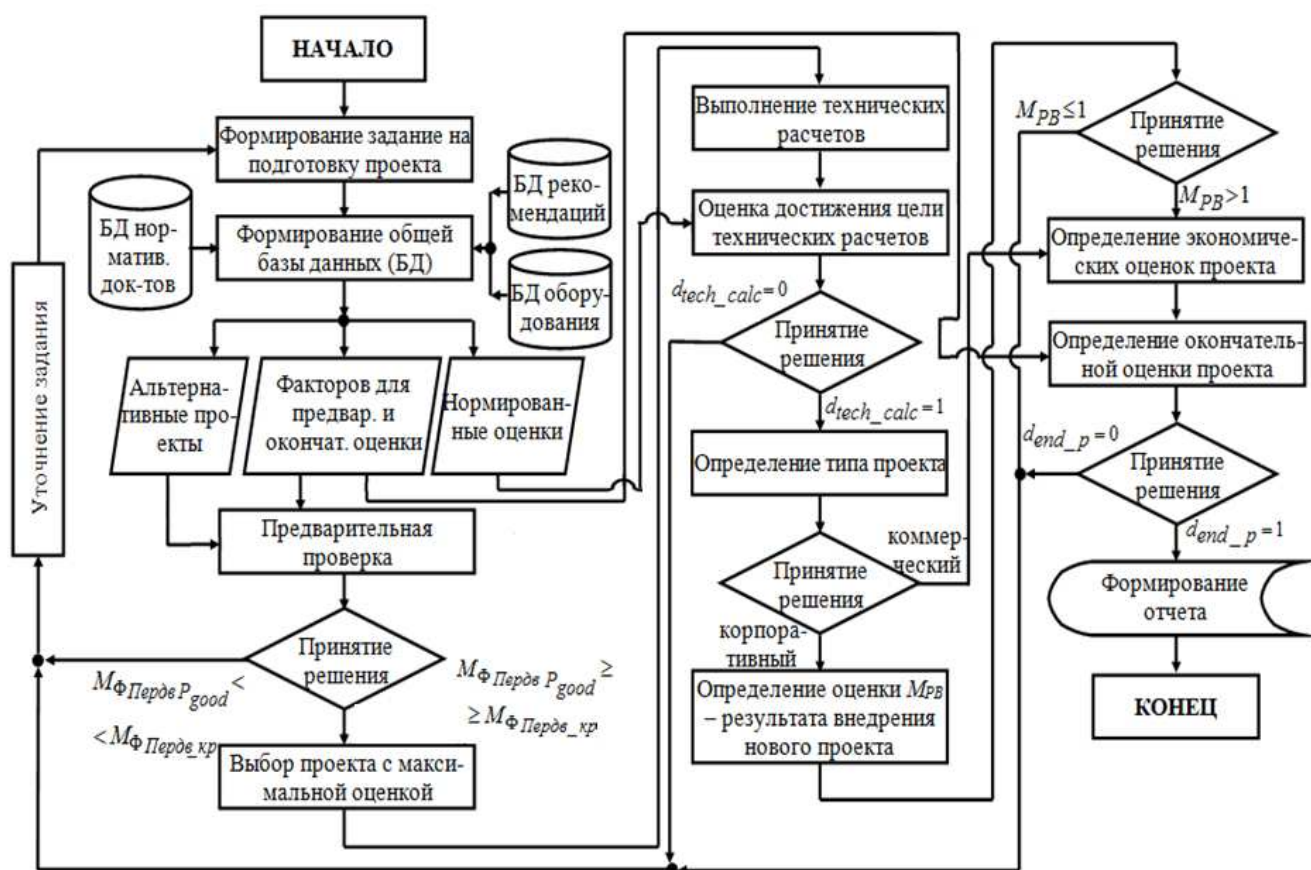


Рисунок 2.4 - Блок-схема методики получения интегрированной оценки проектов структурных элементов систем связи

Следует отметить, что практическая реализация предлагаемой методики осложняется необходимостью наличия экспертных групп позволяющих проводить предварительную и окончательную оценки.

Сложность формирования экспертных групп часто возникает у операторов связи регионального уровня или региональных представительств крупных операторов как в странах с развитыми, так и развивающимися экономиками. Т.к. у небольших операторов или региональных представительств крупных операторов имеются ограничения по потенциалу собственных кадров высшей квалификации.

Как показал обзор материалов [1-6,8,10,11,29,38,39,52,98-101] обобщить опыт экспертных групп и результаты технических расчетов в виде формальных соотношений позволяют методы теории нечетких множеств (ТНМ) и нечеткой логики. В результате программной реализации данных теоретических методов с учетом специфики объекта исследования получается система нечеткого вывода (СНВ) для обработки информации, представленной в интегрированной (численной и вербальной) формах. СНВ позволит, при указании начальных данных, проводить предварительную и окончательную оценки. Кроме того, в процессе эксплуатации СНВ предусматриваются операции дополнения и расширения ее возможностей за счет формализации знаний новых экспертов.

2.3 Метод комплексного анализа корпоративных проектов структурных элементов систем связи реализуемых впервые

Основные факторы, которые осложняют выбор определенного технического устройства, во время решения разработки проекта СЭСС, ориентированного на корпоративное использование связаны:

- с широким разнообразием конкурирующих технологий, при помощи которых можно решить одну задачу,
- разнообразием уровней значимости критериев оценки в зависимости от проекта, так как одно и то же решение может с разной степенью удовлетворенности решать задачи в разных проектах,

- широкой номенклатурой аналогичного оборудования разных производителей внутри одной технологии, с разной ценовой категорией, характеристиками надежности, производительности и т.д.

Примером разнообразия конкурирующих технологий является решение задачи выбора способа строительства участка транспортной сети в системе связи оператора, для решения поставленной задачи можно использовать радиорелейную линию или волоконно-оптический кабель. В зависимости от требований к реализуемому проекту первостепенность значения могут иметь такие параметры как [41,76-78,88]: пропускная способность, скорость развертывания, скрытность линии и т.д.

В рамках «классического» метода оценки корпоративного проекта, предполагаются, что вместе эксплуатации внедрено какое либо решение и известны критерии и шкалы оценки, а также уровни их значимости. Формально новый проект P_{new} , обладающего характеристиками p_i^{new} можно представить в виде функционала:

$$P_{new}(p_i^{new}): \forall p_i^{new} \exists \alpha_i \cdot \beta_i : i = 1...n, n \neq \infty \quad (2.12)$$

где P_{new} - это альтернативный (новый) проект с набором характеристик p_i^{new} , где i номер заданной характеристики, а n - общее количество характеристик, по которым сравниваются проекты, α_i - численное значение оцениваемого параметра, а β_i - его уровень значимости.

Старый проект P_{old} , обладающий характеристиками p_j^{old} описывается аналогично:

$$P_{old}(p_j^{old}): \forall p_j^{old} \exists \alpha_j \cdot \beta_j : j = 1,...,k : k \neq \infty \quad (2.13)$$

где P_{old} - это существующий (старый) проект с набором характеристик p_j^{old} , причем количество k характеристик j , по которым сравниваются проекты, α_j - численное значение оцениваемого параметра, а β_j - его уровень значимости.

Во время проведения оценки необходимо выполнение условия:

$$(i = j) \wedge (\beta_i = \beta_j) = 1 \quad (2.14)$$

Учитывая, что внедряемый структурный элемент сети или новая система связи в целом могут обладать более широким набором характеристик, а следовательно и число параметров α будет больше чем у "старой" системы, т.е. будет наблюдаться условие $i > j$, тогда множество характеристик, которые описывают параметры "старой" системы $\{\alpha_j \mid j = 1, \dots, k\}$ необходимо дополнить соответствующими элементами и присвоить им значение ноль, множеством "нулевых" параметров $\{\alpha_{0j_0} \mid j_0 \in \{1, \dots, k_0\} : k + k_0 = n\}$, в результате получится новое множество, которое описывает параметры "старой" системы имеет вид:

$$\{\alpha_{j^\bullet} \mid j^\bullet = 1, \dots, n\} = \{\alpha_j \mid j = 1, \dots, k\} \cup \{\alpha_{0j_0} \mid j_0 = 1, \dots, k_0\} \quad (2.15)$$

значения уровней значимости $\beta_{j^\bullet}$ для нулевых элементов множества $\{\alpha_{j^\bullet} \mid j^\bullet = 1, \dots, n\}$ равны значениям соответствующих уровней значимости β_i из множества $\{\alpha_i \mid i = 1, \dots, n\}$, что обеспечивает выполнение условия (2.14).

Аналогичным образом выглядят рассуждения, если внедряемая система или ее структурный элемент обладают меньшим набором параметров. С точки зрения развития научно-технического прогресса подобный случай маловероятен, но допустим когда происходит замена более дорого СЭСС на более дешевый. При этом во время проведения оценки учитываются дополнительные параметры, например, такие как стоимость на приобретение или стоимость на содержание системы.

Оценки проекта нового $M_{p_{new}}$ и эксплуатируемого $M_{p_{expl}}$, согласно работ [23-26,67,94] с учетом (2.14 - 2.15) рассчитывается при помощи соотношений.:

$$M_{p_{new}} = \sum_{i=1}^n \alpha_i \cdot \beta_i \quad (2.16)$$

$$M_{p_{expl}} = \sum_{j=1}^m \alpha_j \cdot \beta_j \quad (2.17)$$

Затем оцениваются сравнительные показатели при помощи определения отношений:

$$K_1 = M_{p_{new}} / M_{p_{expl}}, \quad (2.18)$$

$$K_2 = M_{p_{new}} / M_{p_{expl}}, \quad (2.19)$$

Если $K_1 > 1$, то "новый" проект признается более эффективным чем "старый", если $K_2 > 1$, то наоборот.

Для проведения оценки эффективности внедрения "нового" проекта относительно уже используемого, согласно работ [23-26,67,94], предлагается учитывать расходы на их содержание с учетом капитальных затрат на реализацию. Обозначим совокупные затраты на содержание и сооружение "нового" и "эксплуатируемого" проектов в виде ex_{new} и ex_{old} . Далее поочередно один из проектов принимается как базовый и альтернативный. Если в качестве базового проекта принят "старый", а в качестве альтернативного "новый", то, эффективность определяется как:

$$e_{expl} = \left(\frac{ex_{p_{new}}}{M_{p_{new}}} - \frac{ex_{p_{expl}}}{M_{p_{expl}}} \right) \cdot M_{p_{expl}} \quad (2.20)$$

$$e_{new} = \left(\frac{ex_{p_{expl}}}{M_{p_{expl}}} - \frac{ex_{p_{new}}}{M_{p_{new}}} \right) \cdot M_{p_{new}} \quad (2.21)$$

Решение о внедрении "нового" проекта принимается, если $e_{new} > e_{old}$, иначе внедрение не целесообразно.

В случае рассмотрения несколько конкурентных "новых" проектов, то целесообразно выбрать тот, у которого значение e максимально, формально это можно описать следующим образом:

$$e_{внедр} = \max(e_w) : w = 1, \dots, W : W \neq \infty \quad (2.22)$$

где W – общее множество альтернативных новых проектов.

Существенным ограничением рассмотренного является то, что в нем учитываются только расходная часть проекта, тогда как в реальных условиях реше-

ние о реализации проекта должно учитываться с учетом доходной части в том числе. Сам анализ соотношений (2.20 - 2.21) показывает, что расходная часть проекта является более приоритетной позицией, чем другие характеристики проекта, учитываемые соотношениями (2.16 - 2.17). Тогда как на практике величина расходов не всегда являются решающей характеристикой принятия или отклонения заданного проекта.

Дополнительно, особенностью использования совокупности функционалов (2.16 - 2.22), является то, что они ориентированы на использование в условиях, когда решается задача модернизации оборудования системы связи. Т.е. подразумевается, что изначально уже установлен определенный набор структурных элементов, при помощи которых система достигает решения поставленной цели (предоставление услуг связи, получение прибыли, выполнения других функций в цепочке бизнес процесса компании). Подобная ситуация весьма характерна для стран с развитыми экономиками, где в силу изменения социальных и экономических процессов компании корректируют сценарии своего развития. Особенностью подобного процесса является эволюционный путь развития. Применительно к странам с развивающимися экономиками подобный путь не всегда целесообразен так как создание системы инфокоммуникаций может производиться "с нуля". Т.е. в условиях, когда предыдущей системы либо не существовало вообще, либо "разрыв" между поколениями оборудования и технологиями весьма значительный (более 30 - 40 лет). Аналогичный процесс наблюдался в России в 90-е годы XX века, когда системы сотовой связи 2-го поколения приходили на замену коммутационному оборудованию выпуска 40-х – 50-х гг.

В подобном случае при анализе эффективности внедрения новых структурных элементов предлагается понятие "Условного структурного элемента системы связи" (УСЭСС) - элемента, представляющего проверенное в эксплуатации оборудование, которое позволяет решать планируемые задачи на общую оценку не ниже "Удовлетворительно". Используя функционалы (2.16 - 2.22) предлагается метод определения оценки результата внедрения (РВ) проекта СЭСС с учетом ха-

рактик УСЭСС. Сущность метода заключается в выполнении следующей последовательности операций:

Операция 1: Эксперты идентифицируют характеристики разрабатываемого СЭСС $\xi_{i, \text{разраб. СЭСС}}$ (i – номер характеристики, например надежность, производительности ремонтпригодность и др. параметры оборудования связи),

Операция 2: Эксперты согласовывают шкалы оценки характеристик узлов,

Операция 3: Эксперты производят оценивание значений характеристик СЭСС по выработанным шкалам,

Операция 4: Эксперты имплементируют условный СЭСС (УСЭСС), с которым будет сравниваться эффективность внедрения разрабатываемого СЭСС, состав оценок УСЭСС аналогичен п.1 и обозначаются как: $\xi_{i, \text{УСЭСС}}$. Под УСЭСС понимается СЭСС, который можно реализовать на основе оборудования систем связи, опыт эксплуатации по которому составляет 5-7 лет.

Операция 5: Аналогично п.3 производится численная оценка $\xi_{i, \text{УСЭСС}}$.

Операция 6: Эксперты формируют множество уровней значимости для оцениваемых параметров узла ζ_i .

Операция 7: Определяется оценка результата внедрения $M_{PB}^{\text{УСЭСС}}$ проекта СЭСС относительно УСЭСС:

$$M_{PB}^{\text{УСЭСС}} = \left(\sum_i \zeta_i \cdot \xi_{i, \text{разраб. СЭСС}} \right) / \left(\sum_i \zeta_i \cdot \xi_{i, \text{УСЭСС}} \right) \quad (2.22),$$

Операция 8: Если $M_{PB}^{\text{УСЭСС}} > 1$, то ЛПР принимает решение о внедрении СЭСС.

Работа метода принятия решений во время оценки СЭСС, реализуемых впервые в виде IDEF0 диаграммы поясняется на рисунке 2.5

Таким образом, предложенный метод комплексного анализа корпоративных проектов, основанный на имплементации УСЭСС, определяет результат внедрения разрабатываемого СЭСС относительно УСЭСС, позволяет прогнозировать эффективность внедряемых проектов в случае отсутствия более ранних аналогов проектируемых СЭСС. Основные результаты исследований созданию метода анализа проектов с использованием УСЭСС представлены в работах [102,105,130]

2.4 Выводы по главе

В ходе выполнения исследований в рамках данной главы получены следующие результаты:

Разработана методика интегрированной оценки проекта структурного элемента системы связи, отличающаяся обобщенным формализованным представлением разнородной информации, полученной от экспертов и в результате технико-экономических расчетов.

Предложен метод комплексного анализа корпоративных проектов структурных элементов систем связи реализуемых впервые, отличающийся имплементацией условного структурного элемента системы связи и позволяющий оценивать целесообразность внедрения проекта при отсутствии структурных элементов систем связи, установленных ранее.

Для развития дальнейшего развития интегрированной оценки проекта структурного элемента системы связи необходима разработка алгоритмов и программ для получения предварительной и окончательной оценок проектов.

3. АЛГОРИТМЫ ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ В ПРИНЯТИИ РЕШЕНИЙ ВО ВРЕМЯ АНАЛИЗА ПРОЕКТОВ СТРУКТУРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМ СВЯЗИ

Как показали исследования в главе 2, для решения задачи подготовки проектов СЭСС необходимо использование оценок на этапе предварительного выбора технического решения и на завершающей стадии подготовки "рабочего проекта". Для оценки влияния факторов, имеющих числовое и вербальное описание предложена "Методика интегрированной оценки проекта структурного элемента системы связи", которая в алгоритмизированном виде представлена на рисунке 2.4. Для дополнительной оценки предложен «Метод комплексного анализа корпоративных проектов структурных элементов систем связи реализуемых впервые». Как отмечалось в работе, и было выявлено в процессе апробации, для учета взаимного влияния факторов, влияющих на показатели эффективности внедрения проекта необходимо развитие новых алгоритмов для поддержки в принятии решений для учета обобщенного влияния факторов размерность которых представлена в количественной и качественной формах. В главе 2 для проведения предварительной и окончательной оценок в методике интегрированной оценки проекта структурного элемента системы связи предложено использование методов теории нечетких множеств (ТНМ) и нечеткой логики. Таким образом, в проводимых, в данной главе, исследований целесообразно выделить следующих подзадач:

- разработка обобщенной системы нечеткого вывода для оценивания проекта структурного элемента системы связи;
- разработка алгоритма для поддержки принятия решений во время анализа проекта связанного с получением предварительной оценки;
- разработка алгоритма для поддержки принятия решений во время анализа проекта связанного с получением окончательной оценки;

3.1 Разработка обобщенной системы нечеткого вывода для оценивания проекта структурного элемента системы связи

Как описывалось выше, особенностью оценки проекта СЭСС является обработка информации представленной в вербальной и числовой формах. Особенности подобных параметров следующие:

- различный характер значений (качественный или количественный);
- различные единицы измерения (технические, экономические, балльные и т.д.);
- различные диапазоны значений при одинаковых шкалах, т.е. для различных параметров, даже при одинаковых единицах измерений, величина абсолютного значения в одном случае будет "большой", в другом, "средней" или "незначительной".

Соответственно оценка взаимного влияния данных параметров при помощи "классических" методов затруднительна, тогда как методы теории нечетких множеств и нечеткой логики, как было показано в главе 1, позволяют это сделать. Как описано в работах [8,10,29,44,45,52,58,72,96,101,125,126,131,133] посвященных развитию методов теории нечетких множеств в области управления и поддержки принятия решений, основную сложность в процессе создания системы нечеткого вывода (СНВ) представляет процесс формирования:

- множества переменных, количество которых будет достаточным для описания объекта управления,
- набора термов для каждой нечеткой переменной, которые позволят наиболее полным образом описать изменения ее значений,
- набора и видов функций принадлежности (ФП) для каждого терма, которые адекватно опишут тенденции изменения входной переменной,

- набора нечетких продукционных правил, которые опишут всю полноту взаимного влияния входных переменных на величину выхода системы нечеткого вывода (СНВ).

Для решения описанных задач формируется группа экспертов, имеющими необходимый уровень компетенций (образования и опыта работы), применительно к решению задач управления исследуемым объектом.

В процессе реализации СНВ в состав экспертной группы были включены специалисты в области проектирования систем связи с опытом работы более 10 лет. В качестве входных переменных использовались следующие параметры проекта, которые применяются перед принятием решения о его реализации:

- капитальные затраты, величина финансовых затрат на приобретение оборудования, его доставку, монтаж на месте эксплуатации, дополнительные расходы; как правило капитальные затраты определяются на основе нормативных коэффициентов [35,104], что не всегда адекватно или на основании цен транспортных компаний и монтажных компаний;
- затраты на эксплуатацию - формируются из зарплаты обслуживающего персонала, арендных и налоговых платежей, платежей за эксплуатацию ресурсов (электроэнергия, вода) и "непредвиденных" затрат;
- объема входящего денежного потока формируемого абонентской платы вносимой клиентами за оплату услуг оператора, в процессе подготовки проекта его значение определяется исходя из прогноза притока абонентов, что определяется из предыдущего опыта реализации.
- маркетинговая оценка проекта, в работе [104] называется "Показатель имиджа", основное назначение, оценить положительное влияния проекта на работу оператора в целом, например высокое значение означает, что реализация и эксплуатация проекта повысит лояльность абонентов без дополнительных затрат, в рамках СНВ установлено, что маркетинговая оценка имеет всегда положительное значение.

Выходная переменная - оценка проекта СЭСС, ее значение определяет целесообразность его реализации. Схема СНВ показана на рисунке 3.1 [104]

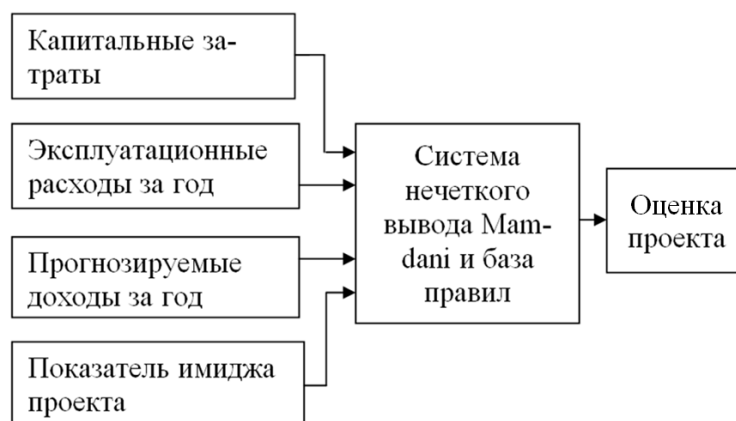


Рисунок 3.1 - Схема СНВ для оценивания проекта структурного элемента системы связи

В результате анализа проектов СЭСС и консультаций со специалистами операторов связи получены диапазоны значений исходных параметров, которые представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Диапазоны значений исходных параметров для оценки проекта

Наименование параметра	Диапазон значений
Капитальные затраты $CapEx$, млн. руб.	от 0,3 до 8
Расходы за год эксплуатации $OpCost$, млн. руб.	от 0,2 до 2
Прогнозируемый доход за год эксплуатации, $PInc$ млн. руб.	от 0,7 до 7
Маркетинговая оценка "Показатель имиджа проекта", $MEff$ балл с шагом 0,1	от 0 до 1

Для формирования множества термов, которые описывают значения нечетких параметров использованы обозначения в соответствии таблицей 7.1, приведенной на стр. 188, работы [52]. Термы и их значения для разрабатываемой СНВ приведены в таблице 3.2. Далее при помощи средств модуля FuzzyLogicToolbox,

входящего в состав программного пакета Matlab построены ФП входных параметров и выходной оценки, которые с учетом [104] показаны в приложении А.

Формат правила, входящего в базу знаний СНВ, с учетом набора входных переменных имеет вид:

$$\begin{aligned} \text{Rule\#1 if } (CapEx = NB) \wedge (OpCost = NB) \wedge (PIn = NB) \wedge \\ \wedge (MEff = NB) \Rightarrow M_P = Z \end{aligned} \quad (3.1)$$

где *Rule#1* - правило номер один, M_P - оценка проекта. Общее количество правил в базе знаний СНВ - 196. База знаний зарегистрирована в Федеральном институте промышленной собственности (ФИПС), № 2016620273 "База правил для нечеткого вывода по определению экономического потенциала места установки телекоммуникационного оборудования" [79]. Свидетельство о регистрации приведено в приложении Б.

Таблица 3.2 – Обозначения термов лингвистических переменных

Значение терма	Расшифровка	Значение в рамках СНВ
NB	Negative big	Низкое
NM	Negative middle	Скорее низкое, чем среднее
Z	Zero	Средние
PM	Positive middle	Скорее высокое, чем среднее
PB	Positive big	Высокое

В рамках реализуемой СНВ, позволяющей обрабатывать информацию для оценки проекта СЭСС, с учетом мнения экспертов, считается, что проект принимается к дальнейшему внедрению при условии:

$$M_P \geq 0.5, \quad (3.2)$$

если (3.2) не выполняется, проект отправляется на доработку.

СНВ реализована средствами Matlab в виде программы "Fuzzy module for computation of metrics points of mobile network" и зарегистрирована в ФИПС за № 2016615349 [80], работа СНВ описана в [104]. Свидетельство о регистрации приведено в приложении В.

Апробация СНВ показала следующие ограничения:

1. Ограниченное количество входных переменных не позволяет в полном виде учесть воздействия, влияющие на оценку проекта, например метод не учитывает риски реализации, что важно при оценке проектов в условиях внедрения в странах с развивающимися экономиками; обзор работ [39,48,52,55,101], что для учета влияния рисков так же целесообразно использование методов теории нечетких множеств.

2. "Закрытость" переменной "Маркетинговая оценка проекта" (показатель имиджа), может вызвать сложности во время работы эксперта в виду недопонимания, от каких факторов данная переменная зависит.

3. Введение в СНВ новых переменных, расширяющих список учитываемых параметров проект приведет к увеличению объема базы знаний и усложнению правил, что повысит время обработки информации и вероятность возникновения ошибок при определении оценки проекта.

4. Вместо треугольных и трапецеидальных целесообразно использование гауссовых ФП.

5. Дополнительно в работе [104] недостаточно приведено формальное описание работы алгоритмов работы СНВ.

Формально работу приведенной СНВ можно описать функционалом:

$$M_{Проект} = F(\Phi^{Числ}, \Phi^{Верб}) \quad (3.3)$$

где F – оператор обработки информации о проекте, $\Phi^{Числ}$ – множество численных факторов, $\Phi^{Верб}$ – множество вербальных факторов.

Основываясь на методах теории нечетких множеств каждый фактор φ (в вербальной или числовой формах) описывается множеством термов T_φ , в котором каждому терму t_φ соответствует ФП $\mu(\varphi)$ и диапазон шкалы значений фактора для терма – D_{Sc_φ} :

$$\forall \varphi \subset \Phi \exists T_\varphi : \forall t_\varphi \in T_\varphi \exists (\mu(\varphi) \wedge D_{Sc_\varphi}). \quad (3.4)$$

Если фактор имеет численное значение, то шкала градуируется в необходимых единицах измерения, например, в денежных или физических единицах, а если вербальное, то в оценочных балах.

Использование гауссовых ФП рекомендовано в работах [92,99-101], т.к. они более адекватно обобщают принадлежности значения входной переменной к терму. В работе используются:

- Гауссова ФП,
- Обобщенная колоколообразная Гауссова ФП.

Гауссова ФП (в терминологии Matlab gaussmf), имеет вид [99-101]:

$$\mu(\varphi) = e^{-\frac{(\varphi-r)^2}{2 \cdot s^2}} \quad (3.5)$$

где r – константа максимума ФП, s – коэффициент концентрации ФП, пример ФП показан на рисунке 3.2 а. Обобщенная колоколообразная Гауссова ФП (в терминологии Matlab gbellmf) имеет вид [99-101]:

$$\mu(\varphi) = \frac{1}{1 + \left| \frac{\varphi - r}{s} \right|^{2 \cdot w}} \quad (3.6)$$

где s – коэффициент концентрации ФП, w – коэффициент крутизны ФП, r – координата максимума ФП, вид ФП показан на рисунке 3.2 б.

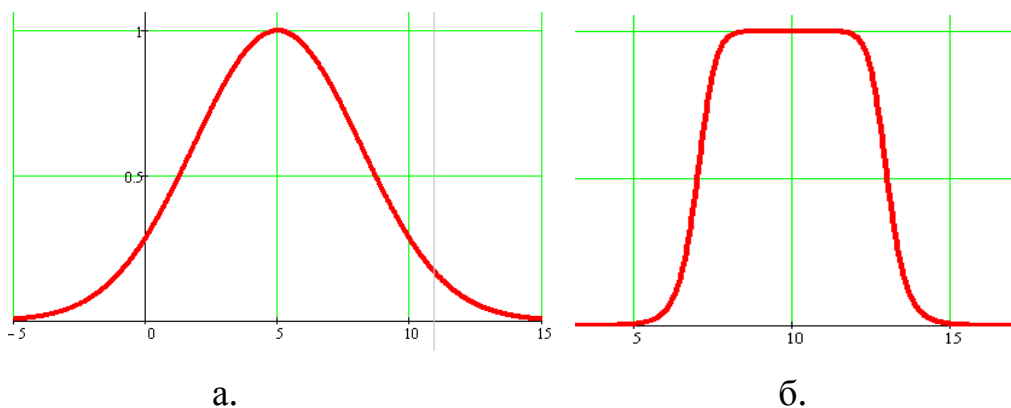


Рисунок 3.2 – Внешний вид Гауссовых функции принадлежности

Для получения итогового заключения по взаимодействию факторов из множеств $\Phi^{Числ}$ и $\Phi^{Верб}$ используется база правил их взаимодействия, которая формируется усилиями экспертной группы. Формат базы правил с учетом вида пра-

вил (1.7) и работ по созданию систем нечеткого вывода (СНВ) можно представить в виде:

$$\begin{aligned}
 & \text{if } (\varphi_1 = t_1^{j1}) \wedge (\varphi_2 = t_2^{j1}) \wedge \dots \wedge (\varphi_n = t_n^{j1}) \\
 & \text{or } (\varphi_1 = t_1^{j2}) \wedge (\varphi_2 = t_2^{j2}) \wedge \dots \wedge (\varphi_n = t_n^{j2}) \\
 & \text{or } (\varphi_1 = t_1^{jk}) \wedge (\varphi_2 = t_2^{jk}) \wedge \dots \wedge (\varphi_n = t_n^{jk}) \\
 & \text{нечеткий} \\
 & \text{вывод} \\
 & \Rightarrow T^{Mark}
 \end{aligned} \tag{3.7}$$

где k – номер правила, T^{Mark} – нечеткое значение выходной переменной. Используя операции объединения $\cup$ ("или") и пересечения $\cap$ "и", а для выполнения нечеткого вывода, с учетом [52, 99-101] применить алгоритма Mamdani (3.7) целесообразно обобщить к виду:

$$\bigcup_{p=1}^k \left[\bigcap_{i=1}^n (\varphi_i = t_i^{jp}) \right] \xRightarrow{\text{алгоритм Mamdani}} T_{\text{Проект}} \tag{3.8}$$

Сама операция нечеткого вывода выполняется следующим образом:

- фазификации входных переменных, которые имеют «четкие» значения $\alpha_0, \beta_0, \gamma_0$, к нечетким при помощи ФП, если фактор имеет нечеткое значение, то при помощи шкалирования усилиями экспертов ему присваивается базальное значение.
- агрегировании условий при помощи выполнения операции « $\wedge$ » («и») - логического $\min$.

$$\begin{aligned}
 a_1 &= \varphi_1^{j1}(\alpha_0) \wedge \varphi_2^{j1}(\beta_0) \wedge \dots \wedge \varphi_n^{j1}(\gamma_0) \\
 a_2 &= \varphi_1^{j2}(\alpha_0) \wedge \varphi_2^{j2}(\beta_0) \wedge \dots \wedge \varphi_n^{j2}(\gamma_0), \\
 a_k &= \varphi_1^{jk}(\alpha_0) \wedge \varphi_2^{jk}(\beta_0) \wedge \dots \wedge \varphi_n^{jk}(\gamma_0)
 \end{aligned} \tag{3.9}$$

- активизации подзаключений с помощью операции « $\wedge$ »:

$$\begin{aligned}
 Mark_1^{fuzzy+}(\xi) &= a_1 \wedge Mark_1^{fuzzy}(\xi) = \min(a_1, Mark_1^{fuzzy}(\xi)) \\
 Mark_2^{fuzzy+}(\xi) &= a_2 \wedge Mark_2^{fuzzy}(\xi) = \min(a_2, Mark_2^{fuzzy}(\xi)), \\
 Mark_k^{fuzzy+}(\xi) &= a_k \wedge Mark_k^{fuzzy}(\xi) = \min(a_k, Mark_k^{fuzzy}(\xi))
 \end{aligned} \tag{3.10}$$

- при помощи операции « $\vee$ » аккумулируются результаты (3.10):

$$Mark_{\Sigma}^{fuzzy}(\xi) = Mark_1^{fuzzy+}(\xi) \vee Mark_2^{fuzzy+}(\xi) \vee \dots \vee Mark_k^{fuzzy+}(\xi), \tag{3.11}$$

- определении четкого значения (дефазификации) выходной переменной $\xi \rightarrow \xi_0$ методом центра тяжести (Centroid):

$$\xi_0 = \frac{\int_{\underline{\xi}}^{\bar{\xi}} \xi \cdot \mu_{Mark}^{fuzzy}(\xi) d\xi}{\int_{\underline{\xi}}^{\bar{\xi}} \mu_{Mark}^{fuzzy}(\xi) d\xi} = Mark \quad (3.12)$$

Окончательно (3.13) с учетом (3.14 – 3.17) обобщается к виду:

$$\bigcup_{p=1}^{\xi} \left[\bigcap_{i=1}^{n+m} (\varphi_i = t_q^{jp}) \right] \xRightarrow[\text{Mamdani}]{\text{алгоритм}} T_{\text{Проект}} \xRightarrow{\text{Centroid}} M_{\text{проект}} \quad (3.13)$$

В результате получаем оценку проекта СЭСС. В качестве границ применимости СНВ следует отнести условия, описываемые функционалами (1.11) и (1.13), которые накладывают ограничение на проект по соответствию нормам, установленными документами и принадлежностью к проектам, которые реализуемы технически, в результате "отсекаются" проекты, реализация которых не возможна по причинам, которые СНВ, не учитывает.

Завершающим этапом создания СНВ является описание методов ее адаптации к новым условиям и проверки достоверности выдаваемых результатов. Согласно работ [99-101] адекватность СНВ обеспечивается выполнением ряда условий, проверкой СНВ на контрольных выборках и корректировкой в процессе изменений условий, в которых работает СНВ. Перечень условий, согласно которых нечетка СНВ будет адекватна следующий [99-101]:

1. Непротиворечивость базы правил, в том числе отсутствие правил с одинаковыми входами, но разными выходами,
2. Каждый терм входной и выходной переменной присутствует хотя бы в одном правиле,
3. При любом, допустимом значении входных переменных, на выходе получается не пустое значение,
4. Каждая из функций принадлежности выпукла,
5. Выполняются следующие условия формирования терм множеств:

- 5.1 Количество термов переменных не должно превышать 7 ± 2 ,
- 5.2 ФП различных термов не должны совпадать,
- 5.3 Должна сохраняться логическая хронология термов, т.е. термы должны следовать в порядке "Низкий", "Средний", "Высокий", а не "Средний", "Низкий", "Высокий".

6. В процессе разработки базы правил (БП) нужно стремиться к минимизации ее объема, а при большом количестве входных переменных создавать иерархические СНВ.

Анализ СНВ показал, что правила не противоречивы, все термы используются в каждом из правил, СНВ обеспечивает выход в виде вещественного числа "балла", оценивающего проект на всем диапазоне допустимых значений входных переменных. Анализ рисунков в приложении А и рисунка 3.2 показывает, что ФП имеют выпуклый характер, количество термов каждой переменной не превышает 5 штук, ФП различных термов не совпадают, у всех лингвистических переменных соблюдена хронология термов. Можно сделать вывод, что СНВ составлена методологически правильно.

Адекватность СНВ обеспечивается созданием контрольной выборки, по которой уже имеется опыт реализации и привлечением экспертов необходимой квалификации для формирования перечня входных переменных, определения массива термов и ФП каждого термина и формирования БП. Для адаптации СНВ к изменяющимся условиям предлагается установить "коридор" погрешности результата СНВ. При превышении которого ЛПР принимает решение о корректировке СНВ за счет уточнения ФП, перечня входных переменных и дополнения БП отдельных элементов СНВ. Пример схемы управления корректировкой СНВ показан на рисунке 3.3. Условием адекватности работы СНВ в заданных условиях является не превышение погрешности δ в принятии решения о целесообразности реализации проекта. Под погрешностью δ понимаются следующие ситуации:

- проект рекомендован СНВ, но в процессе разработки / реализации выяснилась нецелесообразность его внедрения,

- проект отклонен СНВ, но в результате решения ЛПР проект был разработан / внедрен.

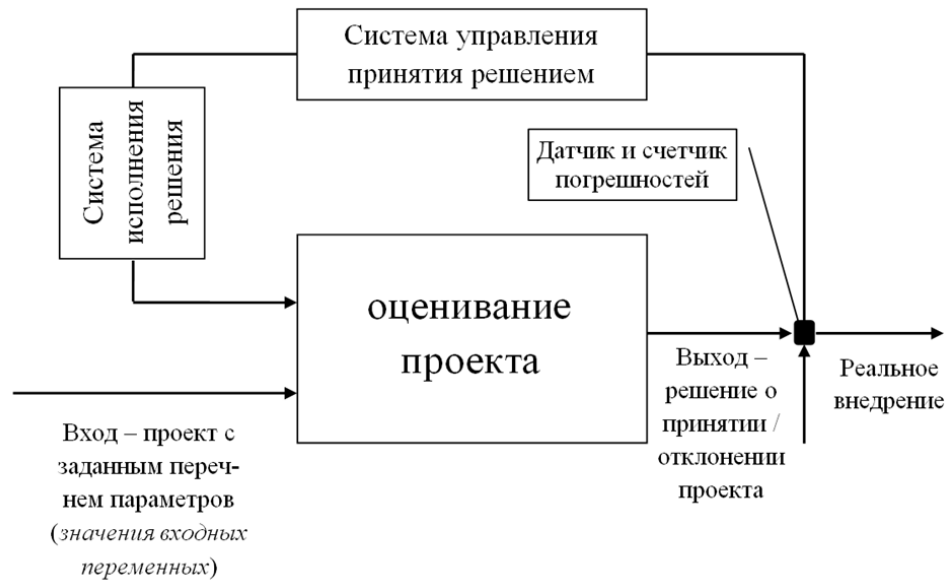


Рисунок 3.3 - Схема контроля адекватности СНВ

Под значением δ понимается вероятность неправильного принятия $P_{н.прин}$ или отклонения $P_{н.откл}$ проекта. С учетом мнения экспертов допустимой признана погрешность в пределах $3 \div 5\%$:

$$\delta = P_{н.прин} + P_{н.откл} = \left[\lim_{N_{пр} \rightarrow \infty} \left(\frac{n_{н.прин} + n_{н.откл}}{N_{пр}} \right) \right] \cdot 100\% \leq 3 \div 5\% , \quad (3.14)$$

где $N_{пр}$ – общее количество проектов пропущенных через СНВ, $n_{н.прин}$ – количество проектов ошибочно рекомендованных СНВ к внедрению, $n_{н.откл}$ – количество проектов ошибочно отклоненных СНВ. Дополнительно проверка адекватности возможна по статистическим критериям за счет сравнения результатов оценки СНВ с оценкой экспертов, более подробно описание проверки адекватности приведено в главе 4.

Причиной превышения погрешностей могут быть изменения условий работы СНВ, следовательно, процесс, показанный на рисунке 3.3, можно отнести и к адаптации СНВ под новые условия. Особенностью контроля адекватности является обработка ретроспективной и текущей информации о проектах СЭСС. Контроль по параметру $n_{н.откл}$, возможен на основе анализа ретроспективной инфор-

мации (ранее внедренных проектов), следовательно, используется обучающая выборка. Контроль параметру $n_{н.прин}$ возможен на основе ретроспективной информации (проектов реализованных ранее) и на основе текущей информации, поступающей от специалистов оператора, внедрившего проект. Учитывая, что ошибка принятия решения может нести убытки, по мнению экспертов в процессе внедрения СНВ целесообразно установить период адаптации сроком около одного года.

Спецификой обработки информации с использованием соотношений (3.7 - 3.13) является увеличение длины правил, и увеличение базы правил, что, как отмечается в работах [52, 85, 99-101] отрицательно влияет на точность СНВ, скорость ее работы и развитие СНВ за счет учета дополнительных факторов. Для устранения подобной особенности СНВ в работе [101] при увеличении количества правил в базе более 200 рекомендуется группировать входные переменные по общим признакам и использовать промежуточные СНВ. Подобная СНВ, содержащая совокупность промежуточных СНВ получила название иерархическая СНВ (ИСНВ). Следовательно, для дальнейшего развития алгоритмов поддержки принятия решений во время анализа и оценки проектов СЭСС необходимо создание ИСНВ как для предварительной оценки (оценки проекта до выполнения основных этапов его подготовки) так и окончательной оценки проекта.

3.2 Разработка алгоритма для поддержки в принятии решений во время предварительной оценки проекта структурного элемента системы связи

Формально иерархическая система нечеткого вывода (ИСНВ), согласно работы [85,101], представляет собой ориентированный граф, который с учетом [56] можно представить в виде соотношения:

$$G_{ИСНВ}(V_n, E_m), \quad (3.15)$$

где V_n – это узлы, а E_m – ребра графа. Граф $G_{иснв}(V_n, E_m)$ имеет древовидную структуру. Корнем дерева считается конечная выходная переменная, ветвление графа – это системы нечеткого вывода различного уровня иерархии, листья дерева – входные переменные СНВ. С учетом опыта разработки СНВ в работе [104], а также анализа работ по созданию систем нечеткого вывода [52,101], и рекомендаций по повышению достоверности СНВ, целесообразно, что бы общее количество входов на каждую СНВ не превышало 3-4 штуки, при количестве термов у каждой переменной не более 5 и 2-3 входа при количестве термов не более 7.

С учетом опыта разработки СНВ [85,86,102] предлагается к числу факторов имеющих численную оценку отнести:

- примерные капитальные затраты – $M_{ФПКЗ}$
- предварительные эксплуатационные затраты – $M_{ФПЭЗ}$,
- предварительная оценка прибыли – $M_{ФОП}$.

Особенностью факторов является их численное значение, но при этом, нечеткость в них вносится за счет того, что эксперт определяет без расчетов, опираясь только на собственный опыт. Примером источника для значений этих факторов могут выступать высказывания вида:

"Предполагаю, что для обеспечения покрытия заданного населенного пункта сетью Wi-Fi потребуется:

- примерно 15 точек доступа со встроенными антеннами, примерная стоимость точек за шт. производителя А - 10 тыс. руб., В - 12 тыс., С - 9 тыс., выбираем производителя А так как у него есть сервисный центр в нашем городе и у нас есть положительный опыт эксплуатации,
- канал связи, с полосой пропускания около 100 Мбит/с, аренда такого канала будет стоить около 1 тыс. руб. в мес.
- дополнительно нам потребуется оформить разрешения на эксплуатацию, затраты составят около 50 тыс. руб.

- выполнить монтаж и наладку оборудования смогут два инженера примерно за неделю примерно за 25 тыс. руб. в мес.
- продавать услуги мы сможем примерно за 100 руб. в мес. пользоваться сетью будет 150 - 200 человек"

Экспертами являются специалисты оператора, имеющие значительный опыт эксплуатации и реализации проектов, при необходимости экспертов можно привлечь из других компаний, работающих в заданном или аналогичном регионе.

Таким образом, $\Phi^{Числ}$ можно представить в виде:

$$\Phi^{Числ} = \{M_{\Phi ПКЗ}, M_{\Phi ПЭЗ}, M_{\Phi ОП}\} \quad (3.16)$$

К числу факторов, имеющих вербальное описание – $\Phi^{Верб}$, с учетом работ [23,26,31,49], а также опыта практического внедрения проектов ориентированных на повышение эффективности работы сети оператора связи в целом, с учетом локальной убыточности проектов предлагается отнести:

- предварительная маркетинговая оценка $M_{\Phi ПМО}$, т.е. например, эффект продвижения оператора в СМИ, за счет информирования социума (абонентов) о проекте в новостном, а не рекламном формате, обсуждению положительных эмоций от реализации проекта внутри социума (абонентов),
- предварительная оценка риска $M_{\Phi ПОР}$, с учетом знаний эксперта о особенностях социальной, экономической, климатической и других видов обстановок в месте планируемой реализации проекта.

Особенностью данных факторов является их вербальное значение, в виде терминов высокая, средняя, низкая и т.д. Информация о данных факторах поступает от экспертов с опытом управления проектами в области телекоммуникаций и областях связанных с распространением и обработкой информации. Примером источника сведений для определения значений $\Phi^{Верб}$ могут выступать высказывания вида: "Предполагаю, что при реализации проекта установки базовых станции вдоль береговой линии моря:

- к нашей сети подключатся практически все люди, которые работают на удалении от берега около 50 км, а это основной источник занятости трудоспособного населения в прибрежных населенных пунктах,
- как следствие, члены семей данных абонентов, с учетом стоимости внутрисетевого общения, предпочтут переподключить свои телефоны к нашей сети либо не перейдут к другому оператору, не обеспечивающего связь в прибрежной акватории,
- дополнительно услугами сети воспользуются жители других регионов, приезжающих сезонно отдыхать на побережье региона,
- проект способствует увеличению безопасности на покрываемой акватории, что повысит лояльность некоторых государственных органов, что позволит упростить взаимодействие с ними при ведении других проектов или получения разрешительной документации,
- средства массовой информации бесплатно подготовят репортажи и оповестят население, поскольку запуск данных проектов является новостью регионального или федерального уровня.
- соответственно проект обладает высокой маркетинговой оценкой и его можно реализовать, даже при условии его низкой рентабельности.

$\Phi^{Верб.}$ можно представить в виде:

$$\Phi^{Верб.} = \{M_{\Phi ПМО}, M_{\Phi ПОР}\} \quad (3.17)$$

Основное преимущество получения информации в таком виде заключается в том, что значения переменных, подаваемых на вход СНВ формируются с учетом региональных особенностей работы оператора, что позволяет использовать СНВ в регионах с различным уровнем развития экономики. На основании мнения экспертов в процессе эксплуатации СНВ набор входных переменных может корректироваться.

С учетом (3.8 – 3.22), СНВ для определения предварительной оценки (до выполнения основных расчетов) целесообразно представить в виде:

$$M_{\Phi \text{Предв}} = F_{\text{Общ}}^{\text{Предв}}(M_{\Phi \text{ПОбР}}, M_{\Phi \text{ПОР}}) \quad (3.18)$$

где $M_{\Phi \text{ПОбР}}$ – оценка проекта без учета рисков (ПОбР), $M_{\Phi \text{ПОР}}$ – предварительная оценка риска (ПОР) проекта. С учетом (3.13), обработку информации о $M_{\Phi \text{Предв}}$ в (3.18) можно представить в виде СНВ, описываемую выражением:

$$\bigcup_{p_{\text{Предв}}=1}^{\psi_{\text{Предв}}} \left[\bigcap_{i_{\text{Предв}}=1}^{n_{\text{Предв}}} \left(\varphi_{i_{\text{Предв}}} = t_{q_{\text{Предв}}}^{jp_{\text{Предв}}} \right) \right] \xRightarrow{\text{алгоритм Mamdani}} T_{\Phi_{\text{Общ}}}^{\text{нечет}} \xRightarrow{\text{Centroid}} M_{\Phi \text{Предв}}. \quad (3.19)$$

Учитывая, что $M_{\Phi \text{ПОбР}}$ является интегральным показателем, целесообразно описание процедуры его определения. Процесс нахождения $M_{\Phi \text{ПОбР}}$ с учетом (3.3) представляется в виде:

$$M_{\Phi \text{ПОбР}} = F_{\Phi \text{ПОбР}}^{\text{Предв}}(M_{\Phi \text{ПЭО}}, M_{\Phi \text{ПМО}}) \quad (3.20)$$

где $M_{\Phi \text{ПЭО}}$ – предварительная экономическая оценка (ПЭО) проекта, $M_{\Phi \text{ПМО}}$ – предварительная маркетинговая оценка (ПМО) проекта. С учетом (3.13), обработку информации о $M_{\Phi \text{ПЭО}}$ в (3.20) можно представить в виде системы нечеткого вывода, описываемую выражением:

$$\bigcup_{p_{\text{ПОбР}}=1}^{\psi_{\text{ПОбР}}} \left[\bigcap_{i_{\text{ПОбР}}=1}^{n_{\text{ПОбР}}} \left(\varphi_{i_{\text{ПОбР}}} = t_{q_{\text{ПОбР}}}^{jp_{\text{ПОбР}}} \right) \right] \xRightarrow{\text{алгоритм Mamdani}} T_{\Phi_{\text{ПОбР}}}^{\text{нечет}} \xRightarrow{\text{Centroid}} M_{\Phi \text{ПОбР}}. \quad (3.21)$$

Учитывая, что $M_{\Phi \text{ПЭО}}$ является интегральным показателем. Процесс нахождения $M_{\Phi \text{ПЭО}}$ с учетом (3.3) представляется в виде:

$$M_{\Phi \text{ПЭО}} = F_{\Phi \text{ПЭО}}^{\text{Предв}}(M_{\Phi \text{ПКЗ}}, M_{\Phi \text{ПЭЗ}}, M_{\Phi \text{ОП}}) \quad (3.22)$$

где $M_{\Phi \text{ПКЗ}}$ – примерные капитальные затраты (ПКЗ), $M_{\Phi \text{ПЭЗ}}$ – предварительные эксплуатационные затраты (ПЭЗ), $M_{\Phi \text{ОП}}$ – предварительная оценка прибыли (ОП). С учетом (3.18), обработку информации о $M_{\Phi \text{ПЭО}}$ в (3.22) можно представить в виде системы нечеткого вывода, описываемую выражением:

$$\bigcup_{p_{\text{ПЭО}}=1}^{\psi_{\text{ПЭО}}} \left[\bigcap_{i_{\text{ПЭО}}=1}^{n_{\text{ПЭО}}} \left(\varphi_{i_{\text{ПЭО}}} = t_{q_{\text{ПЭО}}}^{jp_{\text{ПЭО}}} \right) \right] \xRightarrow{\text{алгоритм Mamdani}} T_{\Phi_{\text{ПЭО}}}^{\text{нечет}} \xRightarrow{\text{Centroid}} M_{\Phi \text{ПЭО}} \quad (3.23)$$

Оценки $M_{\Phi ПКЗ}$, $M_{\Phi ПЭЗ}$, $M_{\Phi ОП}$ являются интегральными показателями, которые зависят от типа проекта, видов используемого оборудования и условий его эксплуатации. Численные характеристики данных оценок определяются на основе предварительных расчетов в процессе подготовки эскизного проекта. С учетом специфики СЭСС рассмотрим процессы обработки информации для получения данных более подробно.

Величина $M_{\Phi ПКЗ}$ зависит от оценки приблизительной стоимости оборудования $M_{\Phi ПСО}$, используемого в процессе реализации проекта СЭСС, оценки приблизительной стоимости монтажа оборудования $M_{\Phi ПСМО}$, приблизительной стоимости доставки оборудования от места его продажи до места монтажа $M_{\Phi ПСДО}$ и приблизительной оценки величины запаса средств $M_{\Phi ПЗС}$. Взаимное влияние данных факторов линейно и может быть описано в виде суммы:

$$M_{\Phi ПКЗ} = M_{\Phi ПСО} + M_{\Phi ПСМО} + M_{\Phi ПСДО} + M_{\Phi ПЗС} \quad (3.24)$$

Учитывая, что экспертная группа может расширить число оценок, влияющих на величину ожидаемых капитальных затрат, то соотношение (3.24) целесообразно представить в обобщенном виде:

$$M_{\Phi ПКЗ} = \sum_{i_{ПКЗ}}^{n_{ПКЗ}} M_{\Phi i_{ПКЗ}} \quad (3.25)$$

где $n_{ПКЗ}$ - количество оценок факторов, влияющих на оценку примерных капитальных затрат.

В рамках проводимых исследования, набор факторов влияющих на $M_{\Phi ПКЗ}$ ограничен соотношением (3.24). Величины оценок $M_{\Phi ПСМО}$, $M_{\Phi ПСДО}$, либо фиксированы и зависят от конъюнктуры рынка труда и рынка перевозок в заданном регионе. Величина $M_{\Phi ПЗС}$ зависит от суммы величин $M_{\Phi ПСМО}$, $M_{\Phi ПСДО}$, $M_{\Phi ПСО}$ (как правило, в пределах 5-10% от суммарного значения других оценок, влияющих на $M_{\Phi ПКЗ}$). Величина $M_{\Phi ПСО}$ зависит от входящих в него единиц оборудования для выполнения задач предоставления услуг проекта.

Учитывая анализ проектов в области построения СЭСС, количественно $M_{\Phi ПСО}$ можно определить при помощи выражения:

$$M_{\Phi ПСО} = \sum_{i_{ПСО}}^{n_{ПСО}} N_{Обi_{ПСО}} \cdot C_{Обi_{ПСО}} \quad (3.26)$$

где $N_{Обi_{ПСО}}$ - количество единиц однотипного оборудования, входящего в проект СЭСС, $C_{Обi_{ПСО}}$ - цена заданной единицы оборудования, $n_{ПСО}$ - количество разнотипных единиц оборудования, необходимых для реализации проекта СЭСС. Численные значения величин $N_{Обi_{ПСО}}$ и $C_{Обi_{ПСО}}$, а также технический состав оборудования зависит от:

- задания на подготовку проекта СЭСС,
- типа подсистемы, к которой относится проект.
- перечня норм, которым должен соответствовать проект.

Как описывалось в главе 1, в системе связи выделяются подсистема доступа (базовые станции, точки доступа), подсистема транспортной сети (волоконно-оптические и радиорелейные линии связи), подсистема управления (контроллеры, серверы, коммутаторы). Например, если поставлена задача подготовки проекта подсистемы доступа, то в качестве множества оценок исходных данных $M_{\Phi ИД}$ для определения $M_{\Phi ПСО}$ будут использованы: $M_{\Phi ПКА}$ – оценка предварительного количества абонентов, $M_{\Phi ПРЗО}$ – оценка предварительного размера зоны обслуживания, $M_{\Phi ПСД}$ – оценка предварительной скорости доступа абонента или групп абонентов к сети. Формально множество исходных данных это можно представить в виде:

$$M_{\Phi ИД} = \{M_{\Phi ПКА}, M_{\Phi ПРЗО}, M_{\Phi ПСД}\} \quad (3.27)$$

С использованием $M_{\Phi ПКА}$, $M_{\Phi ПРЗО}$, $M_{\Phi ПСД}$, эксперт, с опытом подготовки проектов СЭСС может определить примерный перечень и количество необходимого оборудования для реализации заданного проекта. После определения количества оборудования и, либо опираясь на собственный опыт, либо при помощи

базы данных, в которой указана стоимость оборудования с использованием соотношения (3.26) определяется примерная стоимость комплектующих для проекта СЭСС. Так же набор исходных данных из соотношения (3.27) используется во время расчета $M_{\Phi ПЭЗ}$ – ожидаемых эксплуатационных затрат и $M_{\Phi ОП}$ – ожидаемой прибыли проекта СЭСС.

Как правило $M_{\Phi ПЭЗ}$ определяется как сумма ожидаемых затрат на электроэнергию $M_{\Phi ОЗЭ}$, обслуживание $M_{\Phi ОЗО}$ и платы за расширение полосы канала арендуемого у оператора более высокого уровня $M_{\Phi ОАК}$:

$$M_{\Phi ПЭЗ} = M_{\Phi ОЗЭ} + M_{\Phi ОЗО} + M_{\Phi ОАК} \quad (3.28)$$

Учитывая, что экспертная группа может расширить число оценок, влияющих на величину ожидаемых эксплуатационных затрат, то соотношение (3.28) целесообразно представить в обобщенном виде:

$$M_{\Phi ПЭЗ} = \sum_{i_{ПЭЗ}}^{n_{ПЭЗ}} M_{\Phi i_{ПЭЗ}} \quad (3.29)$$

Величина $M_{\Phi ОП}$ определяется на основании предварительной оценки количества абонентов $M_{\Phi ПКА}$, оценки цены тарифных планов $M_{\Phi ТП}$ за единицу времени (как правило, 1 мес.), оценки примерной доли абонентов выбравших заданный тарифный план $M_{\Phi Доля}$, и срока за который планируется получить прибыль $M_{\Phi Срок}$ (как правило, 1 год – 12 мес.).

$$M_{\Phi ОП} = M_{\Phi Срок} \cdot \sum_{i_{ОП}}^{n_{ОП}} M_{\Phi ПКА} \cdot M_{\Phi ТП} \cdot M_{\Phi Доля} \quad (3.30)$$

Для целостного восприятия процесс работы алгоритма обработки разнородной информации для поддержки принятия решений во время получения предварительной оценки структурного элемента системы связи с учетом работы [86] целесообразно представить в виде IDEF0 диаграммы, показанной на рисунке 3.4. Промежуточные результаты СНВ, показанной на рисунке 3.5, получаемые при помощи соотношений (3.24 – 3.30) могут быть получены обычными вычислительными средствами, например, Mathcad, а для обработки информации по соот-

ношениям (3.18 – 3.23) нужны средства, поддерживающие использование методов нечеткого вывода. Примером программного обеспечения с учетом работы является пакет Matlab модулями FuzzyLogic Toolbox и Simulink.

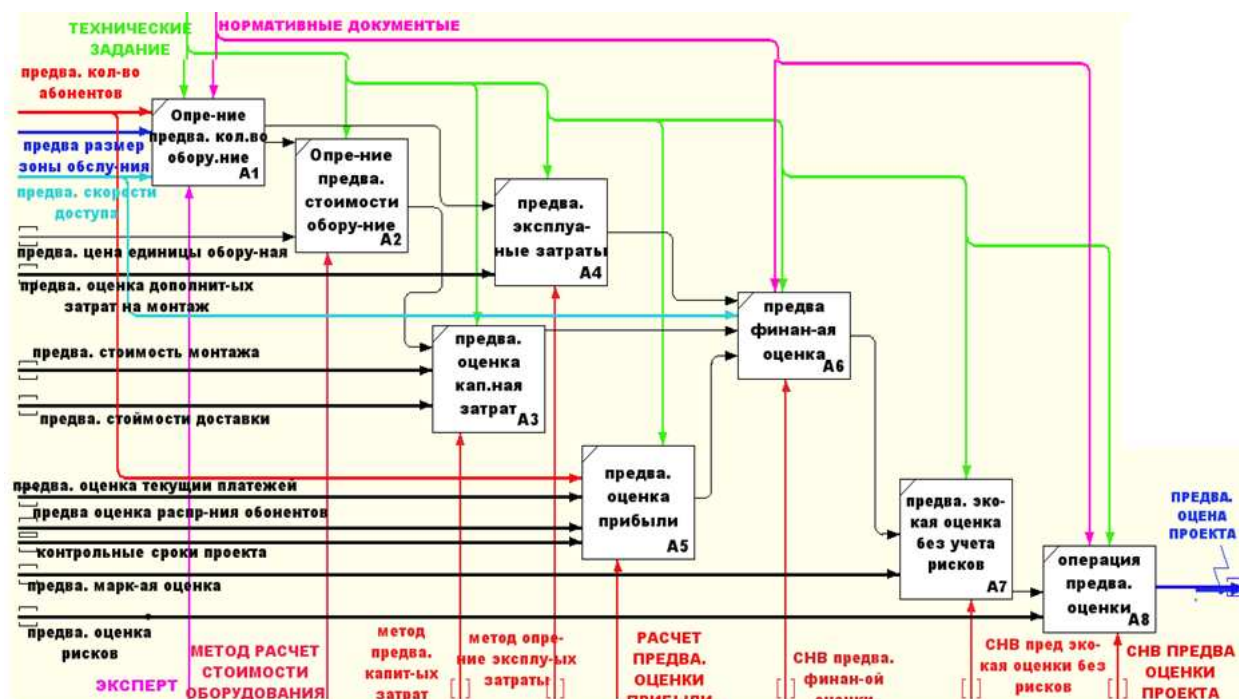


Рисунок 3.4 – Схема предварительной оценки структурного элемента системы связи в виде IDEF0 диаграммы

Реализация ИСНВ, используемой для обработки информации в процессе получения предварительной оценки показана на рисунке 3.5. Вид функций принадлежности переменных СНВ, используемых для нечеткого вывода приведен в приложении Г. Кроме того в результате обобщения экспертных мнений по влиянию значений входных переменных на промежуточные и итоговые результаты в виде базы знаний сформированы соответствующие графические зависимости, показанные на рисунке 3.6. На рисунке 3.6 а., приведена зависимость предварительной оценки без риска – $M_{\Phi ПОБР}$ от значений предварительной экономической оценки – $M_{\Phi ПЭО}$ и предварительной маркетинговой оценки – $M_{\Phi ПМО}$, а на рисунке 3.6 б., приведена зависимость предварительной оценки проекта $M_{\Phi Предв}$ от значений $M_{\Phi ПОБР}$ и предварительной оценки рисков $M_{\Phi ПОР}$.

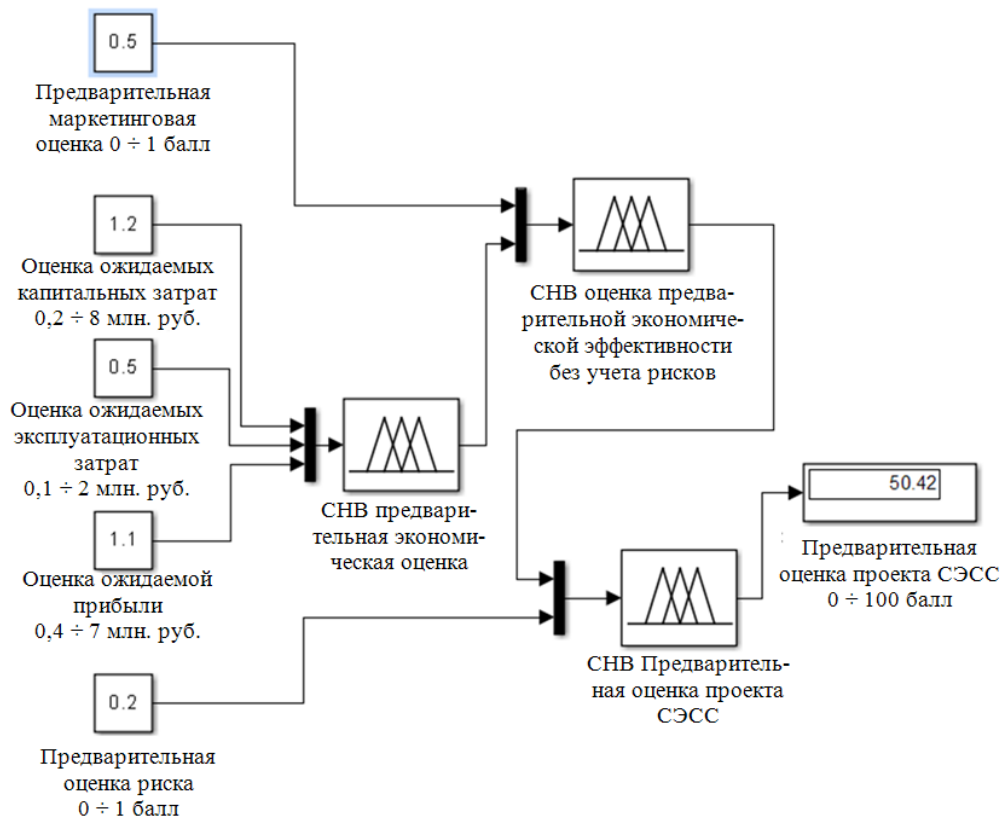


Рисунок 3.5 - Структура СНВ для предварительной оценки проекта СЭСС построенная в Matlab Simulink

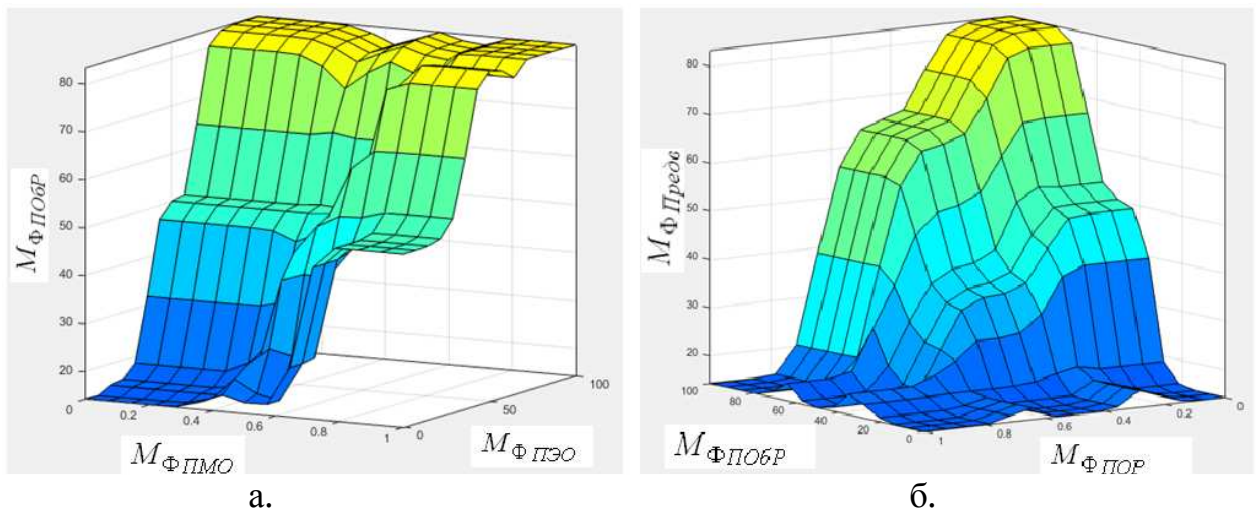


Рисунок 3.6 – Обобщенные зависимости значений выходных переменных от входных параметров во время предварительной оценки

Использование предварительной оценки позволяет:

- исключить из дальнейшего рассмотрения наименее целесообразные проекты, или

- определить проект, предварительная оценка которого показала наибольшую целесообразность внедрения.

Дальнейшим этапом работы является разработка алгоритма для поддержки принятия решений во время анализа проекта при получении окончательной оценки проекта СЭСС.

3.3 Разработка алгоритма для поддержки в принятии решений окончательной оценки проекта структурного элемента системы связи

В отличие от предварительной оценки, на завершающем этапе подготовки проекта известны большинство расчетных параметров, а именно:

- общая потребность в оборудовании – определена с учетом технических факторов, таких как дальность распространения сигнала, необходимая полоса пропускания каналов и т.д.,
- общий объем затрат на приобретение и строительство СЭСС, определяется с учетом цен производителей или дилеров оборудования, стоимости доставки, стоимости монтажа,
- затраты на содержание проекта в рамках затрат на заработную плату обслуживающего персонала, расходов на электроэнергию, арендных, налоговых платежей, выплат по пошлинам и т.д.
- имеются результаты прогнозирования входящих финансовых потоков в виде платы клиентов за оказанные услуги.

Для оценки финансовой эффективности проекта эти факторы обобщаются в виде интегральных показателей, в частности таких как:

- *чистый дисконтированный доход* – величина, показывающая сколько денег принесет проект за определенный период эксплуатации с учетом рас-

ходной и доходной частей проекта, а так же величины инфляции или ставки по кредиту, определяется из соотношения [23,37]:

$$NPV = \sum_{i=0}^n ((P_i - T_i) / (1 + r)^i) - K_o \quad (3.31)$$

где K_o – в капитальные вложения, в денежных единицах, например рублях или долларах США; P_i – ежегодная прибыль которую приносит проект, единица измерения аналогична K_o ; T_i – ежегодные текущие (эксплуатационные) расходы, единица измерения аналогична K_o ; r – величина учитываемая ставку по кредиту или ставку рефинансирования центрального банка государства – владельца валюты, в которой исчисляются финансовые показатели проекта, n – период планирования функционирования проекта, i – номер конкретного года из периода планирования функционирования проекта.

- *срок окупаемости проекта* – величина показывающая через какой промежуток времени доходы, получаемые от проекта превысят объемы затрат на проект, согласно работ [23,37] определяются из соотношения:

$$PP = [K_o / (\sum_{i=0}^n ((P_i - T_i) / (1 + r)^i))] \cdot n, \quad (3.32)$$

Ранее отмечалось, что на величину входных переменных могут влиять факторы учет и формализация которых классическими методами затруднена. Данные факторы могут оказывать положительное или отрицательное влияние на проект. алгоритме для определения предварительной оценки проекта СЭСС содержит показатели, связанные с маркетинговой оценкой и оценкой рисков. Однако, входные переменные в СНВ представлены в общем виде, что допустимо при предварительной оценке, на этапе окончательной оценки целесообразно уточнение факторов, влияющих на величину маркетинговой оценки и оценки рисков. Аналогично (3.18 – 3.23), формальное описание совокупности СНВ, используемых для окончательной оценки целесообразно представить в виде соотношений:

$$M_{\Phi_{Оконч.}} = F_{Общ}^{Оконч.} \cdot (M_{\Phi_{ЭОБР}}, M_{\Phi_{ОРП}}) \quad (3.33)$$

где $M_{\Phi \text{ЭОБР}}$ – экономическая оценка проекта СЭСС без учета рисков, $M_{\Phi \text{ОРП}}$ – оценка рисков проекта. С учетом (3.13), обработку информации о $M_{\Phi \text{Оконч}}$ в (3.33) можно представить в виде системы нечеткого вывода, описываемую выражением:

$$\bigcup_{p_{\text{Оконч}}=1}^{\psi_{\text{Оконч}}} \left[\bigcap_{i_{\text{Оконч}}=1}^{n_{\text{Оконч}}} (\varphi_{i_{\text{Оконч}}} = t_{q_{\text{Оконч}}}^{jp_{\text{Оконч}}}) \right] \xRightarrow{\text{алгоритм Mamdani}} T_{\Phi_{\text{Оконч}}}^{\text{нечет}} \xRightarrow{\text{Centroid}} M_{\Phi_{\text{Оконч}}}^{\text{чет}} \quad (3.34)$$

где $\varphi_{i_{\text{Оконч}}}$ – факторы описывающие значения $M_{\Phi \text{ЭОБР}}$ и $M_{\Phi \text{ОРП}}$, а $t_{q_{\text{Оконч}}}^{jp_{\text{Оконч}}}$ – значения их термов, $T_{\Phi_{\text{Оконч}}}^{\text{нечет}}$ – нечеткое значение окончательной оценки.

Для определения экономической оценки проекта без учета риска – $M_{\Phi \text{ЭОБР}}$ обрабатывается информация о финансовом результате проекта $M_{\Phi \text{ОФР}}$ и маркетинговой оценки проекта $M_{\Phi \text{МО}}$:

$$M_{\Phi \text{ЭОБР}} = F_{\text{ЭОБР}}^{\text{Оконч}} \cdot (M_{\Phi \text{ОФР}}, M_{\Phi \text{МО}}) \quad (3.35)$$

С учетом (3.13), обработку информации о $M_{\Phi \text{ЭОБР}}$ в (3.35) можно представить в виде системы нечеткого вывода, описываемую выражением:

$$\bigcup_{p_{\text{ЭОБР}}=1}^{\psi_{\text{ЭОБР}}} \left[\bigcap_{i_{\text{ЭОБР}}=1}^{n_{\text{ЭОБР}}} (\varphi_{i_{\text{ЭОБР}}} = t_{q_{\text{ЭОБР}}}^{jp_{\text{ЭОБР}}}) \right] \xRightarrow{\text{алгоритм Mamdani}} T_{\Phi_{\text{ЭОБР}}}^{\text{нечет}} \xRightarrow{\text{Centroid}} M_{\Phi_{\text{ЭОБР}}}^{\text{чет}}, \quad (3.36)$$

где $\varphi_{i_{\text{ЭОБР}}}$ – факторы описывающие значения $M_{\Phi \text{ОФР}}$ и $M_{\Phi \text{ЭОБР}}$, а $t_{q_{\text{ЭОБР}}}^{jp_{\text{ЭОБР}}}$ – значения из термов, $T_{\Phi_{\text{ЭОБР}}}^{\text{нечет}}$ – нечеткое значение экономической оценки без рисков.

Оценка финансового результата деятельности проекта в рамках алгоритма осуществляется при помощи соотношения:

$$M_{\Phi \text{ОФР}} = F_{\text{ОФР}}^{\text{Оконч}} \cdot (M_{\Phi \text{NPV}}, M_{\Phi \text{PP}}) \quad (3.37)$$

где $M_{\Phi \text{NPV}}$ – оценка чистого дисконтированного дохода, $M_{\Phi \text{PP}}$ – оценка срока окупаемости проекта СЭСС.

С учетом (3.13), обработку информации о $M_{\Phi_{O\Phi P}}$ в (3.37) можно представить в виде системы нечеткого вывода, описываемую выражением:

$$\bigcup_{p_{O\Phi P}=1}^{\psi_{O\Phi P}} \left[\bigcap_{i_{O\Phi P}=1}^{n_{O\Phi P}} (\varphi_{i_{O\Phi P}} = t_{q_{O\Phi P}}^{jp_{O\Phi P}}) \right] \xRightarrow{\text{алгоритм Mamdani}} T_{\Phi_{O\Phi P}}^{\text{нечет}} \xRightarrow{\text{Centroid}} M_{\Phi_{O\Phi P}}^{\text{чет}}, \quad (3.38)$$

где $\varphi_{i_{O\Phi P}}$ - факторы описывающие значения $M_{\Phi_{NPV}}$ и $M_{\Phi_{PP}}$, а $t_{q_{O\Phi P}}^{jp_{O\Phi P}}$ - значения из термов, $T_{\Phi_{O\Phi P}}^{\text{нечет}}$ – нечеткое значение оценки финансового результата проекта.

Определение маркетинговой оценки проекта в рамках предлагаемой СНВ осуществляется при помощи соотношения:

$$M_{\Phi_{MO}} = F_{\Phi_{MO}}^{\text{Оконч.}}(M_{\Phi_{OHT}}, M_{\Phi_{OCЭ}}) \quad (3.39)$$

где $M_{\Phi_{OHT}}$ – оценка новизны технологий, используемых в проекте, $M_{\Phi_{OCЭ}}$ – оценка социального эффекта проекта СЭСС. $M_{\Phi_{OHT}}$ с учетом работ [7,23,41] оценивает, насколько технологии проекта позволяют качественно улучшить оказываемые услуги или уменьшить затраты потребителя на получение услуг с прежним уровнем качества. $M_{\Phi_{OCЭ}}$ оценивает, насколько проект позволяет решить потребителю задачи связанные с повышением безопасности и качества жизни, улучшить условия труда, разнообразить досуг. С учетом (3.13), обработку информации $M_{\Phi_{MO}}$ в (3.39) можно представить в виде системы нечеткого вывода, описываемую выражением:

$$\bigcup_{p_{MO}=1}^{\psi_{MO}} \left[\bigcap_{i_{MO}=1}^{n_{MO}} (\varphi_{i_{MO}} = t_{q_{MO}}^{jp_{MO}}) \right] \xRightarrow{\text{алгоритм Mamdani}} T_{\Phi_{MO}}^{\text{нечет}} \xRightarrow{\text{Centroid}} M_{\Phi_{MO}}, \quad (3.40)$$

где $\varphi_{i_{MO}}$ - факторы описывающие значения $M_{\Phi_{OHT}}$ и $M_{\Phi_{OCЭ}}$, а $t_{q_{MO}}^{jp_{MO}}$ - значения их термов, $T_{\Phi_{MO}}^{\text{нечет}}$ – нечеткое значение маркетинговой оценки.

Определение оценки рисков проекта в рамках предлагаемой СНВ осуществляется при помощи соотношения:

$$M_{\Phi_{ОРП}} = F_{\Phi_{ОРП}}^{Оконч} \cdot (M_{\Phi_{РНЦП}}, M_{\Phi_{РПЗП}}, M_{\Phi_{РНСП}}) \quad (3.41)$$

где $M_{\Phi_{РНЦП}}$ – оценка риска не достижения целей проекта СЭСС в установленные сроки, $M_{\Phi_{РПЗП}}$ – оценка риска превышения затрат на проект, $M_{\Phi_{РНСП}}$ – оценка риска невыполнения сроков реализации проекта. $M_{\Phi_{РНЦП}}$ – связана с не достижением числа клиентов, необходимого для прохождения точки безубыточности проекта в заданные сроки, что связано с неадекватной оценкой доходов потребителей, объемом целевой аудитории, конкурентной обстановки. $M_{\Phi_{РПЗП}}$ – связана с ненадежностью поставщиков и подрядных организаций, а также уровня компетенций и прилежания собственных сотрудников компании, влиянием природных факторов, затрудняющих реализацию проекта, политические риски, связанные с изменением лояльности органов власти к реализуемым проектам. $M_{\Phi_{РНСП}}$ – связана с изменением состояния валютных рынков, рынков привлечения заемных средств, увеличением затрат на проведение мероприятий по компенсации других видов негативных воздействий на процесс реализации и эксплуатации проекта. С учетом (3.13), обработку информации $M_{\Phi_{ОРП}}$ в (3.41) можно представить в виде системы нечеткого вывода, описываемую выражением:

$$\bigcup_{РОРП=1}^{\Psi_{ОРП}} \left[\bigcap_{i_{ОРП}=1}^{n_{ОРП}} (\varphi_{i_{ОРП}} = t_{q_{ОРП}}^{j_{РОРП}}) \right] \xRightarrow{\text{алгоритм Mamdani}} T_{\Phi_{ОРП}}^{\text{нечет}} \xRightarrow{\text{Centroid}} M_{\Phi_{ОРП}}, \quad (3.42)$$

где $\varphi_{i_{ОРП}}$ – факторы описывающие значения $M_{\Phi_{ОНЦП}}$, $M_{\Phi_{РПЗП}}$ и $M_{\Phi_{РНСП}}$, $t_{q_{ОРП}}^{j_{РОРП}}$ – значения их термов, $T_{\Phi_{ОРП}}^{\text{нечет}}$ – нечеткое значение оценки рисков.

Анализируя соотношения (3.31-3.37) видно, что четкую размерность имеют оценки в соотношении (3.34) – оценка чистого дисконтированного дохода $M_{\Phi_{NPV}}$ и оценка срока окупаемости $M_{\Phi_{РР}}$. Для любого проекта эти показатели являются интегрированными, отображающими влияние нескольких факторов, связанных с деятельностью проекта. Как указано в соотношениях (3.31, 3.32) $M_{\Phi_{NPV}}$ и $M_{\Phi_{РР}}$ зависят от таких факторов как капитальные затраты, текущих (эксплуатационных)

затрат и прибыли проекта потоков, в рамках алгоритма предлагается данные параметры описать в виде $M_{\Phi K3}$, $M_{\Phi T3}$, $M_{\Phi III}$ соответственно. На величину $M_{\Phi K3}$, аналогично (3.24) влияют оценка стоимости оборудования $M_{\Phi CO}$, используемого в процессе реализации проекта СЭСС, оценки стоимости монтажа оборудования $M_{\Phi MO}$, стоимости доставки оборудования от места его продажи до места монтажа $M_{\Phi ДО}$ и оценки величины дополнительных затрат $M_{\Phi ДЗ}$. Взаимное влияние данных факторов может быть описано в виде суммы, аналогично (3.24):

$$M_{\Phi K3} = M_{\Phi CO} + M_{\Phi ДО} + M_{\Phi MO} + M_{\Phi ДЗ} \quad (3.43)$$

В зависимости от типа проекта возможно добавление оценок других факторов, влияющих на величину капитальных затрат, поэтому в общем виде, (3.29), аналогично (3.25) представляется в виде:

$$M_{\Phi K3} = \sum_{i_{K3}}^{n_{K3}} M_{\Phi i_{K3}} \quad (3.44)$$

где n_{K3} - количество факторов, влияющих на капитальные затраты.

Применительно к (3.43) величина $M_{\Phi CO}$ определяется на основании потребности в единицах оборудования и расходных материалов, которые получены на основании технических расчетов с учетом задания на подготовку проекта, типа проекта и величины исходных данных. Если проект относится к построению подсистемы доступа, то основными исходными данными является оценка количества абонентов $M_{\Phi KA}$, распределение полос пропускания каналов между абонентами в зависимости от типов тарифных планов $M_{\Phi ТП}$, размер зоны обслуживания сети $M_{\Phi ZO}$. Множество данных для оценки капитальных затрат имеет вид:

$$M_{\Phi ИД} = \{M_{\Phi KA}, M_{\Phi ZO}, M_{\Phi ТП}\} \quad (3.45)$$

Аналогично (3.26) величину $M_{\Phi CO}$ можно определить из выражения:

$$M_{\Phi CO} = \sum_{i_{CO}}^{n_{CO}} N_{Обi_{CO}} \cdot C_{Обi_{CO}} \quad (3.46)$$

где $N_{об\ i\ CO}$ - количество единиц однотипного оборудования, входящего в проект СЭСС, $C_{об\ i\ CO}$ - цена единицы оборудования, n_{CO} - количество разнотипных единиц оборудования, необходимых для реализации проекта СЭСС.

Применительно к оценкам затрат на монтаж - $M_{\Phi\ MO}$ и доставку - $M_{\Phi\ ДО}$ оборудования с учетом работ [23-26,37] возможны два варианта:

- параметры определяются с учетом нормированных коэффициентов, показывающих зависимость стоимости монтажа и доставки оборудования от его стоимости, что в современных условиях не оправданно,
- величины оценок определяются при помощи согласования стоимости доставки с транспортной компанией (или компаниями) для $M_{\Phi\ ДО}$ или с подрядными монтажными организациями для $M_{\Phi\ MO}$.

Определение $M_{\Phi\ ДО}$ и $M_{\Phi\ MO}$ можно представить в виде:

$$M_{\Phi\ ДО} = \sum_{i_{ДО}}^{n_{ДО}} N_{об\ i\ ДО} \cdot C_{об\ i\ ДО} \quad (3.47)$$

где $N_{об\ i\ ДО}$ - количество единиц оборудования в одном доставляемом грузоместе, $C_{об\ i\ ДО}$ - цена заданного грузоместа, $n_{ДО}$ - количество грузомест, необходимых для доставки оборудования к месту реализации проекта СЭСС.

$$M_{\Phi\ MO} = \sum_{i_{МО}}^{n_{МО}} N_{об\ i\ МО} \cdot C_{об\ i\ МО} \quad (3.48)$$

где $N_{об\ i\ МО}$ - количество единиц оборудования в одном пакете заказа на монтаж, $C_{об\ i\ МО}$ - затраты на выполнение одного пакета заказа, $n_{МО}$ - количество пакетов заказов на монтаж оборудования в рамках проекта СЭСС.

С использованием исходных данных, указанных во множестве (3.45), определяются соотношения для определения оценок, связанных с определением текущих (эксплуатационных) затрат $M_{\Phi\ ЭЭ}$ и величины прибыли проекта $M_{\Phi\ ПП}$. Оценка эксплуатационных затрат $M_{\Phi\ ЭЭ}$ определяется как сумма затрат на потребляемую электроэнергию $M_{\Phi\ ЭП}$, затрат обслуживание $M_{\Phi\ ЗО}$, платы за аренду

трафика у оператора более высокого уровня $M_{\Phi AT}$, оплата за аренду мест расположения оборудования $M_{\Phi AMO}$, величина налоговых платежей связанных с имуществом на балансе оператора связи $M_{\Phi НП}$:

$$M_{\Phi ЭЗ} = M_{\Phi ЭП} + M_{\Phi ЗО} + M_{\Phi AT} + M_{\Phi AMO} + M_{\Phi НП} \quad (3.49)$$

Учитывая, что возможно расширение оценок для определения эксплуатационных затрат, то (3.49) целесообразно представить в обобщенном виде:

$$M_{\Phi ЭЗ} = \sum_{i_{ЭЗ}}^{n_{ЭЗ}} M_{\Phi i_{ЭЗ}} \quad (3.50)$$

где $n_{ЭЗ}$ - количество оценок для определения эксплуатационных затрат.

Величина $M_{\Phi ПП}$ определяется на основании прогнозирования общего количества абонентов $M_{\Phi КА}$ в месте реализации проекта СЭСС, с учетом конкурентной и платежеспособной ситуации, а также определяются доли распределения тарифных планов внутри группы потенциальных абонентов – $N_{\Phi ТП}$. Учитывая, что взимание абонентской платы $M_{\Phi АП}$ за использование услуг в рамках традиционно осуществляется с периодичностью в 1 мес. то дополнительно устанавливается контрольный срок $M_{\Phi КС}$ за который фиксируется прибыль проекта СЭСС (как правило длительность $M_{\Phi КС}$ составляет 1 год - 12 месяцев). Формально можно описать в виде соотношения:

$$M_{\Phi ПП} = M_{\Phi КС} \cdot \sum_{i_{ПП}}^{n_{ПП}} M_{\Phi КА} \cdot N_{\Phi ТП} \cdot M_{\Phi АП} \quad (3.51)$$

Для более целостного восприятия процесс работы алгоритма обработки информации в численной и вербальной формах для получения окончательной оценки проекте СЭСС, с учетом работы [86], целесообразно представить в виде IDEF0 диаграммы, показанной на рисунке 3.7.

Информация для получения результатов по соотношениям (3.43-3.51) может быть обработана средствами программ аналогичных Mathcad, для обработки информации по соотношениям (3.33 – 3.41) нужны средства, поддерживающие обработку информации с использованием методов нечеткого вывода.

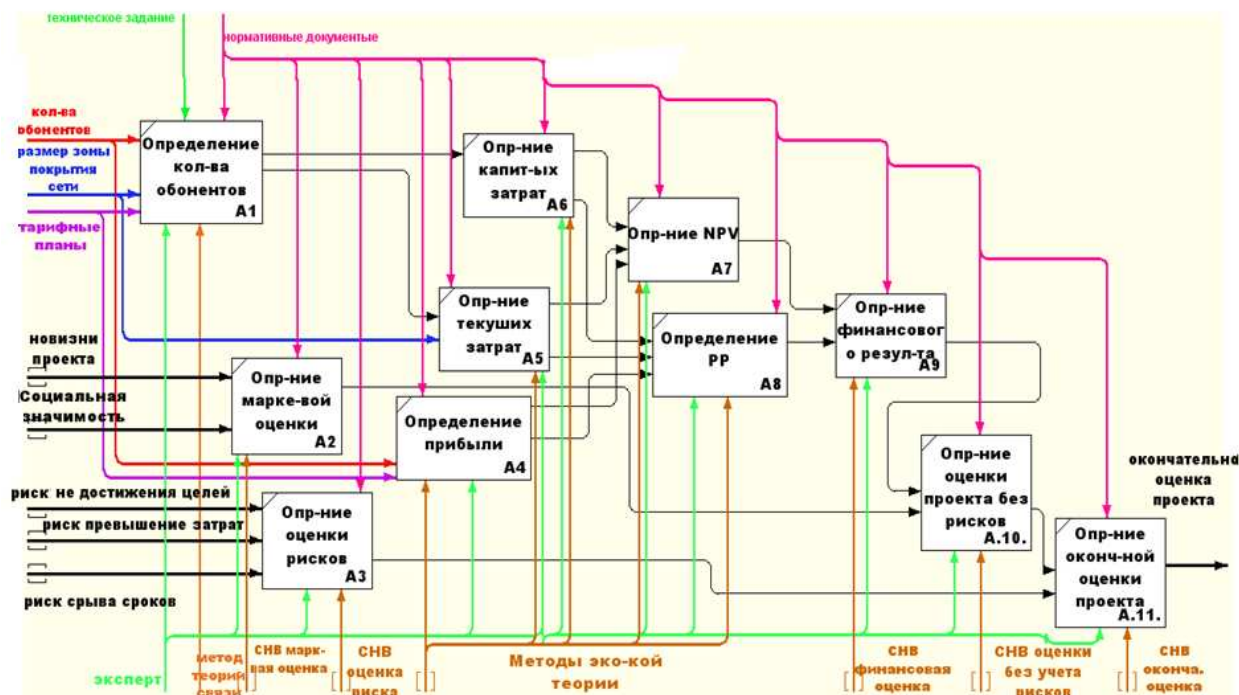


Рисунок 3.7 - Схема окончательной оценки проекта структурного элемента системы связи в виде IDEF0 диаграммы

Примером такого программного обеспечения является Matlab. Для реализации СНВ, заложенной в алгоритм, для каждой переменной сформировано множество термов и функций принадлежности, которые показаны в приложении Д. С учетом (3.34 – 3.38) для обработки информации и получения окончательной оценки проекта СЭСС используется пять подсистем нечеткого вывода. Реализация средствами Matlab Simukink ИСНВ для окончательной оценки проекта СЭСС показана на рисунке 3.8.

В результате обобщения экспертных мнений по влиянию значений входных переменных на промежуточные и итоговый результаты в виде базы знаний сформированы соответствующие графические зависимости, показанные на рисунке 3.9. На рисунке 3.9 а., приведена зависимость маркетинговой оценки проекта – $M_{\Phi MO}$ от значений оценки социальной эффективности – $M_{\Phi ОСЭ}$ и оценки новизны технологий – $M_{\Phi ОНТ}$, на рисунке 3.9 б., приведена зависимость экономической оценки без риска $M_{\Phi ЭОБР}$ от значений $M_{\Phi MO}$ и оценки финансового ре-

зультата проекта $M_{\Phi OFP}$, на рисунке 3.9 в., приведена зависимость окончательной оценки проекта $M_{\Phi Оконч.}$ от оценки рисков проекта – $M_{\Phi ОРП}$ и $M_{\Phi ЭобР}$.

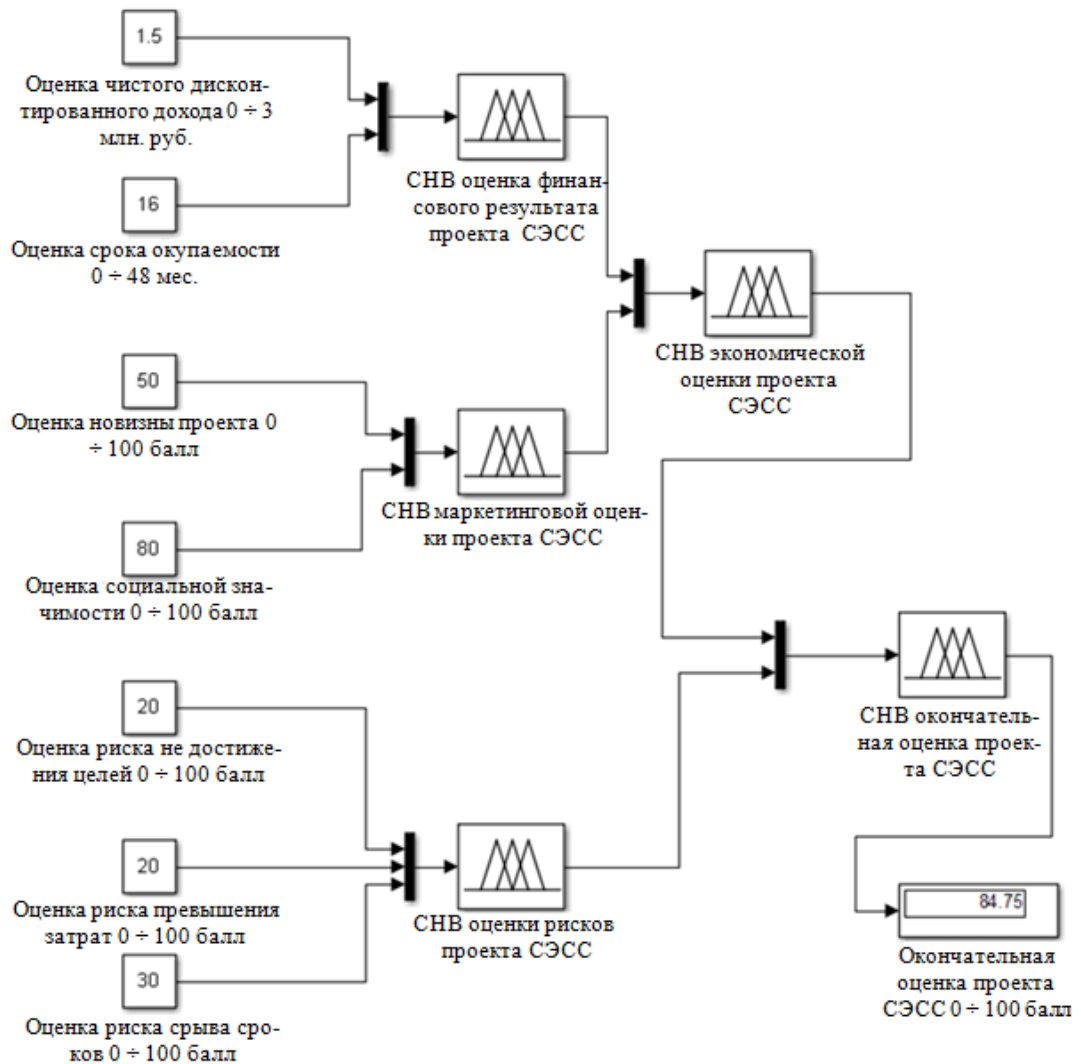


Рисунок 3.8 - Структура СНВ для окончательной оценки проекта СЭСС полученная в Simulink

Ограничения и проверка адекватности СНВ, аналогичны СНВ для определения предварительной оценки проекта СЭСС и описаны в подразделе 3.2.

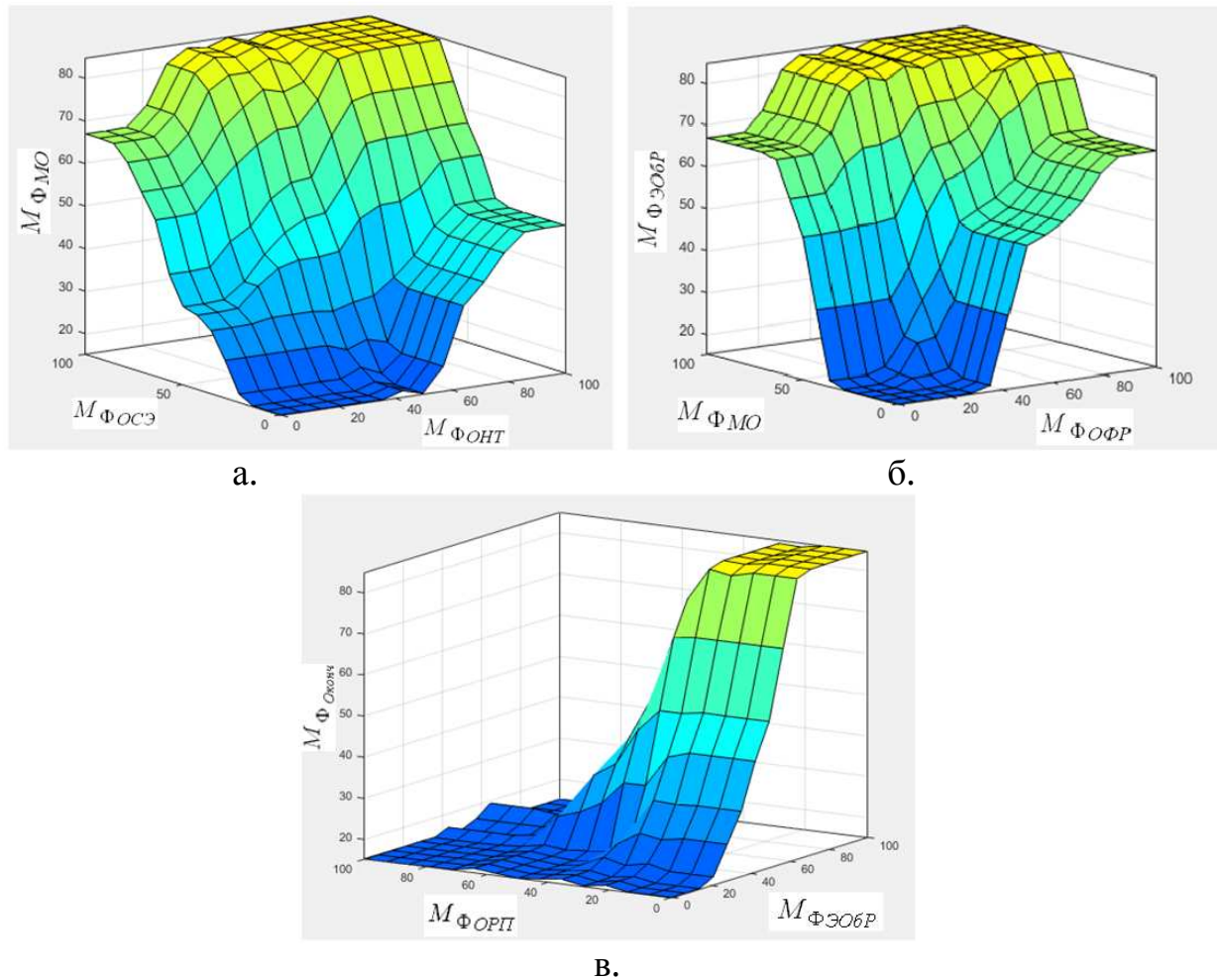


Рисунок 3.9 - Обобщенные зависимости значений выходных переменных от входных параметров во время окончательной оценки

Обобщая изложенный материал, полученные результаты позволяют проводить окончательную оценку проекта СЭСС на завершающей стадии проектирования. Подобная оценка учитывает технические, финансовые показатели и показатели, связанные с маркетинговой оценкой и рисками проекта.

3.4 Выводы по главе

Для поддержки принятия решений во время анализа и подготовки проектов структурных элементов системы связи предложены алгоритмы позволяющие сформировать комплексную предварительную и окончательную оценки.

В качестве основополагающих математических методов для алгоритмов выбран аппарат теории нечетких множеств и нечеткой логики. Выбор математического аппарата вызван необходимостью учитывать взаимное влияние факторов имеющих как качественную так и количественную оценку.

В результате обработки информации, полученной от экспертов обобщены зависимости влияния технико-экономических и социальных факторов на общую оценку проектов СЭСС, что позволяет находить подходящие решения в зависимости от значений входных параметров

Системы нечеткого вывода, заложенные в основу работы алгоритмов обработки информации реализованы в среде Matlab при помощи приложений FuzzyLogicToolbox и Simulink. По результатам исследования получено свидетельство о регистрации базы данных нечетких правил (№ 2016620273) [79] и программы для ЭВМ (№ 2016615349) [80], опубликовано три статьи в журнале по перечню ВАК [85,86,104], сделано три доклада на международных конференциях [103,105,107, 108].

Использование разработанных алгоритмов позволяет выполнять предварительную и окончательную оценку проектов СЭСС с учетом влияния социальных, экономических и технических факторов.

4. РЕКОМЕНДАЦИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ПРОВЕРКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРЕДЛОЖЕННЫХ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ПОЛОЖЕНИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПРОЕКТОВ СТРУКТУРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМ СВЯЗИ

Завершающим этапом работы является описание рекомендаций по практическому использованию предложенных теоретических положений для внедрения в производственную деятельность операторов связи и оценка достоверности результатов оценок, выдаваемых разработанными алгоритмами и системами нечеткого вывода. Таким образом, задачами главы является:

1. Разработать рекомендации внедрения методики обработки интегрированной информации, предоставленной в числовой и вербальной формах для оценивания проектов структурных элементов систем связи и алгоритмов оценки проектов СЭСС ориентированные на использование в производственной деятельности операторов связи, работающих в условиях регионов с развитыми и развивающимися экономическими отношениями;
2. Проверить достоверность рекомендаций, выдаваемых алгоритмами оценки проектов СЭСС, за счет анализа проектов которые были разработаны и в зависимости от действий ЛПР операторов внедрены или отклонены для внедрения.

4.1 Рекомендации по использованию методики обработки интегрированной информации и алгоритмов оценки проекта структурного элемента систем связи

Одним из наиболее сложных этапов предложенной методики и моделей алгоритмов является проведение оценки качественных показателей и распределение диапазонов значения количественных показателей между разными термами нечеткой модели. Ограничение в данном случае связаны с субъективными уровнями оценки показателя различными экспертными группами. С другой стороны на обработку "четких" показателей в процессе выполнения расчетов по подготовке рабочего проекта накладываются ограничения по скорости расчетов и относительной простоте их выполнения. Таким образом, задачу разработки рекомендаций по использованию методики обработки интегрированной информации, предоставленную в числовой и вербальной формах по оцениванию проектов СЭСС и алгоритмов оценки проектов СЭСС целесообразно разбить на две подзадачи:

1. Разработки рекомендаций по обработке информации связанной с работой экспертов,
2. Выбор теоретических соотношений и методов оценки достоверности результатов расчета ориентированных на использование в области формирования структурных систем связи.

В рамках разработанных методик привлечение группы экспертов (*EG*, от англ. Expert Group) рекомендуется на следующих этапах:

- формирования перечня предпочтительных источников, на основе которых создается общая база данных,
- формирования перечня альтернативных проектов,
- разработке шкал, а при необходимости и уровней значимости, оцениваемых параметров,
- проведения оценки качественных показателей во время выполнения предварительной и окончательной оценок.

Кроме экспертов на начальном этапе внедрения методики и алгоритмов с учетом работы [67,103,106] рекомендуется сформировать дополнительную группу специалистов (группа обеспечения, *PG* , от англ. Providing Group), которая будет выполнять функции:

- по формированию экспертной группы,
- проводить подготовительные работы, связанные с информационным обеспечением,
- если это будет необходимо, проводить оценку результатов обработки экспертной информации и готовить окончательный отчет экспертного мнения по решению задачи соответствующего этапа.

Для окончательного принятия решения о внедрении проекта рекомендуется сформировать коллективное лицо принимающее решение (КЛПР) - *MG* , от англ. Management Group. КЛПР представляющее собой группу менеджеров, ответственных работу компании во главе с председателем. В случае небольшой компании роль КЛПР может выполнять один человек - руководитель, технический или коммерческий директор компании (филиала компании).

Формально состав рабочей группы *WG* , от англ. Work Group, можно представить как объединение множеств:

$$WG = EG \cup PG \cup MG, \quad (4.1)$$

Рекомендуется, чтобы множества *EG, PG, MG* изначально не пересекались.

Формирование группы экспертов целесообразно привлечение специалистов из областей к которым относятся входные переменные систем нечеткого вывода и алгоритмов, а именно:

- область подготовки бизнес-планов *EBP* ,
- область эксплуатации структурных объектов по передачи и обработки информации *EEO* ,
- область продвижения услуг *EPS*,
- область управления рисками по продвижению услуг населению и строительству инфраструктурных объектов *ERM*

В качестве ограничения целесообразно наложить условие:

- предпочтение специалистам имеющим практический опыт реализации инфокоммуникационных проектов, в странах с развивающимися экономиками (если внедрение происходит у оператора, работающего в подобных странах и регионах),
- опыт работы в предметной области – *WE* (анг. Work experience) рекомендуется не менее 5 лет,
- знание английского (или французского языка) – *ForLang* (анг. foreign language) в свободной форме – *FL* (анг. free level),
- общее количество экспертов по каждой группе вопросов не менее 10 человек.

Формально требование к формированию группы экспертов можно представить в виде соотношения:

$$EG = EBP \cup EEO \cup EPS \cup ERM \quad (4.2)$$

Формирование экспертной группы на начальной стадии возможно при помощи рекомендаций КЛПР с последующим набором по методу "Снежного кома" [67], когда каждый эксперт рекомендует еще несколько экспертов, кандидатуры которых рассматриваются группой обеспечения.

Взаимодействие экспертов рекомендуется проводить во время предварительной оценки либо по заочно-анонимной, либо заочно не анонимной форме, на этапе окончательной оценки рекомендуется очное общение с ограничением, так же возможно использования метода Дельфи [67,106]

В состав группы обеспечения *PG* рекомендуется включение технических специалистов в области интерпретации и обработки информации, а также из области коммуникаций, для упрощения взаимодействия экспертов. Одной из важных задач группы обеспечения является предоставление экспертам наиболее полной информации о состоянии проекта на заданном этапе и подготовка опросных листов, указание оценочных значений термов входящих переменных СНВ имеющих изначально качественную характеристику. Подготовка описания расширен-

ных значений термов применительно к заданным переменным. Применительно к ИСНВ, входящей в алгоритм для предварительной оценки, обозначение и описание термов переменных имеющих изначально качественные значения приведены в приложении Е. Применительно к ИСНВ, входящей в алгоритм для окончательной оценки, обозначение и описание термов переменных имеющих изначально качественные значения приведены в приложении Ж. Основные результаты по формированию экспертной группы для оценки проектов структурных элементов систем связи представлены в работе [106].

В процессе эксплуатации алгоритмов, с учетом мнений экспертной группы, число термов, область их значений и описания событий может корректироваться.

Формирование множества альтернативных проектов возможно при помощи организации работы экспертной группы по принципу "Мозгового штурма". При этом, кроме традиционных ограничений данного метода взаимодействия с экспертами следует наложить ограничения связанные

- либо с необходимостью предлагать проекты, реализация которых возможна с использованием оборудования, находящегося в исходной базе данных, при выполнении ограничений описываемых функционалом (1.6) связанным с принадлежностью проектов, реализация которых технически возможна,
- либо выдвинуть основание на расширение исходной базы данных оборудования на основании которого формируется проект СЭСС.

Взаимодействие экспертов рекомендуется проводить в очной форме в процессе личного общения, либо общения с использованием средств электронной коммуникации (социальная сеть, IP телефония).

Для проведения оценки проекта СЭСС по техническим характеристикам в ходе выполнения соответствующих этапов методики обработки экспертной информации, предоставленную в числовой и вербальной формах по оцениванию проектов СЭСС рекомендуется использования известных теоретических методов и моделей из области телекоммуникаций. Учитывая рыночные тенденции, а так-

же, что результаты диссертации будут использованы в том числе и в процессе ведения хозяйственной деятельности в странах с развивающейся экономикой (в частности респ. Чад), то в роли основных источников теоретических положений, с учетом работ [71,88,111,114,118,119] рекомендованы из областей по определению:

- размеров зоны покрытия при заданных параметрах оборудования подсистемы доступа беспроводных систем связи и абонентов, с учетом особенностей рельефа местности [63,65,71,88,129,132],
- надежности и протяженности участков транспортной сети построенных на основе радиорелейных или волоконно-оптических линий передачи [118].

При условии выполнения допущения, что вопросы обеспечения электромагнитной совместимости уже соблюдены. Для получения более подробной информации о конкретном виде теоретических соотношений рекомендуется обратиться к работам [71,88,129,132]. Некоторые теоретические соотношения приведены в приложении 3.

Для более полной оценки эффективности работы систем по техническим характеристикам разрабатываются специальные программные пакеты, которые содержат множество методов, которые воспроизводят:

- работу оборудования,
- среду распространения сигнала,
- алгоритмы работы протоколов передачи информации,
- типичные нештатные ситуации,
- различные приложения,
- модели поведения абонентов и т.д.

В комплект подобных программных средств входят среды визуализации эксперимента и среда количественной оценки результатов моделирования с их представлением в форме, удобной для анализа эффективности работы системы. Ограничением средств имитационного моделирования является большие времен-

ные затраты на проведение эксперимента, относительно способах, основанных на методах аналитического моделирования.

С учетом данного факта в разработанном способе поддержки принятия решений в процессе проектирования систем связи на начальном этапе подготовки рабочего проекта используются средства аналитического моделирования, а после того, как результаты расчета пройдут проверку, проводится имитационное моделирование. И если аналитическое моделирование в рамках разработанного способа используется для проведения принципиальной оценки работоспособности системы, то имитационное моделирование используется для оценки эффективности передачи трафика определенных видов сервисов. По завершению имитационного моделирования проводится сравнение полученных результатов с нормированными характеристиками QoS (анг. Quality of Service). В рамках проводимых исследований, с учетом работы [76,77,109,111] в качестве оцениваемых параметров рекомендуется использование

- задержки доставки пакета от отправителя к получателю,
- вероятности потери информационного пакета в процессе передачи.

Для проведения имитационного моделирования систем связи разработано большее количество разнообразных программных средств, среди которых можно выделить Opnet Modeler и Network Simulator (NS-2).

Opnet Modeler наиболее функциональный, имеет удобный интерфейс взаимодействия с пользователем, но достаточно дорогой, и особенности лицензии ограничивают самостоятельную доработку модулей под нужды определенного пользователя [82,90].

Network Simulator (NS-2), по функциональным возможностям близок к Opnet Modeler, распространяется на основе открытых лицензий, что позволяет его использовать бесплатно, и при необходимости проводить модернизацию отдельных модулей под нужды определенного пользователя, в число ограничений NS-2 входит неудобный интерфейс взаимодействия с пользователем, необходимость использования дополнительных программных средств для визуализации и обра-

ботки результатов моделирования. Учитывая ограничения в финансовых возможностях многих компаний стран с развивающейся экономикой принято решение предложить типовой шаблон для моделирования систем связи средствами программного пакета NS-2 [64,66,82].

Основываясь на опыте внедрения и использования программного пакета Network Simulator в Астраханском государственном техническом университете, для обработки результатов моделирования рекомендуется использование программного пакета TraceGraph, а для визуализации топологии программа Network Animator [64,66]. Пример типового скрипта, описывающего работу сети из семи узлов приведен в приложении И.

По завершению оценки результатов имитационного моделирования проводится оценка экономической эффективности, завершающим этапом которой является определение чистого дисконтированного дохода и сроков окупаемости проекта СЭСС. Затем с учетом рекомендаций приведенных в таблице Ж.1, приложения Ж и при помощи алгоритма, описанного в разделе 3.4, проводится окончательная оценка проекта СЭСС. После чего ЛПР (ответственному менеджеру) предлагается отчет, на основании которого он либо принимает, либо отклоняет проект.

4.2 Проверка систем нечеткого вывода, заложенных в алгоритмы поддержки принятия решений по оценке проектов структурных элементов систем связи

Непосредственная проверка работоспособности предложенных положений осуществлялась при помощи оценки разработанных проектов СЭСС для операторов мобильной связи, интернет провайдеров и технологических предприятий Астраханской области и респ. Чад. Период разработки и реализации проектов с 2007 по 2014 гг. Цель проведения проверки подтвердить гипотезу о том, что результа-

ты получаемые ИСНВ, используемой в алгоритмах по предварительной и окончательной оценкам обеспечивают точность результата не выше, определенного экспертами, значения погрешности. Как следует из соотношения (3.14), величина погрешности СНВ, в виде выдачи ложной рекомендации о внедрении или отклонении проекта не должна превышать 5%.

Определение объема выборки контролируемых проектов, с учетом [67] происходило следующим образом:

1. Количество проектов в выборке из общего множества проектов – целое число,
2. Минимальное значение проектов в отношении которого может быть выдана ложная оценка равно одному,
3. Максимальная величина погрешности СНВ – 5%,
4. Общее количество проектов в множестве, где 1 проект – 5%, составляет 20 проектов.

Перечень из 20 проектов, используемых для оценки работоспособности разработанных теоретических положений приведен в приложении К. И образуют входное множество проектов $P = \{ p_{np} : np = 1, \dots, 20 \}$. Множество P состоит из двух подмножеств:

- подмножества проектов, которые были реализованы RP ,
- подмножества проектов, которые не были реализованы NP .

Соответственно, справедливо:

$$P = RP \cup NP. \quad (4.3)$$

В процессе формирования в множество P было включено преобладание проектов которые были в представленном виде отклонены ЛПР, либо подвергнуты корректировки перед внедрением в эксплуатацию. Цель преобладания проектов, которые небыли на практике реализованы изучить сможет ли СНВ выделять проекты, которые следует отправить на доработку, т.е. фактически выполнить роль ЛПР, которые анализировали данные проекты перед принятием решения о их отклонении или внедрении. Учитывая, что информация о проектах представ-

ляют коммерческую тайну, то их названия приведены в обобщенном виде, которые отражают суть реализуемых технических решений.

С использованием рекомендаций таблицы Е.1 (приложение Е) и Ж.1 (приложение Ж), а также экспертного мнения о социально-экономическом состоянии региона и компаний получены показатели маркетинговой эффективности и уровня рисков реализуемых проектов. Обобщенно технико-экономические показатели приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Техничко-экономические показатели проектов используемых для анализа работоспособности алгоритмов обработки информации для предварительной и окончательной оценок

№ проекта	Наименование проекта	Величина капитальных затрат, млн. руб.	Объем затрат на эксплуатацию, млн. руб.	Прибыль за год, млн. руб.
1	Проект базовой станции сети сотовой связи 3-го поколения в среднем городе	1,2	0,4	1,5
2	Проект базовой станции стандарта 2G/3G для торгового комплекса	1,93	0,59	1,94
3	Проект базовой станции в пос. с населением 1500 чел.	2,5	0,72	2,1
4	Проект системы доступа для интернет провайдера в пос. гор. Типа	0,81	0,75	1,32

продолжение таблицы 4.1

5	Проект установки группы базовой станции сети сотовой связи 3-го поколения в не-большом городе на сети федерального оператора	1,45	0,3	1,4
6	Проект организации участка транспортной сети на основе волоконно-оптических линий связи, протяженностью 60 км.	4,7	0,5	3,1
7	Проект высокоскоростной сети передачи данных для городского района на основе технологии FTTB	4,7	0,8	5,1
8	Проект установки базовой станции сети сотовой связи в среднем городе на сети регионального оператора	1,3	0,4	1,2
9	Проект сети передачи данных в поселке городского типа с населением 10 тыс. чел.	1,9	1,6	2,9
10	Проект беспроводной сети в населенном пункте с населением 5,5 тыс. чел.	0,5	0,79	1,12
11	Проект участка транспортной сети на основе радиорелейной линии для регионального интернет провайдера	1,03	0,225	1,05

продолжение таблицы 4.1

12	Проект сети на основе технологии WiMAX в населенном пункте на 1 000 чел. Для федерального оператора	0,75	0,3	0,72
13	Проект первой очереди сети на основе технологии WiMAX в среднем городе для регионального оператора	1,85	0,74	1,9
14	Проект сети доступа в коттеджном поселке	0,35	0,21	0,45
15	Проект сети доступа на основе FTTx для нескольких многоквартирных домов	0,56	1,2	1,55
16	Проект сети передачи данных на основе технологии Wi-Fi в торговом центре для регионального оператора	0,42	0,1	0,39
17	Проект сети передачи данных в поселке городского типа с населением 10 тыс. чел.	0,51	0,94	1,6
18	Проект реконструкции сети доступа в городском районе для регионального оператора	4,6	0,85	5,1

продолжение таблицы 4.1

19	Проект установки группы базовых станций для обслуживания населенного пункта с численностью 9000 человек для регионального оператора связи	4,8	0,9	4,3
20	Проект создания корпоративной сети доступа к промышленным объектам компании распределенных в пределах города	1,7	0,25	0,92

Социально-экономические показатели проектов приведенных в таблице 4.1 приведены в таблице К.1 (приложения К). При помощи использования ИСНВ показанных на рисунках 3.6 и 3.8, реализованных в среде Matlab и Simulink. Результаты обработки информации при помощи разработанных ИСНВ обобщения опыта внедрения проектов показаны в таблице К.2 (приложения К).

Как видно из таблицы К.2 – решения ИСНВ совпали с решениями ЛПР, что говорит о том, что ИСНВ адекватно формирует решение о принятии или отклонении проектов СЭСС.

Более детальный анализ таблицы К.2 (приложение К) показывает, что в 25% ИСНВ, используемая в алгоритме для определения предварительной оценки проекта СЭСС, выделила проекты, которые следовало отправить на уточнение задания до этапа подготовки рабочего проекта СЭСС. Примером подобной доработки может быть рекомендация о более комплексной оценке рисков и проработке сценариев их компенсации. Таким образом, если бы ИСНВ используемая в алгоритме для определения предварительной оценки, в процессе подготовки данных проектов, то она позволила бы произвести корректировку исходного задания на подготовку проекта СЭСС. Как известно, подобное приводит к сокращению затрат вре-

менных и трудовых ресурсов и, как следствие приводит к экономии денежных средств.

Учитывая, что проекты были разработаны, они прошли дополнительную проверку на ИСНВ, используемой в алгоритме для окончательной оценки, которая их так же рекомендовала отправить на доработку, дополнительно модель выявила еще 40% проектов которые также следовало отправить на доработку. Таким образом в представленной выборке проектов 65% было рекомендовано отправить на доработку, и 35% – рекомендовать к внедрению. Все проекты, которые были отклонены ИСНВ, ранее не были рекомендованы к внедрению ЛПР операторов связи. Следовательно, использование ИСНВ позволяет из множества подготовленных проектов, при помощи оценки, выявить проекты, которые не следует внедрять. Подобное упрощает работу ЛПР в плане подготовке решения по принятию или отклонению проекта, что экономит временные ресурсы, и страхует от ЛПР от ошибки принятия нецелесообразного к внедрению проекта. В результате происходит экономия денежных средств, за счет сокращения временных издержек и снижения возможности принятия ошибочного проекта. Снижение возможности принятия ошибочного особенно важно в условиях работы оператора в странах с развивающейся экономикой, где возникают кадровые ограничения обеспечения специалистами высокой квалификации. Обобщая изложенное, ИСНВ позволили выделить из множества P , проекты, которые следует отправить на доработку NP и проекты, которые рекомендуется внедрить RP .

Таким образом, с учетом объема контрольной выборки проектов СЭСС, показано, что ИСНВ могут выявлять проекты, которые рекомендуются на доработку с точностью до 95 %, что соответствует верхней границе диапазона допустимой погрешности, которая определена экспертами в процесс разработки моделей оценки.

Следующим этапом проверки ИСНВ стало выявление в них переменных, которые наиболее сильно влияют на полученный результат. Анализ ИСНВ показал, что

- наибольшим влиянием обладают переменные связанные с учетом рисков проекта, а именно рисков не достижения цели, так как на отдельных проектах изменения значения переменных связанных с риском не достижения целей на 10% приводило к изменению выходного значения ИСНВ (оценки проекта) до 20 %,
- Несколько меньшим влиянием на результат обладает переменные характеризующие маркетинговую эффективность, в отдельных случаях изменение ее значения на 10 %, приводит к изменению значения выхода ИСНВ на 10-15%,
- Среди переменных которые определяют оценку финансовой эффективности проекта наибольшим влиянием обладают переменные связанные с капитальными затратами и прибыльностью проекта, при равных условиях относительно переменных, влияющих на оценку риска и маркетинговой эффективности, данные переменные оказывают влияние на выход ИСНВ на 10-15% при изменении значений на более чем 20 %,
- Переменная связанная с оценкой затрат на реализацию проекта, начинает оказывать влияние в случае, когда ее величина приближается или начинает превышать величину капитальных затрат на реализацию проекта СЭСС, что, с учетом данных таблицы 4.1, возможно в области систем связи.

Учитывая широкое разнообразие значение входных переменных, а также мнение экспертов, в рамках проводимых исследований принимается, то влияние переменных ИСНВ на результат можно считать равнозначным, за исключением переменных влияющих на риски достижения цели проекта, данные переменные обладают несколько более высокой значимостью.

4.3 Проверка адекватности систем нечеткого вывода, используемых в алгоритмах по оценке проектов структурных элементов систем связи

Для проверки адекватности ИСНВ использовался критерий Фишера [22]. Сущность проверки по критерию Фишера заключается в сравнении расчетного значения критерия $F_{расчет}$, с критическим значением, определенным из таблицы распределения $F_{кр}$. Если выполняется условие $F_{расчет} < F_{кр}$, то математические методы, заложенные в ИСНВ можно признать адекватными. В рассматриваемом случае в качестве проверяемой выборки являются значения оценок ИСНВ используемых для получения предварительной и окончательной оценок, а в роли контрольной выборки выступили экспертные оценки по данным проектам. Результаты ИСНВ используемых для получения предварительной и окончательной оценок, а также оценки экспертов приведены в таблице Л.1, (приложение Л).

Одним из ограничений использования критерия Фишера является то, что контролируемые результаты подчинены нормальному закону распределения. Данная проверка проведена в соответствии с рекомендациями, описанными в работе [22]. Результаты проверки нормальности показаны на графиках в соответствии с рисунками 4.1 – 4.4.

Анализ графиков на рисунках 4.1-4.4 показывает, что точки выборки находятся в окрестности прямой. Результаты вычислений приведены в приложении М. Таким образом, использование критерия Фишера возможно. Значение $F_{расчет}$ представляет собой отношение большей исправленной дисперсии к меньшей [22]:

$$F_{расчет} = s_B / s_M$$

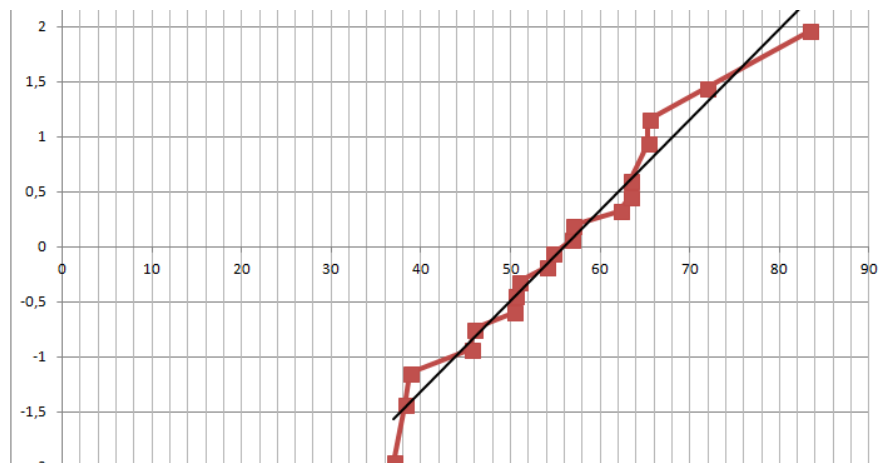


Рисунок 4.1 – Результат проверки нормальности распределения выборки, полученной ИСНВ используемой для определения предварительной оценки

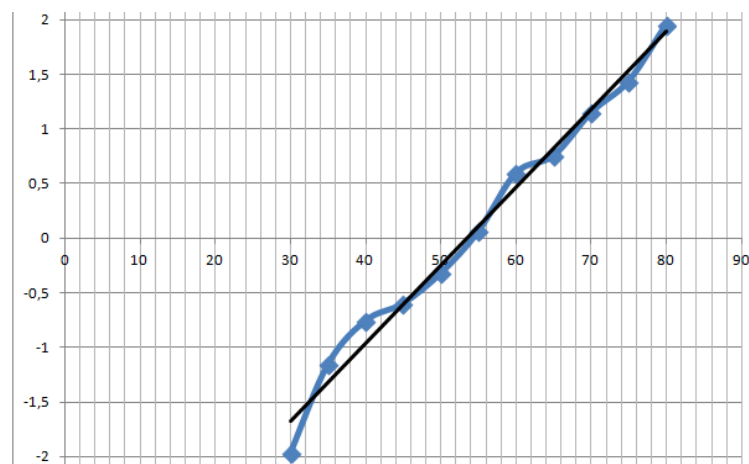


Рисунок 4.2 – Результат проверки нормальности распределения выборки, полученной от эксперта во время предварительной оценки

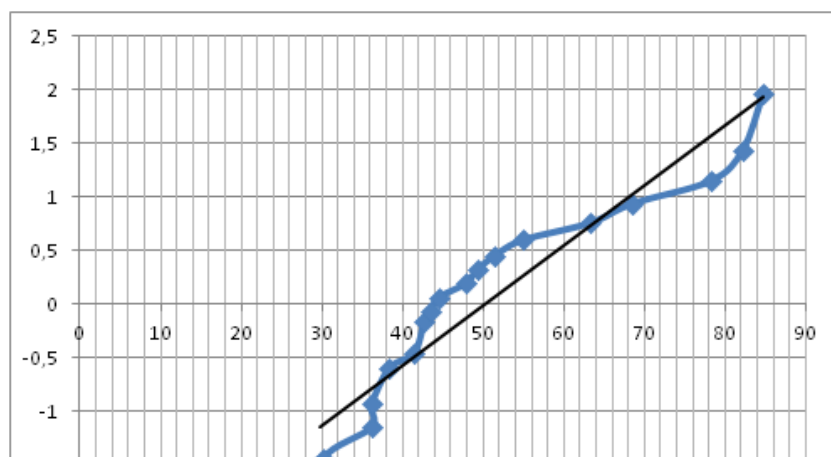


Рисунок 4.3 – Результат проверки нормальности распределения выборки, полученной ИСНВ используемой для определения окончательной оценки

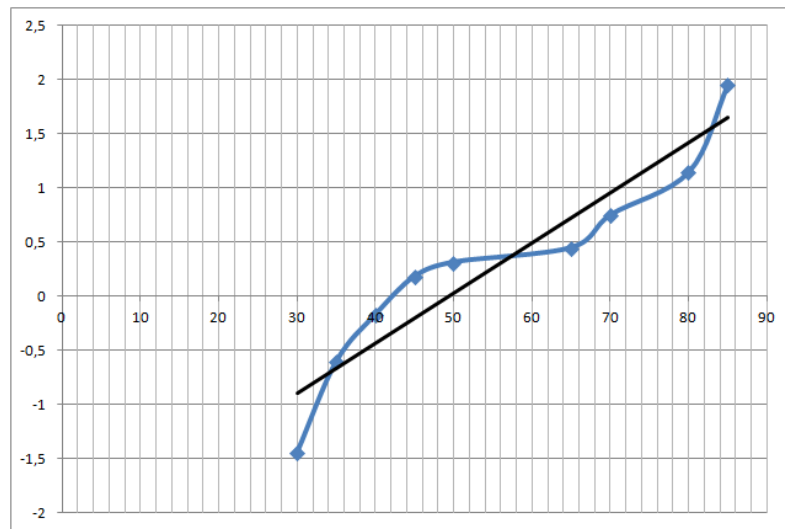


Рисунок 4.4 – Результат проверки нормальности распределения выборки, полученной от эксперта во время окончательной оценки

Значения s_B и s_M определяются на основе значения выборки. Применительно к значениям в таблице Л.1 (приложение Л) значения дисперсий определяются с использованием предварительных оценок проектов выданных ИСНВ (ПОВИ) - $M_{ПОВИ i_{проект}}$, с учетом количества проектов n_1 в выборке:

$$s_1 = \frac{\sum (M_{ПОВИ i_{проект}})^2 - (\sum M_{ПОВИ i_{проект}})^2 / n_1}{n_1 - 1} = 141,59, \quad (4.4)$$

и предварительных оценок выданных экспертом (ПОВЭ) $M_{ПОВЭ i_{проект}}$, с учетом количества проектов n_2 в выборке:

$$s_2 = \frac{\sum (M_{ПОВЭ i_{проект}})^2 - (\sum M_{ПОВЭ i_{проект}})^2 / n_2}{n_2 - 1} = 183,4. \quad (4.5)$$

Таким образом, в рамках оценки адекватности ИСНВ используемой для определения предварительной оценки $s_B = s_1 = 183,4$, в $s_M = 141,59$, следовательно:

$$F_{расчет} = s_B / s_M = 1,29$$

При уровне значимости $\alpha = 0,05$ и степенях свободы: $k_1 = n_1 - 1 = 20 - 1 = 19$ и $k_2 = n_2 - 1 = 19 - 1 = 18$, $F_{кр} = 2,16$, то наблюдается выполнение условия $F_{расчет} < F_{кр}$, соответственно нет оснований отвержения гипотезы о равенстве

генеральных дисперсий, соответственно ИСНВ используемую для определения предварительной оценки проекта СЭСС можно признать адекватной.

Следующим этапом стала проверка адекватности ИСНВ используемой для определения окончательной оценки, с использованием значений рядов окончательной оценки выданной ИСНВ - $M_{ООвИ_{i_{проект}}}$ и окончательных оценок проекта выданных экспертом - $M_{ООвЭ_{i_{проект}}}$. Соотношения для расчета исправленных дисперсий аналогичны, используемым во время проверки адекватности ИСНВ используемой для определения предварительной оценки:

$$s_1 = \frac{\sum \left(M_{ООвИ_{i_{проект}}} \right)^2 - \left(\sum M_{ООвИ_{i_{проект}}} \right)^2 / n_1}{n_1 - 1} = 277,64, \quad (4.6)$$

$$s_2 = \frac{\sum \left(M_{ООвЭ_{i_{проект}}} \right)^2 - \left(\sum M_{ООвЭ_{i_{проект}}} \right)^2 / n_2}{n_2 - 1} = 364,76. \quad (4.7)$$

Таким образом, в рамках оценки адекватности ИСНВ используемой для определения окончательной оценки $s_B = s_1 = 277,64$, в $s_M = 364,76$, следовательно:

$$F_{расчет} = s_B / s_M = 1,31$$

При уровне значимости $\alpha = 0,05$ и степенях свободы: $k_1 = n_1 - 1 = 20 - 1 = 19$ и $k_2 = n_2 - 1 = 19 - 1 = 18$, $F_{кр} = 2,16$, то наблюдается выполнение условия $F_{расчет} < F_{кр}$, соответственно нет оснований отвержения гипотезы о равенстве генеральных дисперсий, соответственно ИСНВ используемую для определения окончательной оценки можно признать адекватной.

4.4 Оценка эффективности использования результатов полученных исследований

Внедрение результатов исследований проведено на таких предприятиях как ООО «Астел» (Россия), Airtel (респ. Чад), ARCEP (респ. Чад.). Перед началом описания внедрения целесообразно предоставить краткую характеристику предприятий на которых проводилось внедрение.

ООО «Астел» - оператор связи, занимающийся предоставлением услуг по передаче данных (доступ в интернет) на территории г. Астрахань и Астраханской области, дополнительно предоставляет услуги по организации проводной связи. Основная задача руководства это внедрять проекты по модернизации и развитию структуры сети с использованием проводных и беспроводных технологий. Основная область использования полученных результатов – оценка проектов с целью сокращения издержек на возможную доработку проекта в процессе его реализации, для компенсации неучтенных факторов.

Airte (респ. Чад) – второй по величине оператор сотовой связи в респ. Чад, занимается предоставлением услуг голосовой связи и мобильного доступа к сети Internet. Сеть оператора распределена по всей территории страны, в состав структуры сети входят базовые станции стандартов сетей сотовой связи 2-го – 4-го поколений. В состав структуры сети входят базовые станции различных поколений, оборудование радиорелейной и волоконно-оптической связи, в крупных городах реализуются проекты по созданию Wi Fi сетей. Основная область использования полученных результатов – оценка проектов с целью сокращения издержек на возможную доработку проекта в процессе его реализации, для компенсации неучтенных факторов.

ARCEP (респ. Чад) предприятие, занимающиеся контролем работы предприятий связи и распределением поддержки на реализацию проектов в области развития структуры системы связи. Основная область использования полученных

результатов – помощь в оценке проектов с целью выявления решений, наиболее целесообразных к внедрению.

В качестве анализируемого периода использовались 2015 и 2016 г. деятельности компании. Результаты внедрения в ООО ПКФ «АсТел» приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Результаты внедрения в ООО ПКФ «АсТел»

Наименование типов проекта	Средняя стоимость проекта, руб.	Средняя доля затрат на доработку	Средняя стоимость доработки проекта	Количество реализованных проектов в год	Количество проектов с доработкой	Процент проектов доработаемых по ходу	Стоимость доработок при использовании предложенных методик, руб.	Стоимость доработок при использовании традиционных методик, руб.
Показатели за 2015 г., до внедрения результатов								
Проекты построения широкополосных сетей доступа на основе кабельных технологий	300000	6,00%	18000	9	2	22,22%	36000	–

Продолжение таблицы 4.1

Проекты построения и реконструкции участков транспортной сети	200000	5,00%	10000	3	1	33,33%	10000	–
Показатели за 2016 г., после внедрения результатов								
Проекты построения широкополосных сетей доступа на основе кабельных технологий	320000	4,50%	14400	10	2	20,00%	28800	38400
Проекты построения и реконструкции транспортной сети	570000	4,00%	22800	4	1	25,00%	22800	28500
Итого							51 600	66 900

Эффективность внедрения $D_{устр.неточ.}^{AcTel}$ определялась как соотношение оценки затрат которые были бы понесены компанией до внедрения $M_{Затр.до.внедр_AcTel}$ к оценке затрат которые были понесены при использовании результатов исследований $M_{Затр.внедр_AcTel}$.

$$D_{устр.неточ.}^{АсТел} = \frac{M_{Затр.до.внедр.АсТел} - M_{Затр.после.внедр.АсТел}}{M_{Затр.до.внедр.АсТел}} \cdot 100\% =$$

$$= \frac{66900 - 51600}{66900} \cdot 100\% \approx 22,5\% \quad (4.8)$$

Эффективность внедрения составила 22,5 % относительно методик обработки информации, в процессе подготовки проектов систем связи, используемых ранее. Графическая интерпретация результатов оценки эффективности внедрения приведена на рисунке 4.5.

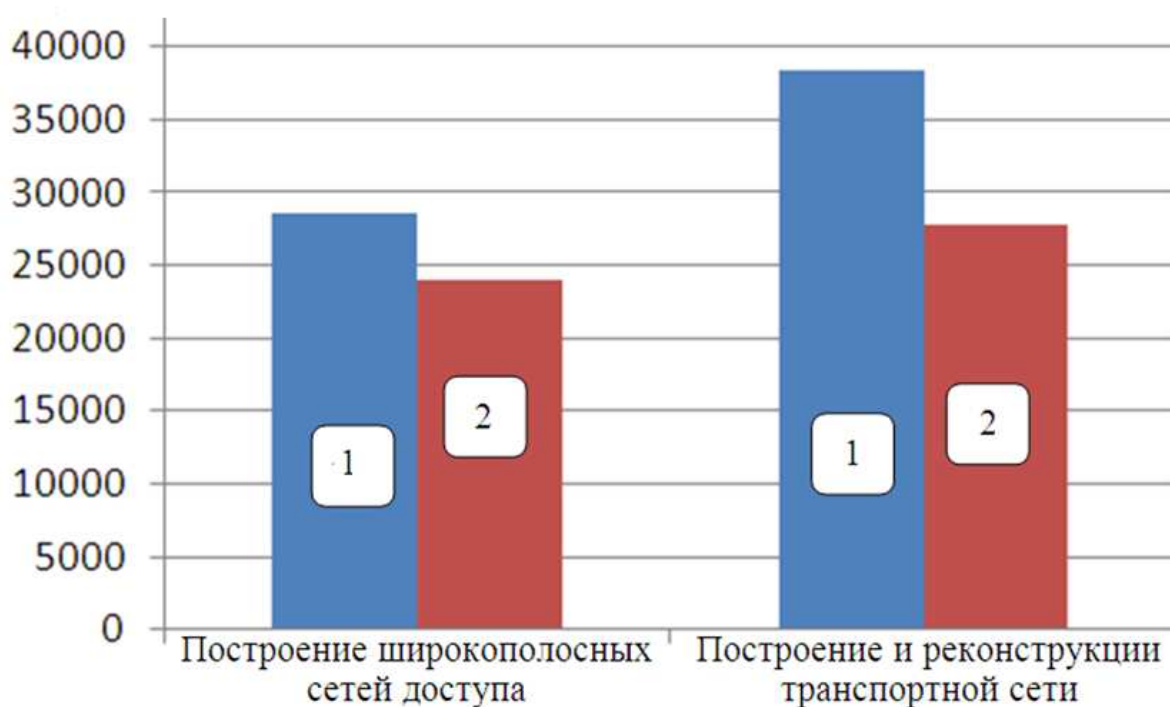


Рисунок 4.5 – Эффективность внедрения в ООО «АсТел»

Под цифрой 1 на рисунке – результат до использования разработанных положений, под цифрой 2 обозначен результат после использования. Акт внедрения результатов представлен в приложении Н.

Результаты внедрения у оператора Airtel (Чад) приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Результаты внедрения в компании Airtel (респ. Чад)

Наименование типов проекта	Средняя стоимость проекта, долл. США.	Средняя доля затрат на доработку	Средняя стоимость доработки проекта долл. США.	Количество реализованных проектов в год	Количество проектов с доработкой	Процент проектов дорабатываемых по ходу	Стоимость доработок при использовании предложенных методик, долл. США.	Стоимость доработок при использовании традиционных методик, долл. США.
Показатели за 2015 г., до внедрения результатов								
Проекты установки базовых станций сетей мобильной связи	30000	7,000%	2100	30	7	23,33%	–	14700
Проекты построения беспроводных широкополосных сетей доступа	15000	9,000%	1350	20	6	30,00%	–	8100

Продолжение таблицы 4.2

Проекты построения и реконст- рукции транспорт- ной сети	25000	6,000%	1500	17	2	11,76%	-	3000
Показатели за 2016 г., после внедрения результатов								
Проекты установки базовых станций се- тей мо- бильной связи	30000	5,000%	1500	28	4	14,29%	6000	8400
Проекты построения беспровод- ных широ- кополосных сетей дос- тупа	15000	7,000%	1050	19	3	15,79%	3150	4050
Проекты построения и реконст- рукции транспорт- ной сети	25000	4,500%	1125	15	2	13,33%	2250	3000
Итого							11 400	15 450

Эффективность внедрения $D_{устр.неточ.}^{Airtel}$ определялась как соотношение оценки затрат которые были бы понесены компанией до внедрения $M_{Затр.до.внедр_Airtel}$ к оценке затрат которые были понесены при использовании результатов исследований $M_{Затр.внедр_Airtel}$.

$$D_{устр.неточ.}^{AcTел} = \frac{M_{Затр.до.внедр_Airtel} - M_{Затр.внедр_Airtel}}{M_{Затр.до.внедр_Airtel}} \cdot 100\% =$$

$$= \frac{15450 - 11400}{15450} \cdot 100\% = 26,2\% \quad (4.9)$$

Эффективность внедрения составила 26,2 % относительно методик обработки информации, в процессе подготовки проектов систем связи, используемых ранее. Графическая интерпретация результатов оценки эффективности внедрения приведена на рисунке 4.6.

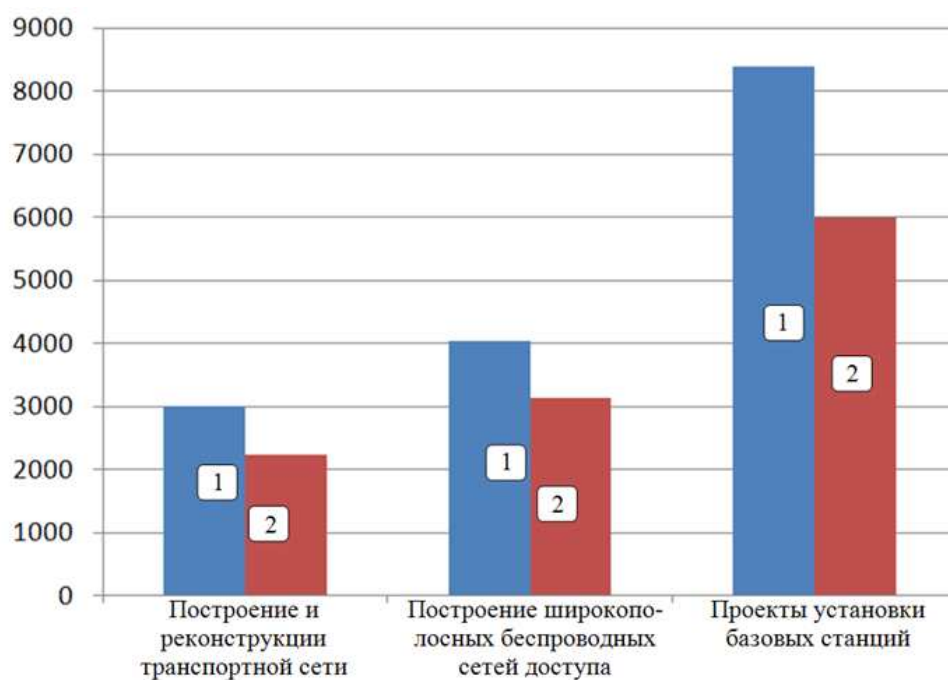


Рисунок 4.6 – Эффективность внедрения в Airtel

Под цифрой 1 на рисунке – результат до использования разработанных положений, под цифрой 2 обозначен результат после использования.. Акт внедрения результатов представлен в приложении О. Результаты внедрения в организации ARCEP предприятия респ. Чад, занимающиеся контролем работы предприятий

связи и распределением поддержки на реализацию проектов в области развития структуры системы связи приведены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Результаты внедрения в организации ARCEP (респ. Чад)

Тип проекта	Время экспертизы 1 проекта без использования предложенной методики, час	Среднее количество анализируемых проектов в мес.	Стоимость работы эксперта 1 час - 10 долл.США. При использовании традиционных методик	Стоимость работы эксперта 1 час - 10 долл.США. При использовании результатов исследований
Показатели за 2015 г., до внедрения результатов				
Проекты установки базовых станций сетей мобильной связи	4	90	3600	—
Проекты построения беспроводных сетей доступа	4,5	85	3825	—
Проекты построения транспортной сети	3,5	120	4200	—
Проекты построения сетей доступа на основе кабельных технологий	4	150	6000	—
Итого:			17625	

Продолжение таблицы 4.3

Показатели за 2016 г., после внедрения результатов				
Проекты установки базовых станций сетей мобильной связи	2,75	87	2392,5	3480
Проекты построения беспроводных широкополосных сетей доступа	3,25	92	2990	4140
Проекты построения транспортной сети	2,75	103	2832,5	3605
Проекты построения широкополосных сетей доступа на основе кабельных технологий	3,25	142	4615	5680
Итого:			12830	16905

Эффективность внедрения $D_{затр.оцен.}^{ARCEP}$ определялась как соотношение оценки затрат которые были бы понесены компанией до внедрения $M_{затр.до.внедр. _ ARCEP}$ к оценке затрат которые были понесены при использовании результатов исследований $M_{затр.внедр. _ ARCEP}$.

$$D_{затр.оцен.}^{ARCEP} = \frac{M_{затр.до.внедр. _ ARCEP} - M_{затр.внедр. _ ARCEP}}{M_{затр.до.внедр. _ ARCEP}} \cdot 100\% = \quad (4.10)$$

$$= \frac{16905 - 12830}{16905} \cdot 100\% \approx 24,1\%$$

Эффективность внедрения составила 24,1 % относительно методик обработки информации, в процессе подготовки проектов систем связи, используемых ранее. Графическая интерпретация результатов оценки эффективности внедрения приведена на рисунке 4.7. Акт внедрения результатов представлен в приложении П.

Анализ результатов внедрения предложенных теоретических положений в ООО "АсТел" и Airtel (респ. Чад) показал повышение эффективности использования средств компаний на доработку проектов 22,5 и 26,2 % соответственно, в Autorité de régulation des communications électroniques et des postes (ARCEP) (респ. Чад) повысилась эффективность использования средств для оценки проектов, реализуемых в рамках государственных программ по обеспечению доступа населения к современным сетям связи в среднем на 24,1 %.

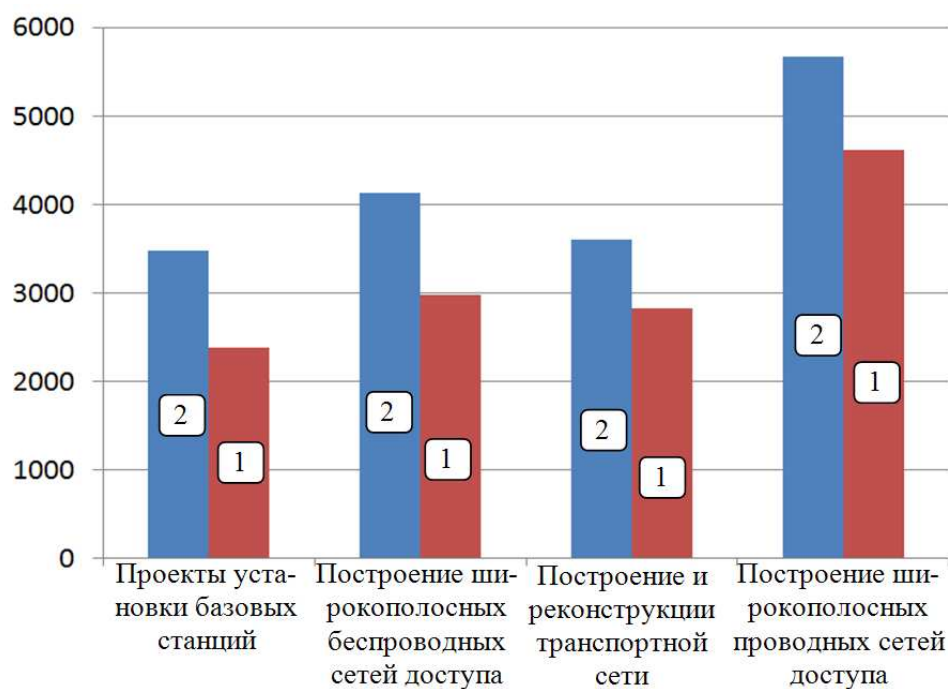


Рисунок 4.7 – Графическая интерпретация результатов оценки эффективности внедрения в ARCEP

Под цифрой 1 на рисунке – результат до использования разработанных положений, под цифрой 2 обозначен результат после использования..

Акты внедрения результатов в ФГОУ ВО Астраханский государственный технический университет и National Institute of Science and Technology of Abéché приведены в приложениях Р и С соответственно.

Результаты выполненных исследований повышают эффективность за счет сокращения затрат времени на обработки экспертной информации во время оценивании проектов и сокращения затрат на доработку проектов структурных элементов систем связи во время их строительства

4.3 Выводы по главе

В ходе проведения заключительной части исследований предложены рекомендации по внедрению разработанных методик и алгоритмов по обработки информации во время оценки проектов структурных элемента системы связи, которая заключается в:

- разработке рекомендаций по формированию группы по оценке эффективности внедрения проектов, состоящей из группы экспертов, рабочей группы для подготовки информации к обработке экспертами, формированию экспертной группы, разработкой рекомендаций по оценке входных переменных, имеющих качественные значения,
- разработке рекомендаций по использованию теоретических соотношений по проектированию систем связи для ускоренного расчета основных параметров сети при условии невысокой квалификации инженеров, что необходимо в условиях внедрения в странах с развивающимися экономиками,
- разработке рекомендаций по использованию программных продуктов для оценки эффективности передачи мультимедийного трафика.

- проведению проверки ИСНВ, входящих в состав алгоритмов поддержки принятия решений, на способность выявлять проекты реализация которых не целесообразна,
- с учетом объема контрольной выборки проектов СЭСС, показано, что ИСНВ могут выявлять проекты, которые рекомендуются на доработку с точностью до 95 %, что соответствует верхней границе диапазона допустимой погрешности, которая определена экспертами в процессе разработки алгоритмов поддержки принятия решений во время оценки проектов СЭСС,
- показано, что значимость входных переменных, входящих в состав ИСНВ в целом одинакова, так как диапазон и комбинации значений входных переменных имеют широкое значение, более высоким влиянием обладает переменная связанная с определением уровня риска не достижения целей проекта.

Анализ результатов внедрения предложенной методики и алгоритмов в ООО "АсТел" и Airtel (респ. Чад) показал повышение эффективности использования средств компаний на доработку проектов 22,5 и 26,2 % соответственно, в Autorité de régulation des communications électroniques et des postes (ARCEP) (респ. Чад) повысилась эффективность использования средств для оценки проектов, реализуемых в рамках государственных программ по обеспечению доступа населения к современным сетям связи в среднем на 24,1 %.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В результате проведенного анализа формализована задача получения интегрированной оценки проектов структурных элементов систем связи, отличающаяся учетом факторов имеющих количественное и качественное описание и позволяющая формировать управляющее воздействия в процессе подготовки проектов. Результаты так же отражены в работах [35,102].
2. Разработана методика получения интегрированной оценки проекта структурного элемента системы связи, отличающаяся обобщенным формализованным представлением разнородной информации, полученной от экспертов и в результате технико-экономических расчетов, что позволяет производить комплексную оценку для выработки решения о его принятии или отправки на доработку. Результаты так же отражены в работах [36,85,86,104]
3. Предложен метод комплексного анализа корпоративных проектов, основанный на имплементации условного структурного элемента системы связи, отличающаяся применением условного структурного элемента системы связи, позволяющий проводить оценку эффективности внедрения проекта при отсутствии ранее установленных структурных элементов систем связи. Результаты так же отражены в работах [102,105,130].
4. Построены алгоритмы для поддержки принятия решений во время анализа проекта, отличающиеся реализацией методов нечеткого вывода для обработки информации о проекте структурного элемента системы связи, представленной в численной (количественной) и вербальной (качественной) формах, и имеющую различные диапазоны шкал оценки и единицы измерения, учитывающие не только технико-экономические показатели проекта, но и показатели связанные с маркетинговой и социальной эффективностью,

а также рисками проекта, что позволяет проводить комплексное оценивание проекта. Результаты отражены в работах [36,80,85,86,104,105,107,108]

5. Полученные впервые зависимости влияния технико-экономических и социальных факторов на общую оценку проектов СЭСС, что позволяет находить подходящие решения в зависимости от значений входных параметров.

6. Предложены рекомендации по использованию результатов исследований на практике, которые позволяют сформировать экспертную группу по оценке величин нечетких переменных, подаваемых на вход алгоритмов; результаты отражены в работах [86,106].

7. Анализ результатов внедрения предложенной методики, метода и алгоритмов в ООО "АсТел" и Airtel (респ. Чад) показал повышение эффективности использования средств компаний на доработку проектов 22,5 и 26,2 % соответственно, в Autorité de régulation des communications électroniques et des postes (ARCEP) (респ. Чад) повысилась эффективность использования средств для оценки проектов, реализуемых в рамках государственных программ по обеспечению доступа населения к современным сетям связи в среднем на 24,1 %.

Результаты выполненных исследований повышают эффективность принятия управленческих решений связанных с оценкой проектов структурных элементов систем связи.

Перспективы дальнейшей разработки темы связаны с усовершенствованием методов управления развитием структуры сети оператора связи, созданием программных комплексов по оценке и разработке проектов узлов систем передачи и обработки информации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авдеева, Е.С. Нечеткая модель swot-анализа для оценки рисков проекта внедрения КИС на предприятии / Е.С. Авдеева, В.Г. Чернов // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2010. – № 12. – С. 46-54.
2. Авдеева, Е.С. Нечеткая модель оценки рисков проекта внедрения КИС с учетом факторов риска / Е.С. Авдеева, В.Г. Чернов // Информационные технологии в бизнесе материалы 7-й Междунар. науч. конф. Под редакцией В.В. Трофимова, В.Ф. Минакова. С. Петербург: Санкт-Петербургский государственный экономический университет. 2011. – С. 19-22.
3. Авдеева, Е.С. Нечеткие модели оценки рисков проекта внедрения корпоративной информационной системы на предприятии / Е.С. Авдеева, В.Г. Чернов // Известия Байкальского государственного университета. – 2011. – № 6. – С. 207-211.
4. Аверкин, А.Н. Нечеткие множества в моделях управления искусственного интеллекта / А.Н. Аверкин, И.З. Батыршин, А.Ф. Блишун, В.Б. Силов, В.Б. Тарасов; под ред. Д.А. Поспелова. – М.: Наука, 1986. – 312 с.
5. Айхель, К.В. Управление рисками комплексных инвестиционных проектов на промышленных предприятиях / Айхель К.В. // Перспективы науки. – 2011. – № 2 (17). – С. 111-114.
6. Алтунин, А.Е. Модели и алгоритмы принятия решений в нечетких условиях: монография / А.Е. Алтунин, М.В. Семухин. – Тюмень: Изд-во Тюменского государственного университета, 2000. – 352 с.
7. Аникин, О.Б. Современные направления развития телекоммуникаций в мировой экономике: монография / О. Б. Аникин, А. П. Агарков. – Москва: Хлебпрод-информ, 2010. – 283 с.

8. Батыршин, И.З. Основные операции нечеткой логики и их обобщения/ И.З. Батыршин. – Казань: Отечество, 2001. – 100 с.
9. Безручко Б.П., Математическое моделирование и хаотические временные ряды. / Б.П. Безручко, Д.А. Смирнов. - Саратов: ГосУНЦ «Колледж», 2005. – 320 с.
10. Борисов, А. Н. Принятие решений на основе нечетких моделей / А. Н Борисов, О. А. Крумберг, И. П. Федеров. – Рига: Зинатне, 1990. – 184 с.
11. Борисов, В.В. Нечеткие модели и сети/ В.В. Борисов, В.В. Круглов, А.С. Федулов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 284 с.
12. Бородин, А.И. Модель проектно-инвестиционного анализа на основе качественных характеристик / А.И. Бородин, А.С. Ченцов // Вестник Удмуртского университета. Серия Экономика и право. – 2016. – № 4. – Том 26. – С. 11-19.
13. Бронникова Т.С. Разработка бизнес-плана проекта: методология, практика./ Т.С.Бронникова. – Ярославль-Королев: Изд-во: «Канцлер», 2009. – 176 с.
14. Бузырева, В.В. Экономика строительства. 3-е изд./ В.В Бузырева. – СПб.: Питер, 2009. – 416 с.
15. Бутусова, Е.А. Применение новых методов исследования в анализе показателей региональной экономики / Е.А. Бутусова, А.И. Прыгунов // Вестник МГТУ. – 2008. – №2 – Том 11. – С. 211-221.
16. Вальков, В. Бизнес-планирование телекоммуникационных проектов: автоматизация расчетов / В. Вальков, С. Портной // Первая миля. – 2009. – №5-6. – С.16-19.
17. Вишневский, В.М. Методы исследования и проектирования широкополосных беспроводных сетей вдоль протяженных транспортных магистралей / В.М. Вишневский, А. Кришнамурти, Д.В. Козырев, А.А. Ларионов, Р.Е. Иванов // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. – 2015. – № 5. – Том 9. – С. 9-15.
18. Вишневский, В.М. Теоретические основы проектирования компьютерных сетей / В.М. Вишневский. – М.: Техносфера, 2003. – 512 с.

19. Вишневский, В.М. Широкополосные беспроводные сети передачи информации. / В.М. Вишневский, А.И. Ляхов, С.Л. Портной, И.В. Шахнович. – М.: Техносфера, 2005. – 592 с.
20. Вишневский, В.М. Энциклопедия WiMax. Путь к 4G Москва / В.М. Вишневский, С.Л. Портной, И.В. Шахнович. – М.: Техносфера, 2009. – 472 с.
21. Гитман, М. Б. Управление социально-техническими системами с учетом нечетких предпочтений / М. Б. Гитман, В. Ю. Столбов, Р. Л. Гилязов. – М.: Ленанд, 2011. – 272 с.
22. Гмурман, В.Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике: учеб. пособие / В. Е. Гмурман. — 11-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во «Юрайт», 2011. – 404 с.
23. Голубицкая Е.А. Экономика связи / Е.А. Голубицкая. – М.: ИРИАС, 2006. – 488 с.
24. Голубицкая, Е. А. Основы маркетинга в телекоммуникациях. / Е. А. Голубицкая, Е. Г. Кухаренко. – М.: Радио и связь, 2005. – 320 с.
25. Голубицкая, Е.А. Результаты социологического исследования по определению потенциала развития инфокоммуникационных услуг / Е.А. Голубицкая, К.В. Архипов// Технология современного общества. 2009. – №7. – С. 6-9.
26. Голубицкая, Е.А. Тарифы связи: проблемы и решения для стран СНГ / Е.А. Голубицкая // Вестник связи. – 2013. – № 11. – С.18-21.
27. Гольдштейн, А.Б. Softswitch / А.Б. Гольдштейн, Б.С. Гольдштейн. – СПб.: БХВ, 2006. – 368с.
28. Гольдштейн, Б.С. Интеллектуальные сети / Б.С. Гольдштейн, И.М. Ехриель, Р.Д. Рерле. – М.: Радио и связь, 2003. – 504 с.
29. Городеций А.Е. Нечеткое математическое моделирование плохо формализуемых процессов и систем / А.Е. Городеций, И.Л.Тарасова. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2010. – 336 с.
30. Гроднев, Н.А. Линии связи / Н.А. Гроднев, С.М. Верник. – М.: Радио и связь, 2004. г. – 424 с.

31. Гребешков, А. Ю. Стандарты и технологии управления сетями связи: научное издание / А.Ю.Гребешков. – М.: Эко-Трендз, 2003. – 287 с.
32. Денисов, А. А. Современные проблемы системного анализа: Информационные основы / А. А. Денисов. – СПб.: Изд-во Политех. ун-та, 2004. – 296 с.
33. Дмитриев, В.Н. Анализ перспектив развертывания мультисервисной сети в Республике Камерун / В.Н. Дмитриев, А. Тамно, А.А. Сорокин // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. – 2009. – № 1 – С.168-174.
34. Дмитриев, В.Н. Анализ технологий предоставления мультимедиауслуг на мобильные терминалы / В.Н. Дмитриев, А.А. Ивакин // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. – 2014. – № 1. – С. 105-111.
35. Дмитриев, В.Н. Многофакторный анализ социально-экономического состояния Республики Чад для создания современной инфокоммуникационной инфраструктуры / В.Н. Дмитриев, Ахмат Юссуф, А.А.Сорокин // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. – 2015. – № 1. – С. 56-65.
36. Дмитриев, В.Н. Нечеткая математическая модель поддержки принятия решений для управления процессом формирования топологии сети инфокоммуникационной системы / В.Н. Дмитриев, А.А. Сорокин, Ахмат Юссуф, А.С. Маличенко // Междунар. научн. конф. научн.-пед. работ. Астр. гос. техн. ун. (59 НПР): тезисы докладов / Астрахан. гос. техн. ун-т. – Астрахань: Изд-во АГТУ, 2016 Режим доступа: 1 электрон. опт. Диск.
37. Елизаров, Ю.Ф. Экономика организаций / Ю.Ф. Елизаров. – М.: Издательство «Экзамен», 2008. – 495 с.
38. Ехлаков, Ю.П. Модели и алгоритмы поддержки принятия решений при продвижении на промышленные рынки прикладных программных продуктов / Ю.П. Ехлаков, Д.Н. Бараксанов, Н.В. Пермякова. – Томск, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2015. – 132 с.

39. Ехлаков, Ю.П. Нечеткая модель оценки рисков продвижения программных продуктов / Ю.П. Ехлаков, Н.В. Пермякова // Бизнес-информатика. – 2014. – №3(29). – С.69-78.
40. Зенчук, А.И. Нечеткая модель оценки инвестиционных проектов / А.И. Зенчук, А.И. Шашкин // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии. – 2008. – № 1. – С. 117-123.
41. Игнатенков, В.Г. Информационно-телекоммуникационные сети: технологии, стандартизация/ В.Г. Игнатенков, А.А. Сахнин. – М.: Радиотехника, 2011. – 360 с.
42. Капембе, Д. К. Состояние и развитие телекоммуникаций в Замбии с учетом диверсификации экономики / Д. К. Капембе, В. Н. Дмитриев // Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики. – Ростов на Дону: ПЦ «Университет», 2011. – С. 266–270.
43. Карташевский, В. Г. Сети подвижной связи: монография / В. Г. Карташевский, С. Н. Семенов, Т. В. Фирстова. – М: Эко-Трендз, 2001. – 299 с.
44. Квятковская, И.Ю. Формирование информационно-коммуникационной структуры регионального-транспортного кластера: монография./ И.Ю. Квятковская, М.Б. Френкель. – Астрахань: Изд-во АГТУ, 2007. – 124 с.
45. Квятковская, И.Ю. Интегрированные механизмы информационной поддержки принятия решений крупномасштабной территориально-распределенной экономической системы / И.Ю. Квятковская, В.Ф. Шуршев, К.И. Квятковский // Вестник Саратовского государственного технического университета. – 2010. – № 2. – С. 181-189.
46. Ким, Дж.-О. Факторный, дискриминантный и кластерный анализ / Дж.-О. Ким, Ч. У. Мьюллер, У. Р. Клекка и др., пер. с англ. под ред. И. С. Енюкова. – М.: Финансы и статистика, 1989. – 215 с.

47. Комашинский, В.И. Системы подвижной радиосвязи с пакетной передачей информацией. Основы моделирования. / В.И. Комашинский, А.В. Максимов. – М.: Горячая линия-Телеком, 2007. – 176 с.
48. Кричевский, М.Л. Оценка рисков инновационного проекта / М.Л. Кричевский, Ю.А. Козлова // Управление риском. – 2013. – № 2. – С. 2-7. (50)
49. Кузовкова, Т.А. Научные основы экономики отрасли инфокоммуникаций / Т.А. Кузовкова, Н.Е. Зоря // Т-Comm - Телекоммуникации и Транспорт Выпуск. 2012. – №12. – С. 43-45.
50. Куликовская, Н.А. Модели нечетких оценок для энергетических инвестиционных проектов / Н.А. Куликовская // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2009. – №5(94). – С. 127-133.
51. Куликовская, Н.А. Модели нечетких оценок для энергетических инвестиционных проектов / Н.А. Куликовская // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2009. – № 5(94). – С. 127-133.
52. Леоненков, А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTech. / А.В. Леоненков. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 736 с.
53. Леонов, В.П. Факторный анализ: Основные положения и ошибки применения / В.П. Леонов // Международный журнал медицинской практики. – 2005. – № 3 – С.14-16.
54. Лихтциндер, Б.Я. Интеллектуальные сети связи: научное издание / Б. Я. Лихтциндер [и др.]. 2-е изд. – М.: Эко-Трендз, 2002. – 205 с.
55. Локотков, А.А. Рынок телекоммуникаций: современное состояние и перспективы развития / А.А. Локотков // Социально-экономические явления и процессы. – 2011. – № 1-2. – С.144-147.
56. Майника, Э. Алгоритмы оптимизации на сетях и графах. / Э.Майника. – М.: Мир, 1981. – 324 с.
57. Макаров, В.В. Телекоммуникации России: состояние, тенденции и пути развития /Макаров В.В. – М.: ИРИАС, 2007 – 296 с.

58. Матвеев, Е.В. Нечеткий логический вывод в системе управления беспилотного летательного аппарата /Е.В. Матвеев, В.А. Глинчиков//Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies. – 2011. – №4. – С.79-91.
59. Москаленко, В.В. Разработка СППР для оценки риска инвестиционных проектов на основе нечетких множеств / В.В. Москаленко, Т.В. Захарова // Сложные системы и процессы. – 2007. – № 1. – С. 76-83.
60. Мусатова, Т.Е. Методика прогнозирования эффективности инновационного проекта на основе экспертных оценок / Т.Е. Мусатова, Д.О. Желиховский // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1. – С. 634.
61. Недосекин, А. О. Нечеткий финансовый менеджмент / А. О. Недосекин. М.: Аудит и финансовый анализ, 2003. – 184 с.
62. Нормы на электрические параметры основных цифровых каналов и трактов магистральной и внутризональных первичных сетей ВСС России. Приказ МС №92 от 10.08.1996. [Электронный ресурс]. – Режим доступа http://www.lawrussia.ru/bigtexts/law_2718/index.htm.
63. Описание программного пакета “Система планирования радиосвязи” Radio Planning System, RPS-2 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rps2.ru/>.
64. Описание программного пакета Network Simulator - ns-2 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>.
65. Описание программного пакета ONEPLAN Radio Planning System. 2 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rpls.ru/product.html>.
66. Описание программного пакета TraceGraph [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.angelfire.com/al4/esorkor/>.
67. Орлов, А.И. Организационно-экономическое моделирование: теория принятия решений / А.И. Орлов. – М.: КНОРУС, 2010. – 568 с.
68. Официальный сайт компании Cisco, Cisco прогнозирует трехкратное увеличение IP-трафика с 2014 по 2019 гг. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.cisco.com/c/ru_ru/about/press/press-releases/2015/06-01.html.

69. Официальный сайт компании J'son & Partners Consulting, Рынок цифрового контента в России и мире, 2010-2016 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.json.ru/poleznye_materialy/free_market_watches/analytics/2013_digital_content_2010-2016/.
70. Паклин, Н. Бизнес-аналитика. От данных к знаниям / Н.Паклин, В.Орешков. – Изд-во: Питер, 2010. – 704 с.
71. Пищин, О.Н. Управление частотно-территориальным планированием современных систем подвижной радиосвязи на инновационной основе / О.Н. Пищин. – Астрахань: Изд-во АГТУ, 2010. – 171 с.
72. Потресов, Д.К. Технология интеллектуальной поддержки проектирования ЛВС на основе экспертных оценок и нечёткой логики / Д.К. Потресов, Д.А. Львов // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2008. – № 1-2. – С. 38-43.
73. Проталинский, О. М. Применение методов искусственного интеллекта при автоматизации технологических процессов : моногр. / О. М. Проталинский. – Астрахань: Изд-во АГТУ, 2004. – 184 с.
74. Проталинский, О.М. Концепция интеллектуального управления технологическими процессами грузового порта на основе имитационных моделей / О.М. Проталинский, А.А. Ханова // Вестник Астраханского государственного технического университета. 2007. – №1. – С.46-49.
75. Резникова, Н.П. Менеджмент в телекоммуникациях / Н.П. Резникова, Е.В. Демина, В.Б. Булгак, А.В. Голышко. – М.: Эко-Трендз, 2005. – 392 с. (77)
76. Росляков, А.В. Будущие сети (Future networks) / А.В. Росляков, С.В. Ванышин. – Самара: ПГУТИ, 2015. – 274 с.
77. Росляков, А.В. Мультисервисные платформы сетей следующего поколения NGN, Том. 1 Отечественные системы. /А.В Росляков – Самара: ПГУТИ, ООО «Издательство Ас Гард», 2012. – 312 с.: ил.
78. Росляков, А.В. Мультисервисные платформы сетей следующего поколения NGN, Том 2: Зарубежные системы. / А.В. Росляков, А.Ю. Гребешков, С.В. Ванышин.

шин, А.А. Хаёров; под ред. А.В. Рослякова. – Самара: ПГУТИ; ООО «Издательство Ас Гард», 2012. – 344 с.

79. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2016620273 от 20.02.2016 г. МПК (нет) «База правил для нечеткого вывода по определению экономического потенциала места установки телекоммуникационного оборудования» /Дмитриев В.Н., Юссуф Ахмат, Сорокин А.А., Горюнов А.А.; АГТУ. – 2016.

80. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2016615349 от 20.05.2016 г. МПК (нет) «Fuzzy module for computation of metrics points of mobile network» / Сорокин А.А., Дмитриев В.Н., Юссуф Ахмат, Маличенко А.С. – 2016.

81. Ситникова, А.Ю. Метод спектрального анализа для выявления циклов экономической конъюнктуры // А.Ю. Ситникова / Вестник самарского государственного экономического университета. – 2009. – № 9(59). – С. 107-112.

82. Сорокин, А.А. Виртуальная лаборатория для моделирования и изучения телекоммуникационных систем на основе программного пакета Network Simulator /А.А.Сорокин, В.Н.Дмитриев, Н.Н.Лосев // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. – 2010. – № 1 – С. 103-108.

83. Сорокин, А.А. Инфокоммуникационные технологии транспортных магистралей / А.А. Сорокин, В.Н. Дмитриев, О.Н. Пищин. – Астрахань: Изд-во АГТУ, 2015. – 208 с.

84. Сорокин, А.А. Многофакторный подход к проектированию сенсорных сетей для систем мониторинга особоохраняемых природных территорий / А.А. Сорокин, В.Н. Дмитриев // Датчики и системы. – 2010. – № 8. – С. 35-38.

85. Сорокин, А.А. Модель для поддержки принятия решений в процессе проектирования структурных элементов инфокоммуникационных систем / А.А. Сорокин, Ахмат Юссуф // Известия Волгоградского государственного технического университета. – 2016. – № 11 (190). – С. 141-145.

86. Сорокин, А.А. Разработка алгоритмов обработки информации для получения интегральных оценок проектов в области телекоммуникаций / А.А. Сорокин, Юссуф Ахмат, М.С. Ахмат, А.С. Маличенко // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2017. – № 2 (38). – С. 88-104.
87. Темукуев, Х.М. Теоретические аспекты применения экономико-математического аппарата при оценке моделей и систем детерминированного факторного анализа / Х.М. Темукуев, Ж.Х. Темукуева // Мир науки. – 2014. – № 4. – С. 54-60.
88. Тихвинский, В.О. Сети мобильной связи LTE: технологии и архитектура / В.О.Тихвинский, С.В.Терентьев, А.Б.Юрчук. – М.: Эко-Трендз, 2010. – 284 с.
89. Тугушев, Р.Х. Особенности факторного анализа в психологии / Р.Х. Тугушев // Известия Саратовского университета. Серия: Философия. Психология. Педагогика. – 2006. № 1-2 (6). – С.89-98.
90. Фадеев А.Н. Аналитический обзор пакетов имитационного моделирования / А.Н. Фадеев// Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения. – 2013. – № 5. – Том 13. – С. 24-28.
91. Филатов, Е.А. Модификация методов детерминированного факторного анализа модели дюпона /Е.А. Филатов, В.Б. Нечаев // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2015. – № 5 (100). – С. 285-292.
92. Халов, Е.А. Систематический обзор четких одномерных функций принадлежности интеллектуальных систем / Е.А. Халов //Инженерия знаний, Информационные технологии и вычислительные системы. – 2009. – №3. – С. 60-74.
93. Худазаров, Э.А. Теоретико-методологические основы формирования технологии интегральных оценок исполнения проектов / Э.А. Худазаров // Транспортное дело России. – 2009. – № 12. – С. 13-15.
94. Чаадаев, В.К. Бизнес-процессы в компаниях связи / В.К. Чаадаев. – М. Эко-Трендз, 2004. – 176 с.
95. Чванова М.С. Выбор проекта и оценка его эффективности на основе нечетких запросов и метода экспертных оценок / М.С. Чванова, И.А. Киселева, А.А.

Молчанов // Вестник Тамбовского университета. Серия: Гуманитарные науки. – 2013. – № 12 (128). – С. 138-150.

96. Чертина Е.В. Комплексная количественная оценка инновационных ИТ-проектов на основе нечетко-множественных описаний / Е.В. Чертина, И.Ю. Квятковская // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2016. – №1 (33). – С. 50-62.

97. Шахнович, И.В. Современные технологии беспроводной связи / И.В. Шахнович. – М.: Техносфера, 2006. – 288 с.

98. Шелухина, О.И. Моделирование информационных систем/ Под ред. О.И. Шелухина. – М.: Радиотехника, 2005. – 368 с.

99. Штовба, С.Д. Введение в теорию нечетких множеств и нечеткую логику [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://matlab.exponenta.ru/fuzzylogic/book1/1.php>.

100. Штовба, С.Д. Обеспечение точности и прозрачности нечеткой модели Мамдани при обучении по экспериментальным данным/С.Д.Штовба // Проблемы управления и информатики. – 2007. – №4. – С. 102-114.

101. Штовба, С.Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB / С.Д. Штовба. – Горячая линия-Телеком, 2007. – 288 с.

102. Юссуф Ахмат Алгоритм выбора места расположения узлов инфокоммуникационной сети, основанный на применении обобщенного показателя качества / В.Н. Дмитриев, А.А. Сорокин, Ахмат Юссуф, Гайт Алавади // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. – 2015. – № 2. – С.71-78.

103. Юссуф Ахмат Методика формирования топологической структуры региональной телекоммуникационной системы с учетом социальных и экономических факторов / В.Н.Дмитриев, А.А.Сорокин, Юссуф Ахмат, Гайт Алавади // Проблемы передачи информации в инфокоммуникационных системах: сб. докладов и тезисов VI Всероссийской науч.-практ. конф. ФГАОУ ВПО "ВолГУ" – Волгоград, 2015. – С.35-39

104. Юссуф Ахмат Модель нечеткого вывода для поддержки и принятия решений в процессе формирования структуры инфокоммуникационной системы / А.А. Сорокин, В.Н. Дмитриев, Ахмат Юссуф // Научный вестник НГТУ. – 2016. – № 1 (62). – С. 74-90.
105. Юссуф Ахмат Разработка способа формирования топологии сети инфокоммуникационной системы с учетом условий региона / В.Н. Дмитриев, А.А. Сорокин, Ахмат Юссуф, Гайт Алавади // материалы международной науч. конф. научно-педагогических работников Астраханского государственного технического университета, посвящённой 85-летию со дня основания вуза (59 НПР). – Астрахань: Изд. АГТУ. –2015. С. 81-82.
106. Юссуф Ахмат Рекомендации по формированию экспертных групп для создания систем по оценке проектов в области построения мультисервисных сетей / Ахмат Юссуф // Проблемы передачи информации в инфокоммуникационных системах сб. докладов и тезисов VIII Всероссийской науч.-практ. конф. – Волгоград, 2017. – С. 164-168.
107. Юссуф Ахмат, Математическая модель для описания межструктурных взаимосвязей различных систем / А.А.Сорокин, В.Н.Дмитриев, Юссуф Ахмат // Математические методы в технике и технологиях – ММТТ-28: сб. трудов XXVIII Междунар. науч. конф.: в 12 т. Т.8. / под общ. ред. А.А. Большакова. – Саратов: Саратов. гос. техн. ун-т; Ярославль: Ярослав. гос. техн. ун-т; Рязань: Рязанск. гос. радиотехн. ун-т, 2015. – С.99-104.
108. Юссуф Ахмат Методика управления проектированием структурных элементов инфокоммуникационных систем / Ахмат Юссуф, А.А.Сорокин // Перспективы развития информационных технологий: сб. материалов XXXII Международной науч.-практ. конф. / под общ. ред. С.С. Чернова. Новосибирск: Изд-во: ООО «ЦРНС». 2016. – С.61-67.
109. Anandalingam G., Raghavan S. Telecommunications Network Design and Management // Springer, US, 2003 – 340 p.

110. Cave M., Majumdar K., Vogelsang I. Handbook of telecommunications economics. Volume 1 Structure, Regulation and Complementarity // Elsevier Science, 2002 – 726 p.
111. Cox C. An Introduction to LTE: LTE, LTE-Advanced, SAE, VoLTE and 4G Mobile Communications, 2nd Edition // Wiley, 2014 – 486 p.
112. Cuka M., Elmazi D., Obukata R., Odera K., Oda T., Barolli L. An Integrated Intelligent System for IoT Device Selection and Placement in Opportunistic Networks Using Fuzzy Logic and Genetic Algorithm // 2017 31st International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops (WAINA). – 2017. – pp. 201- 207.
113. Ghavimi F.; Hsiao-Hwa C. M2M Communications in 3GPP LTE/LTE-A Networks: Architectures, Service Requirements, Challenges, and Applications // IEEE Communications Surveys & Tutorials. Vol. 17. – 2015. – pp. 525-549.
114. Ghazzai H., Yaacoub E., Kadri A., Yanikomeroglu H., Alouini M. Next-Generation Environment-Aware Cellular Networks: Modern Green Techniques and Implementation Challenges // IEEE Access. Vol. 4. – 2016. – pp. 5010 - 5029.
115. Haaker T., Faber E., Bouwman H. Balancing customer and network value in business models for mobile services. // International Journal of Mobile Communication, Vol. 4(6). – 2006. – pp. 645-661.
116. Inaba T., Elmazi D., Liu Y., Sakamoto S., Barolli L., Uchida K. Integrating Wireless Cellular and Ad-Hoc Networks Using Fuzzy Logic Considering Node Mobility and Security // 2015 IEEE 29th International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops. – 2015. – pp. 54-60.
117. Inaba T., Sakamoto S., Kulla E., Caballe S., Ikeda M., Barolli L. An Integrated System for Wireless Cellular and Ad-Hoc Networks Using Fuzzy Logic // 2014 International Conference on Intelligent Networking and Collaborative Systems. – 2014. – pp. 157-162.
118. Jyrki, T. J. The Telecommunications Handbook: Engineering Guidelines for Fixed, Mobile and Satellite Systems // Wiley, 2015 – 1005 p.

119. Kaaranen H., Ahtiainen A., Laitinen L., Naghian S., Niemi V. UMTS Networks: Architecture, Mobility and Services // Willy, 2004 – 326 p.
120. Kosko, B. Fuzzy systems as universal approximators // IEEE Trans. Computers. Vol. 43. – 1994. – pp. 1329-1333.
121. Kuebel H., Limbach F., Zarnekow R. Business Models of Developer Platforms in the Telecommunications Industry - an Explorative Case Study Analysis // 47th Hawaii International Conference on System Science. – 2014. – pp. 3919-3928.
122. Lee, S., Levendis, J., Gutierrez, L., Telecommunications and economic growth: an empirical analysis of sub-saharan Africa, [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1567703.
123. Lohento, K Enjeux et usages des TIC en Afrique, Dakar: Panos; 2007, 268 p. [«Электронный ресурс». – Режим доступа: http://georouen.univ-rouen.fr/spip/IMG/pdf/Ch.8.LOHENTO_K._I._PANOS_Enjeux_et_usages_tic_media.pdf.
124. Mukherjee A., Bandyopadhyay S., Saha D. Location Management and Routing in Mobile Wireless Networks // Artech House Boston, London, 2003 – 250 p.
125. Munadi R., Ismail M., Abdullah M., Misran N. Location management cost reduction using fuzzy logic in cellular radio network // Proceeding of the 2011 IEEE International Conference on Space Science and Communication (IconSpace). – 2011. – pp. 165-169.
126. Neji B., Hamrouni C., Alimi A. M., Nakajima H., Alim A.R. Hierarchical Fuzzy-Logic-Based Electrical Power Subsystem for Pico Satellite ERPSat-1 // IEEE Systems Journal. Vol. 9. – 2015. – pp. 474-486.
127. Raikar M., Doddagoudar P., Maralapannavar M. An Algorithmic Perspective of Base Station Switching in Dense Cellular Networks // Eco-friendly Computing and Communication Systems (ICECCS), 2014 3rd International Conference. – 2014. – pp. 177-172.
128. Roger L. Freeman A. Fundamentals of Telecommunications Second Edition // John Wiley & Sons, Inc., 2005 – 700 p.

129. Shorey R., Ananda A., Mun C., Wei T. Mobile, wireless, and sensor networks technology, applications, and future directions // John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ, 2006 – 452 p.
130. Sorokin, A.A. Dmitriev, V.N. Ahmat, Y. Mathematical model to describe the inter-structural relationship between different systems // International Siberian Conference on Control and Communications, SIBCON. – 2015. – pp. 01-04.
131. Wang Li-Xin A New Look at Type-2 Fuzzy Sets and Type-2 Fuzzy Logic Systems // IEEE Transactions on Fuzzy Systems. Vol. 25. – 2017. – pp.: 693-706.
132. Wang X., Teng Y., Song M., Wang X., Xing A. Joint optimization of coverage and capacity in heterogeneous cellular networks // 25th Annual International Symposium on Personal, Indoor, and Mobile Radio Communication (PIMRC). – 2014. – pp. 1788-1792.
133. Zhang L., Ge L., Su X., Zeng J. Fuzzy logic based vertical handover algorithm for trunking system // 26th Wireless and Optical Communication Conference (WOCC). – 2017. – pp.: 1-5.
134. Zhang Y., Luo J., Hu H. Wireless mesh networking Architectures, Protocols and Standards // Taylor & Francis Group, NY, 2007 – 610 p.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Функции принадлежности входных и выходных переменных системы нечеткого вывода для оценки проекта структурного элемента системы связи

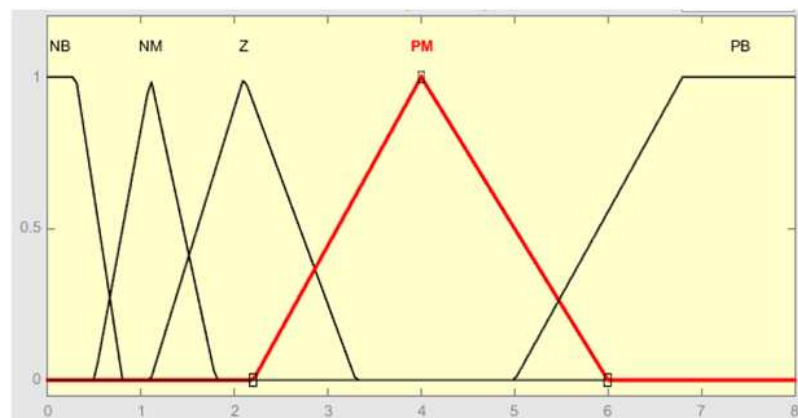


Рисунок А.1 - Функция принадлежности переменной
"Капитальные затраты"

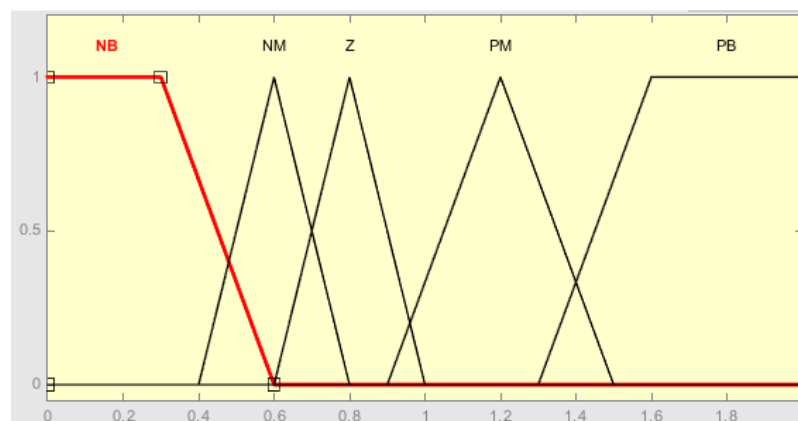


Рисунок А.2 - Функция принадлежности переменной
"Расходы за год эксплуатации"

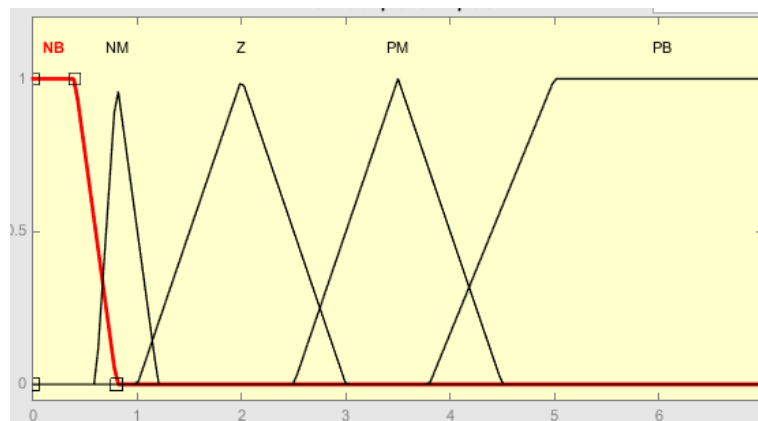


Рисунок А.3 - Функция принадлежности переменной
"Прогнозируемый доход за год эксплуатации"

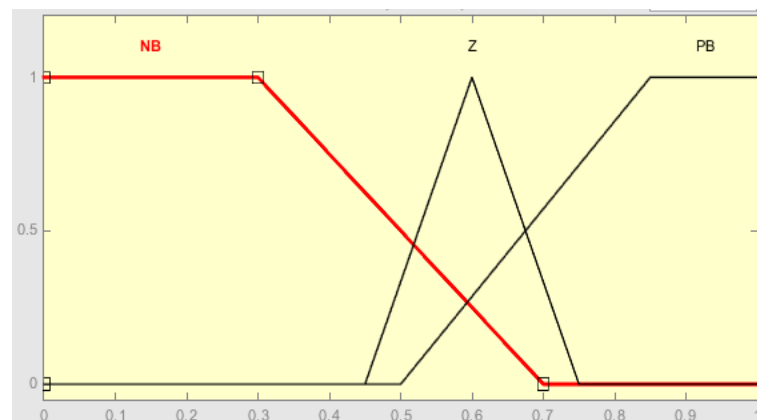


Рисунок А.4 - Функция принадлежности переменной
"Показатель маркетинговой эффективности проекта"

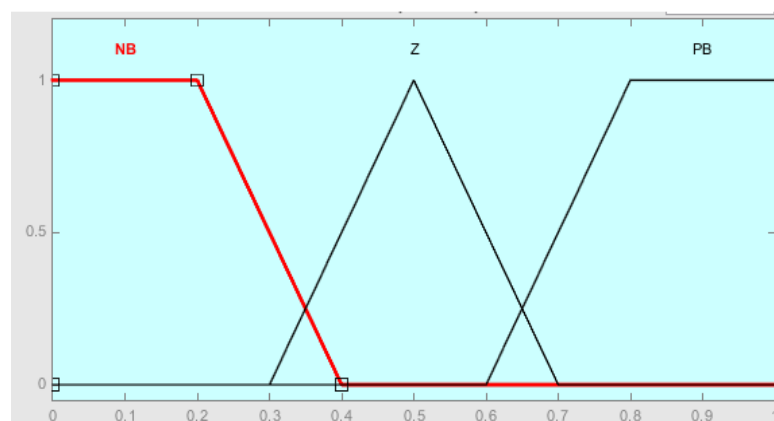


Рисунок А.5 - Функции принадлежности выходной
переменной "Оценка проекта"

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Свидетельство о регистрации базы данных



Рисунок Б.1 – Свидетельство о регистрации базы данных

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ



Рисунок В.1 – Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Функции принадлежности переменных системы нечеткого вывода для предварительной оценки проекта структурного элемента системы связи

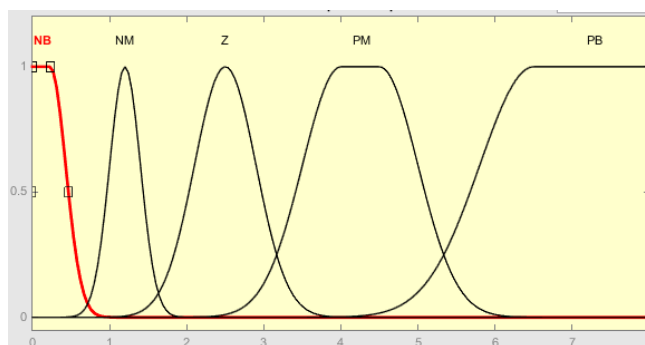


Рисунок Г.1 - Функция принадлежности входной переменной
"Оценка ожидаемых капитальных затрат "

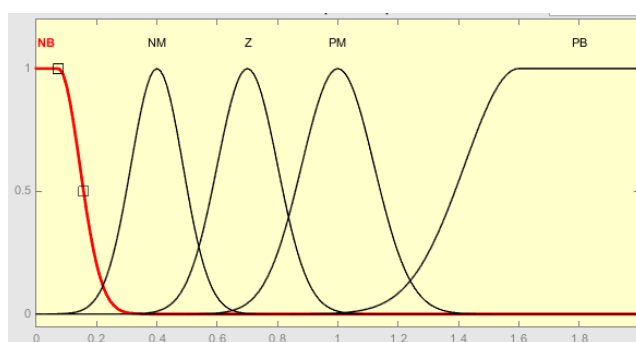


Рисунок Г.2 - Функция принадлежности входной переменной
"Оценка ожидаемых эксплуатационных затрат"

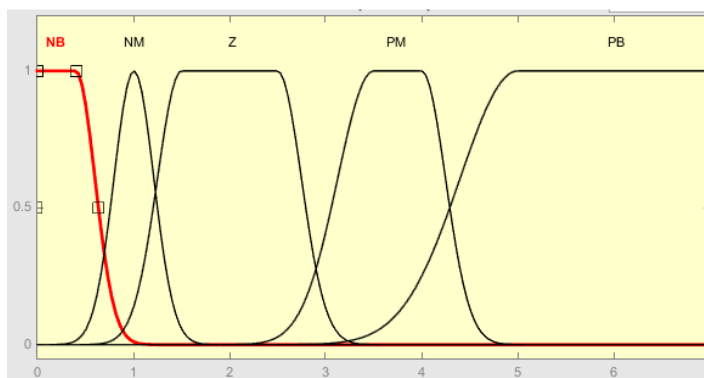


Рисунок Г.3 - Функция принадлежности входной переменной
"Оценка ожидаемой прибыли "

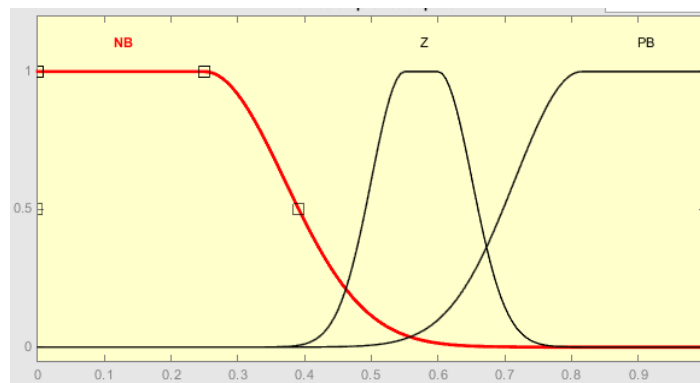


Рисунок Г.4 - Функция принадлежности входной переменной
"Предварительная маркетинговая оценка"

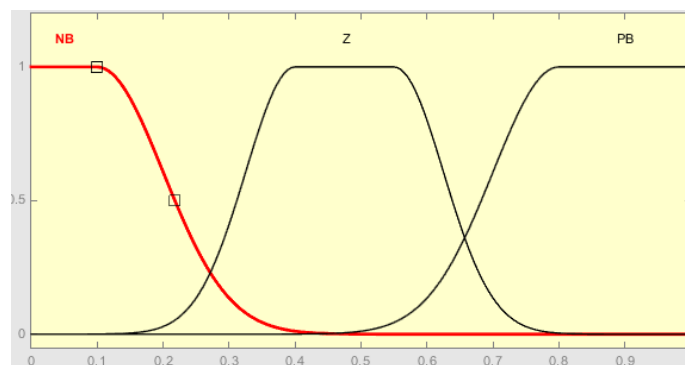


Рисунок Г.5 - Функция принадлежности входной переменной
"Предварительная оценка риска"

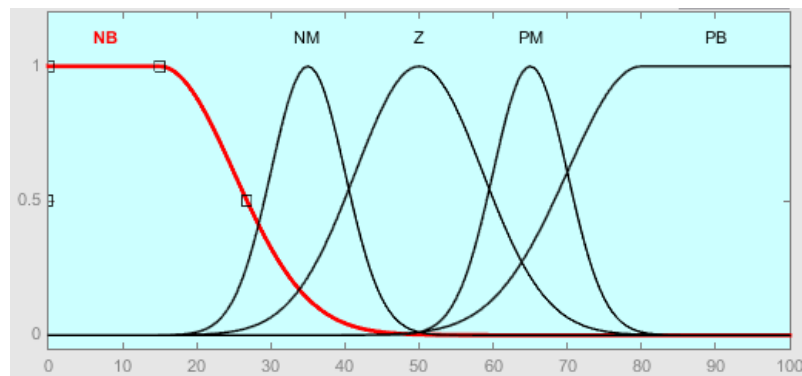


Рисунок Г.6 - Функция принадлежности выходной переменной
"Предварительная оценка проекта"

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Функции принадлежности переменных для системы нечеткого вывода используемой во время окончательной оценки

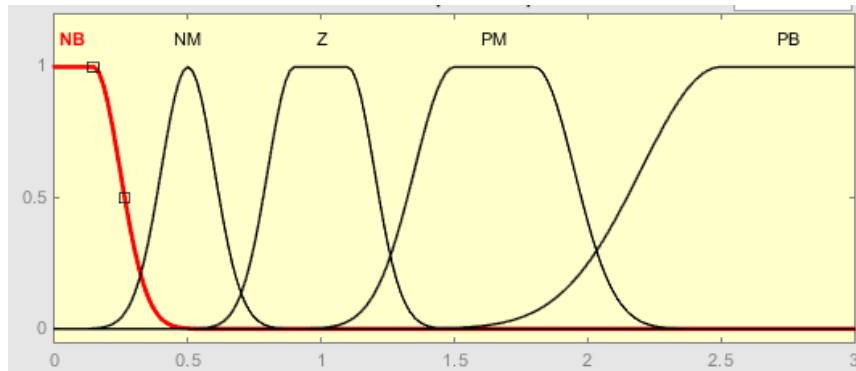


Рисунок Д.1 – Функция принадлежности входной переменной
«Оценка чистого дисконтированного дохода»

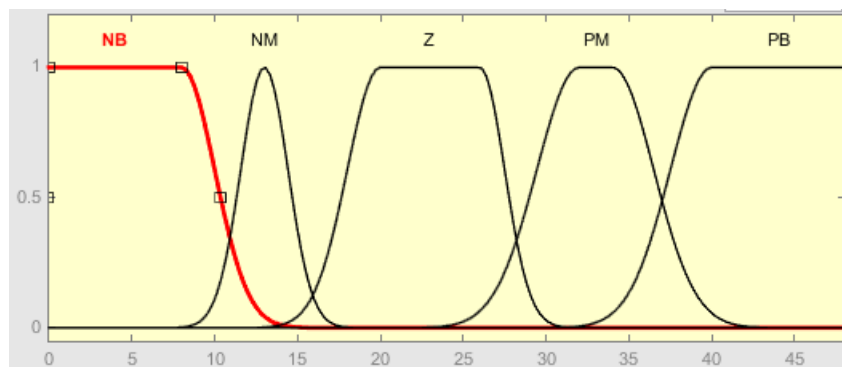


Рисунок Д.2 – Функция принадлежности входной переменной
«Оценка срока окупаемости»

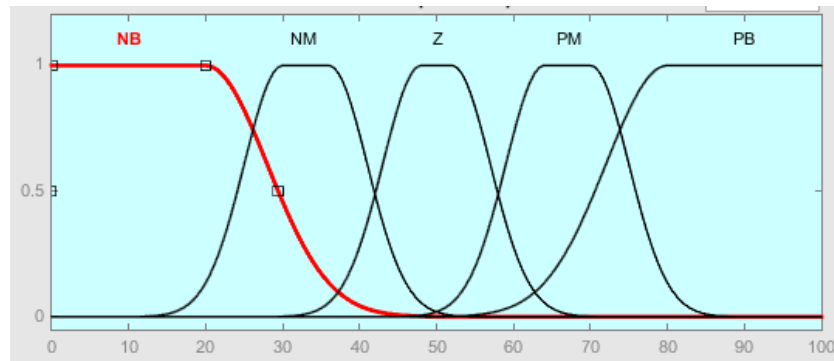


Рисунок Д.3 – Функция принадлежности выходной переменной

Оценка финансового результата проекта

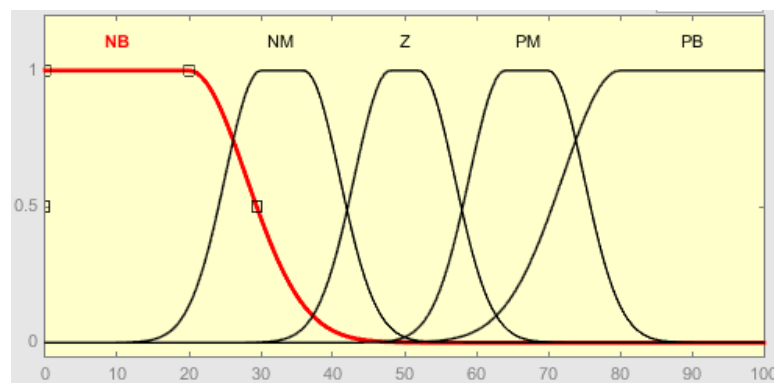


Рисунок Д.4 – Функция принадлежности входной переменной

Оценка новизны технологий проекта

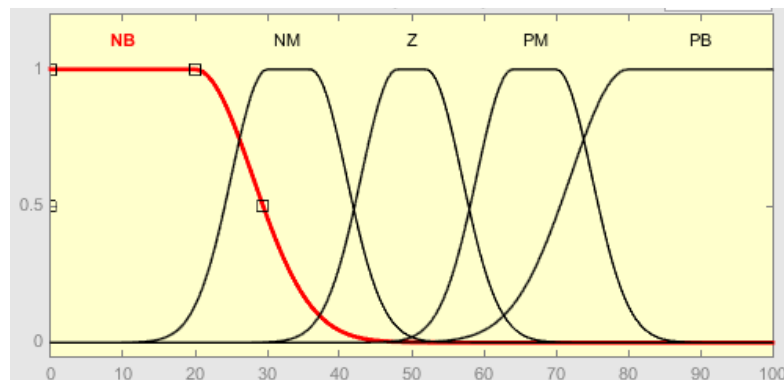


Рисунок Д.5 Функция принадлежности входной переменной

Оценка социальная значимость проекта

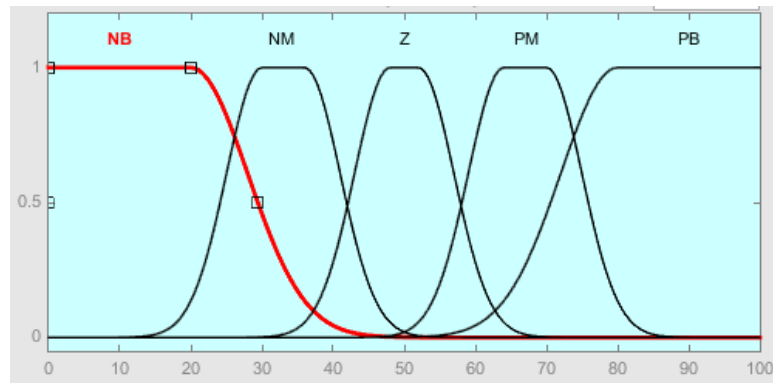


Рисунок Д.6 – Функция принадлежности выходной переменной
Маркетинговая оценка проекта

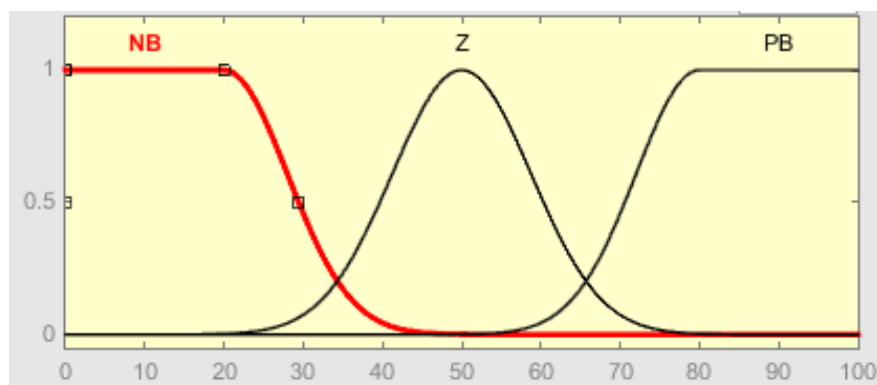


Рисунок Д.7 – Функция принадлежности входной переменной
Оценка риска не достижения целей проекта

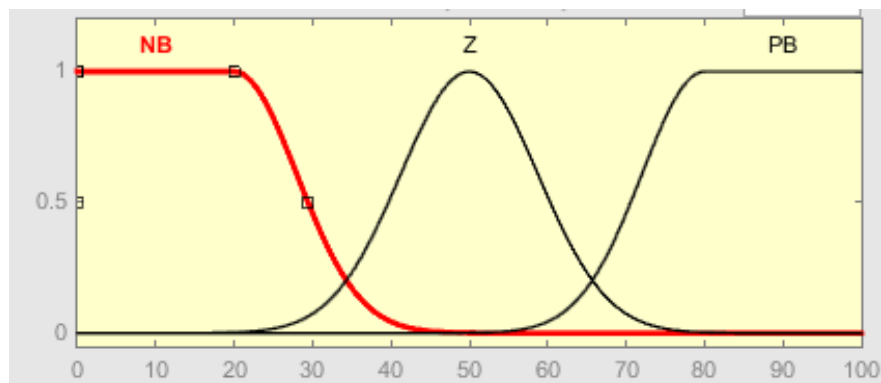


Рисунок Д.8 – Функция принадлежности входной переменной
Оценка риска срыва сроков реализации проекта

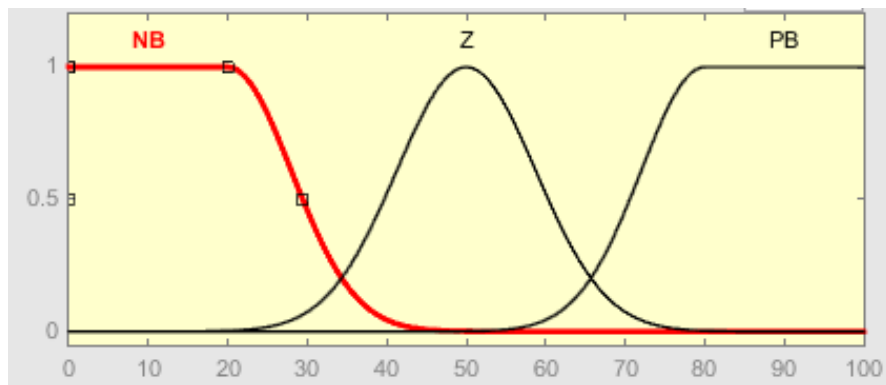


Рисунок Д.9 – Функция принадлежности входной переменной
Оценка риска превышения затрат на реализацию проекта

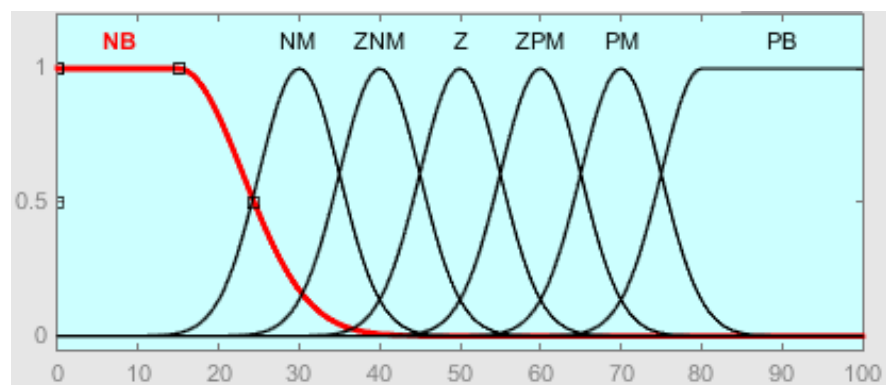


Рисунок Д.10 – Функция принадлежности выходной переменной
Оценка рисков проекта

На рисунке Д.10 приняты дополнительные термы ZNM - "Скорее средний чем ниже среднего" и ZPM - "Скорее средний чем выше среднего".

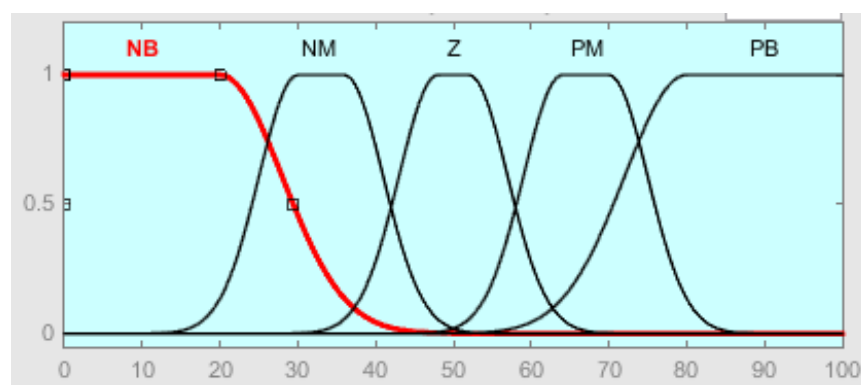


Рисунок Д.11 – Функция принадлежности выходной переменной
Оценка экономической эффективности проекта без рисков

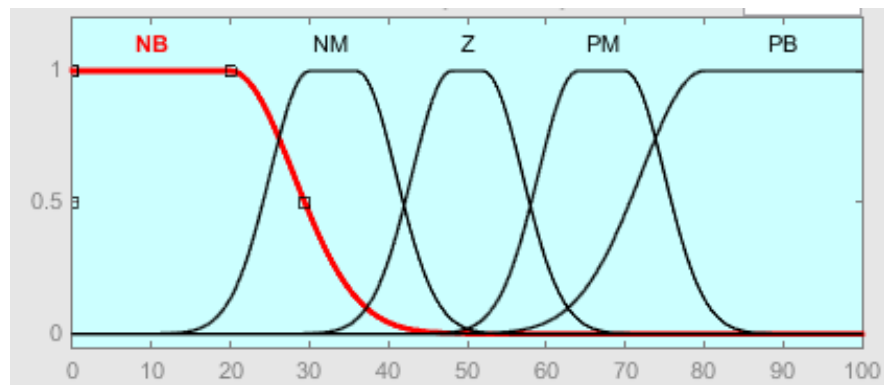


Рисунок Д.12 Функция принадлежности выходной переменной
Окончательная оценка проекта

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

Таблица описания термов для системы нечеткого вывода,
используемой во время предварительной оценки

Таблица Е.1 – Обозначение и описание термов переменных имеющих качественные значения в модели для предварительной оценки

Наименование переменной	Обозначение термина	Значение термина	Описание термина
Примерная маркетинговая эффективность	NB	Низкая	Проект реализуется на основе стандартного, часто устаревшего оборудования для предоставления общеизвестной услуги
	Z	Средняя	Проект реализуется на основе стандартного, в основном нового оборудования, кроме предоставления общеизвестной услуги ставит целью показать небольшое технологическое преимущество перед конкурентами
	PB	Высокая	Проект реализуется по новой технологии, позволяет клиенту решать новые задачи, в результате демонстрируется качественное технологическое преимущество перед конкурентами

Продолжение таблицы Е.1

Пример- ный уро- вень рис- ка не достиже- ния ре- зультата	NB	Низкий	Наблюдается в населенных пунктах с низким уровнем уличной преступности, социальной стабильностью, преобладанием населения со средним уровнем образования, умеренным уровнем конкуренции, отсутствием частых природных аномалий таких как ураганы, цунами и т.д. Развитой системой страхования.
	Z	Средний	Занимает промежуточное положение, как правило к данной категории относятся населенные пункты в которых есть отклонения по отдельным позициям относительно населенных пунктов с низким уровнем рисков.
	PB	Высокий	Наблюдается в случае наличия вооруженных конфликтов, очень высокой доли бедного населения, наличия частых природных аномалий, при этом система страхования рисков не развита.

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж
(Обязательное)

Таблица описания термов для системы нечеткого вывода,
используемой во время окончательной оценки проекта

Таблица Ж.1 – Обозначение и описание термов переменных имеющих качественные значения в модели для окончательной оценки

Наименование переменной	Обозначение терма	Значение терма	Описание терма
Новизна технологий проекта	NB	Низкая	Используется устаревшая технология, которая в частично позволяет решать поставленную задачу, например использование технологии GSM/GPRS для создания сети мобильной связи
	NM	Скорее низкая	Используется устаревшая технология, которая позволяет пользователю в целом решать задачи, например технология GSM/EDGE или ранние версии сетей мобильной связи 3-го поколения.

Продолжение таблицы Ж.1

	Z	Средняя	Технология которая широко используется в настоящий момент, позволяет пользователю решать задачи на необходимом уровне, например поздние варианты технологии сетей мобильной связи 3-го поколения, ранние версии сетей 4-го поколения.
	PM	Скорее высокая	Технологии которые начали внедряться относительно недавно (как правило не позднее 2-х - 3-х лет), предоставляют пользователю возможности в которых он был ограничен при использовании сетей предыдущего поколения, например, внедряемые сети 4-го поколения и различные варианты их расширения
	PB	Высокая	Технологии позволяют существенным образом расширить возможности пользователя, как правило это либо принципиально новая технология или новое использование уже существующего оборудования, в результате чего пользователь может решать задачи, которые он не мог решить ранее
Социальная значимость проекта	NB	Низкий	Проект не приносит пользы клиентам связанной с безопасностью, повышением уровня образования, направлен исключительно на получение прибыли, например проекты связанные с азартными играми

Продолжение таблицы Ж.1

	NM	Скорее низкий	Проект незначительно приносит пользу обществу, в основном направлен на получение прибыли, не несет образовательной ценности, вопросов повышения безопасности и т.д.
	Z	Средний	В целом стандартные проекты, реализация которых кроме коммерческой составляющей предусматривает возможность пользователя использовать ресурс для образования, ведения профессиональной деятельности, вызвать службу спасения и т.д., как правило это большинство проектов в области предоставления доступа к сетям связи и передачи данных.
	PM	Скорее высокий	Связана с возможностью разворачивать дополнительные системы безопасности (например видеонаблюдение, сигнализация, управления и контроль доступа на объекты), системы оповещения о чрезвычайных ситуациях, решать задачи образования, как правило подобные проекты реализуются совместно с общественными и государственными организациями при наличии технической возможности сети оператора

Продолжение таблицы Ж.1

	PB	Высокий	Заключается в возможности реализации крупных социальнозначимых проектов в области образования и безопасности, например системы "безопасный город", образование детей-инвалидов и т.д., возможность оперативного оповещения служб спасения от терпящих бедствие и т.д.
Риск не достижения объема реализации услуг	NB	Низкий	Социально-экономическая ситуация благоприятствует внедрению проекта, конкурентная среда недостаточно жесткая и при наличии качественных и/или ценовых преимуществ проект будет реализован.
	Z	Средний	Конкурентные условия достаточно жесткие, рынок близок к насыщению, возможны негативные воздействия органов власти путем принятия соответствующих законов, нормативных документов и др. действий, влияющих на функционирование проекта.
	PB	Высокий	Экономически и социально нестабильная ситуация, которая с высокой долей вероятности приведет к необходимости прекратить развитие проекта в процессе его реализации или начальной стадии внедрения.
Риск не реализации проекта в срок	NB	Низкий	Выбраны надежные и проверенные поставщики и подрядчики, команда проекта стабильна, имеет опыт реализации проекта, накоплены необходимые резервы на случай небольших технологических сбоев.

Продолжение таблицы Ж.1

	Z	Средний	В целом сформированная команда, однако, есть определенные кадровые риски, связанные с особенностями рынка труда (возможности забастовок), наличие поставщиков с которыми ранее не работали и т.д.
	PВ	Высокий	Нестабильность кадрового состава команды занятой в реализации проекта, случайные поставщики и подрядчики.
Риск превышения затрат на реализацию проекта	NВ	Низкий	Бизнес-план проекта просчитан, имеется проработанный риск менеджмент, экономическая ситуация в регионе стабильна, произведено страхование рисков, получены государственные гарантии
	Z	Средний	Есть трудности с риск менеджментом, бизнес-план в целом проработан, но есть отдельные недочеты, часть рисков не застрахована, ситуация в эконоке имеет склонность к корректировке курсов валют, государство не дает гарантии если это необходимо.
	PВ	Высокий	Плохо проработанный бизнес-план, нестабильная ситуация с валютой, которая может привести к удорожанию импортируемых компонентов, риски не застрахованы, социально-экономическая ситуация в регионе не стабильна.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Некоторые теоретические соотношения для оценки технических характеристик структурных элементов беспроводных систем связи

Размер зоны покрытия от подсистемы доступа с учетом работ [71,83,88] рекомендуется определять из уравнения, полученного на основе теоретического соотношения определения бюджета линии. При этом бюджет линии определяется в двух направлениях от базовой станции к абонентскому оборудованию и наоборот. Уравнения решаются относительно переменной "Расстояние" и выбирается минимальное значение:

$$\min \left[\begin{array}{l} P_{trans_AS} - L_{fid_AS} + G_{ant_AS} - L_{space} + G_{ant_BS} - L_{fid_BS} - \\ - P_{res_BS} - I_{DL} = 0 \\ P_{trans_BS} - L_{fid_BS} + G_{ant_BS} - L_{space} + G_{ant_AS} - L_{fid_AS} - \\ - P_{res_AS} - I_{UL} = 0 \end{array} \right] = \quad (3.1)$$

$$= \min[d_{BS_AS}, d_{AS_BS}]$$

где P_{trans_AS} - уровень мощности передатчика абонентского оборудования, дБ; P_{trans_BS} - уровень мощности передатчика базовой станции (точки доступа), дБ; L_{fid_AS} - потери мощности в соединении между передатчиком и антенной абонентского оборудования, дБ; L_{fid_BS} - потери мощности в соединении между передатчиком и антенной базовой станции (точки доступа), дБ; L_{space} - потери мощности сигнала в пространстве, дБ; P_{res_AS} - чувствительность приемника абонентского оборудования, дБ; P_{res_BS} - чувствительность приемника базовой станции (точки доступа), дБ; I_{DL} - уровень межканальных помех, во время распространения сигнала от абонентского оборудования до базовой станции, рекомендуется принимать равным 2 дБ; I_{UL} - уровень межканальных помех во время его распро-

странения от точки базовой станции до абонента, рекомендуется принимать равным 3 дБ;

Переменная "расстояние" в функционале (3.1) находится внутри переменной L_{space} , которая определяется на основании эмпирических моделей, разработанных под различные случаи построения сети. Наиболее универсальной является усовершенствованная модель Окамура-Хатта [73,90]. Модель имеет вид:

$$\begin{aligned} L_0 &= 46.3 + 33.9 \log(f) - 13.82 \cdot \log(h_1) + \\ &+ (44.9 - 6.55 \log(h_1)) \cdot \log(d) - \alpha(h_2) + C_0, \\ \alpha(h_2) &= (1.11 \log(f) - 0.7) \cdot h_2 - 1.56 \log(f) \end{aligned} \quad (3.2)$$

где, C_0 - поправку на тип местности, например, для крупного города $C_0 = 3$ дБ, а для небольшого города $C_0 = 0$ дБ.

Так же модель предусматривает ряд дополнительных поправок на различный тип местности:

для пригорода:

$$L_S = L_0 - 2 \log\left(\frac{f}{28}\right)^2 - 5.4, \text{ дБ};$$

для сельской местности:

$$L_{II} = L_0 - 4.78 \log(f)^2 + 18.33 \log(f) - 35.94, \text{ дБ};$$

для открытой местности:

$$L_M = L_0 - 4.78 \log(f)^2 + 18.33 \log(f) - 40.94, \text{ дБ};$$

Таким образом, для решения уравнений (3.1) вместо L_{space} рекомендуется подставить выражение (3.2) с учетом необходимых поправок на тип местности.

Значения величин по мощности и чувствительности приемо-передающего оборудования, а также величина потерь в местах соединений с антеннами берется из технических характеристик оборудования, сведения о которых содержатся в исходной базе данных способа.

Во время определения параметров транспортной сети к числу основополагающих характеристик можно отнести запас на замирание и высоту подвеса антенн.

Теоретически методика расчета запаса на замирание P_{StFade} аналогична функционалу (3.1), отличия заключаются в некоторой специфике предметной области. Сам функционал с учетом работ [71,83,88] имеет вид:

$$P_{StFade} = P_{trans} - L_{fid_trans} + G_{ant_trans} - L_{fSpase} + G_{ant_res} - L_{fid_res} - P_{res} \quad (3.3)$$

где P_{trans} - мощность передающего модуля радиорелейной станции (РРС), дБ, L_{fid_trans} - потери в фидерном тракте РРС, дБ, G_{ant_trans} - усиление антенны передающей РРС, дБ, L_{fSpase} - потери в пространстве между приемной и передающей РРС, дБ, G_{ant_res} - усиление антенны приемной РРС, дБ, L_{fid_res} - потери в фидерном тракте приемной РРС, дБ, P_{res} - чувствительность приемной РРС, дБ.

Величина L_{fSpase} с учетом работ [71,83,88], определяется из соотношения:

$$L_{fSpase} = 20 \cdot \lg(4 \cdot \pi \cdot d \cdot f / c)$$

где d - расстояние между РРС, м, f частота работы приемника и передатчика РРС, Гц, c - скорость света в вакууме, м/с.

Как правило канал радиорелейной связи считается работоспособным при выполнении условия:

$$P_{StFade} \in [20;30) \text{ дБ.}$$

При значениях ниже 20 дБ, как правило случаются перебои в связи во время выпадения осадков или других атмосферных явлениях, превышение 30 дБ, приводит к неоправданному увеличению затрат на оборудование.

Другим важным показателем который рекомендуется учитывать это размер первой зоны Френеля, который влияет на высоту подвеса антенн. Показывает размер области распространения сигнала. Согласно работ [71,83,88] определяется из соотношения:

$$H_i = \sqrt{[R_0 \cdot 1000 \cdot \lambda \cdot k_i (1 - k_i)] / 3}, \quad (3.4)$$

где R_0 - расстояние между приемной и передающей РРС, км, а $k_i = R_i / R_0$, R_i - расстояние между РРС и интересующей точкой на интервале, для которой нужно размер зоны Френеля, λ - длина волны, м.

Существует еще ряд нормированных характеристик, таких как коэффициент готовности канала, количество секунд с ошибками и т.д., методы их определения рассматриваются в работах [71,83,88].

Для ускорения процессов расчета рекомендуется использовать программно реализованные средства аналитического моделирования, например такие как RPS-2, OnePalmRPLS и др. аналоги [63,65]. Авторскими коллективами-разработчиками данных программ подготовлена широкая номенклатура методических руководств по расчетам.

Во время расчетов параметров волоконно-оптических линий связи (ВОЛС) следует особое внимание уделять:

- определению протяженности регенерационного участка,
- общую потребность в кабеле с учетом муфт и неразъемных соединения,
- энергетическим характеристикам линии с учетом мощности и чувствительности приемо-передающего оборудования, затухания кабеля, количества стыков.

ПРИЛОЖЕНИЕ И

Структура имитационной модели для оценки эффективности передачи трафика в исследуемой инфокоммуникационной системе

Команда для создания объекта моделирования

```
set ns [new Simulator]
```

Создание файла графической анимации для отображения результатов в программе Network Animator

```
set nm [open out-nm.nam w]
```

```
$ns namtrace-all $nm
```

Создание файла для сбора данных о работе сети и последующей обработкой в программе TraceGraph для построения графиков и определения количественных результатов эксперимента

```
set tr [open out-tr.tr w]
```

```
$ns trace-all $tr
```

Создание узлов сети

```
set n0 [$ns node]
```

```
set n1 [$ns node]
```

```
set n2 [$ns node]
```

```
set n3 [$ns node]
```

```
set n4 [$ns node]
```

```
set n5 [$ns node]
```

```
set n6 [$ns node]
```

Создание каналов связи между узлами сети

```
$ns duplex-link $n0 $n4 30Mb 10ms DropTail
```

```
$ns duplex-link $n0 $n1 50Mb 10ms DropTail
```

```
$ns duplex-link $n4 $n5 20Mb 10ms DropTail
```

```
$ns duplex-link $n5 $n6 25Mb 10ms DropTail
```

```
$ns duplex-link $n6 $n3 30Mb 10ms DropTail
```

```
$ns duplex-link $n3 $n2 40Mb 10ms DropTail
```

```
$ns duplex-link $n6 $n2 50Mb 10ms DropTail
```

```
$ns duplex-link $n2 $n1 25Mb 10ms DropTail
```

Создание транспортных уровней и привязка их к узлам

```
set udp0 [new Agent/UDP]
```

```
$ns attach-agent $n0 $udp0
```

```
set udp1 [new Agent/UDP]
```

```
$ns attach-agent $n6 $udp1
```

```
set udp2 [new Agent/UDP]
```

```
$ns attach-agent $n2 $udp2
```

Создание приложений и привязка их к транспортному уровню

```
set cbr0 [new Application/Traffic/CBR]
```

```
$cbr0 set packetSize_ 500
```

```
$cbr0 set interval_ 0.0005
```

```
$cbr0 attach-agent $udp0
```

```
set cbr1 [new Application/Traffic/CBR]
```

```
$cbr1 set packetSize_ 5000
```

```
$cbr1 set interval_ 0.005
```

```
$cbr1 attach-agent $udp1
```

```
set cbr2 [new Application/Traffic/CBR]
```

```
$cbr2 set packetSize_ 5000
```

```
$cbr2 set interval_ 0.005
```

```
$cbr2 attach-agent $udp2
```

Создание объекта для приема трафика приложений и привязка его к узлам

```
set null0 [new Agent/Null]
```

```
$ns attach-agent $n6 $null0
```

```
set null1 [new Agent/Null]
```

```
$ns attach-agent $n1 $null1
```

```
set null2 [new Agent/Null]
```

```
$ns attach-agent $n4 $null2
```

Создание пар "источник трафика" - "приемник трафика"

```
$ns connect $udp0 $null0
```

```
$ns connect $udp1 $null0
```

```
$ns connect $udp3 $null0
```

Создание расписания начала и окончания передачи трафика

```
$ns at 0.1 "$cbr0 start"
```

```
$ns at 0.5 "$cbr1 start"
```

```
$ns at 1.5 "$cbr2 start"
```

```
$ns at 12.5 "$cbr0 stop"
```

```
$ns at 10.5 "$cbr1 stop"
```

```
$ns at 9.5 "$cbr2 stop"
```

Задание времени окончания эксперимента

```
$ns at 14.0 "finish"
```

Описание системных процедур для корректной остановки эксперимента

```
proc finish {} {
```

```
    global ns nm tr
```

```
    $ns flush-trace
```

```
        #Close the trace file
```

```
    close $tr
```

```
    close $nm
```

```
    exit 0
```

```
}
```

Команда запуска начала эксперимента

```
$ns run
```

ПРИЛОЖЕНИЕ К

Таблицы сравнительного анализа оценок модели и реального
опыта внедрения проектов

Таблица К.1 – Величина показателей социально-экономические
показатели проектов

№	Наименование проекта	Для предва- рительной оценки		Для окончательной оценки				
		Примерная маркетинговая оценка	Примерный уровень риска не достижения результата	Новизна технологий проекта	Социальная значимость проекта	Риск не достижения объема реализации	Риск не реализации проекта в срок	Риск превышения затрат на реализацию
1	Проект базовой станции сети сотовой связи 3-го поколения в среднем городе	0,6	0,1	60	55	10	10	20

Продолжение таблицы К.1

2	Проект базовой станции стандарта 2G/3G для торгового комплекса	0,6	0,3	65	70	45	10	20
3	Проект базовой станции в пос. с населением 1500 чел.	0,5	0,2	50	55	20	10	10
4	Проект системы доступа для интернет провайдера в пос. гор. типа	0,65	0,3	70	70	40	20	20
5	Проект установки группы базовой станции сети сотовой связи 3-го поколения в небольшом городе на сети федерального оператора	0,5	0,1	50	60	20	20	10
6	Проект организации участка транспортной сети на основе волоконно-оптических линий связи, протяженностью 60 км.	0,4	0,2	50	60	40	20	30

Продолжение таблицы К.1

7	Проект высокоскоростной сети передачи данных для городского района на основе технологии FTTB	0,4	0,4	50	50	40	20	20
8	Проект установки базовой станции сети сотовой связи в среднем городе на сети регионального оператора	0,5	0,2	50	50	20	10	10
9	Проект сети передачи данных в поселке городского типа с населением 10 тыс. чел.	0,6	0,5	70	70	50	30	20
10	Проект беспроводной сети в населенном пункте с населением 5,5 тыс. чел.	0,7	0,4	70	50	40	10	20
11	Проект участка транспортной сети на основе радиорелейной линии для регионального интернет провайдера	0,4	0,5	40	50	40	10	20

Продолжение таблицы К.1

12	Проект сети на основе технологии WiMAX в населенном пункте на 1 000 чел. Для федерального оператора	0,5	0,5	60	70	40	20	20
13	Проект первой очереди сети на основе технологии WiMAX в среднем городе для регионального оператора	0,7	0,5	60	60	60	20	20
14	Проект сети доступа в коттеджном поселке	0,5	0,3	70	50	60	20	20
15	Проект сети доступа на основе FTTx для нескольких многоэтажных домов	0,4	0,4	60	50	30	10	10
16	Проект сети передачи данных на основе технологии Wi-Fi в торговом центре для регионального оператора	0,5	0,3	50	50	50	20	10
17	Проект сети передачи данных в поселке городского типа с населением 10 тыс. чел.	0,5	0,4	60	60	50	10	20

Продолжение таблицы К.1

18	Проект реконструкции сети доступа в городском районе для регионального оператора	0,5	0,3	50	60	20	30	20
19	Проект установки группы базовых станций для обслуживания населенного пункта с численностью 9000 человек для регионального оператора связи	0,6	0,3	50	60	30	20	20
20	Проект создания корпоративной сети доступа к промышленным объектам компании распределенных в пределах города	0,3	0,4	60	40	30	10	10

Таблица К.2 – Результаты предварительной и окончательной оценки проектов построения структурных элементов систем связи

№ проекта	Наименование проекта	Примерный срок окупаемости	Прогнозируемый NPV, 4 года	Балл предварительной оценки	Балл окончательной оценки	Рекомендация модели	Факт реализации
1	Проект базовой станции сети сотовой связи 3-го поколения в среднем городе	14	1,1	83,3	84,7	Принять	Реализован
2	Проект базовой станции стандарта 2G/3G для торгового комплекса	26	1,12	45,6	44,6	Отклонить	Не реализован
3	Проект базовой станции в пос. с населением 1500 чел.	30	0,62	50,4	63,3	Принять	Реализован
4	Проект системы доступа для интернет провайдера в пос. гор. Типа	25	0,48	54,7	49,3	Отклонить	Не реализован

Продолжение таблицы К.2

5	Проект установки группы базовых станции сети сотовой связи 3-го поколения в небольшом городе на сети федерального оператора	28	0,4	62,14	51,9	Принять	Реализован
6	Проект организации участка транспортной сети на основе волоконно-оптических линий связи, протяженностью 60 км.	32	0,95	50,3	47,78	Отклонить	Не реализован
7	Проект высокоскоростной сети передачи данных для городского района на основе технологии FTTB	40	4,4	65,3	41,5	Отклонить	Не реализован
8	Проект установки базовой станции сети сотовой связи в среднем городе на сети регионального оператора	38	0,17	50,9	51,5	Принять	Реализован
9	Проект сети передачи данных в поселке городского типа с населением 10 тыс. чел.	26	1,6	38,2	43,5	Отклонить	Не реализован

Продолжение таблицы К.2

10	Проект беспроводной сети в населенном пункте с населением 5,5 тыс. чел.	29	0,3	38,7	36,17	Отклонить	Не реализован
11	Проект участка транспортной сети на основе радиорелейной линии для регионального интернет провайдера	15	0,73	63,32	38,4	Отклонить	Не реализован
12	Проект сети на основе технологии WiMAX в населенном пункте на 1 000 чел. Для федерального оператора	34	0,21	53,9	38,4	Отклонить	Не реализован
13	Проект первой очереди сети на основе технологии WiMAX в среднем городе для регионального оператора	30	0,8	63,3	38,4	Отклонить	Не реализован
14	Проект сети доступа в коттеджном поселке	22	0,19 2	56,78	42,7	Отклонить	Не реализован
15	Проект сети доступа на основе FTTx для нескольких многоэтажных домов	16	0,84	65,3	78,3	Принять	Реализован

Продолжение таблицы К.2

16	Проект сети передачи данных на основе технологии Wi-Fi в торговом центре для регионального оператора	34	0,18	45,8	30,25	Отклонить	Не реализован
17	Проект сети передачи данных в поселке городского типа с населением 10 тыс. чел.	18	1,13	65,34	42,7	Отклонить	Не реализован
18	Проект реконструкции сети доступа в городском районе для регионального оператора	40	4,3	71,8	68,5	Принять	Реализован
19	Проект установки группы базовых станций для обслуживания населенного пункта с численностью 9000 человек для регионального оператора связи	35	2,9	56,9	82,2	Принять	Реализован
20	Проект создания корпоративной сети доступа к промышленным объектам компании распределенных в пределах города	39	0,37	36,9	29,7	Отклонить	Не реализован

ПРИЛОЖЕНИЕ Л

Таблица сравнения экспертных оценок проектов
и оценок модели

Таблица Л.1 – Проверяемая и контрольная выборки

№	Наименование проекта	Предварительная оценка модели	Предварительная оценка эксперта	Окончательная оценка модели	Окончательная оценка эксперта
1	Проект базовой станции сети сотовой связи 3-го поколения в среднем городе	83,3	80	84,7	85
2	Проект базовой станции стандарта 2G/3G для торгового комплекса	45,6	35	44,6	45
3	Проект базовой станции в пос. с населением 1500 чел.	50,4	50	63,3	70
4	Проект системы доступа для интернет провайдера в пос. гор. Типа	54,7	55	49,3	40

Продолжение таблицы Л.1

5	Проект установки группы базовой станции сети сотовой связи 3-го поколения в небольшом городе	62,14	65	51,9	65
6	Проект организации участка транспортной сети на основе волоконно-оптических линий связи, протяженностью 60 км.	50,3	55	47,78	45
7	Проект высокоскоростной сети передачи данных для городского района на основе технологии FTTB	65,3	70	41,5	45
8	Проект установки базовой станции сети сотовой связи в среднем городе на сети регионального оператора	50,9	55	51,5	70
9	Проект сети передачи данных в поселке городского типа с населением 10 тыс. чел.	38,2	30	43,5	40
10	Проект беспроводной сети в населенном пункте с населением 5,5 тыс. чел.	38,7	40	36,17	35

Продолжение таблицы Л.1

11	Проект участка транспортной сети на основе радиорелейной линии для регионального интернет провайдера	63,32	60	38,4	35
12	Проект сети на основе технологии WiMAX в населенном пункте на 1 000 чел. Для федерального оператора	53,9	45	38,4	35
13	Проект первой очереди сети на основе технологии WiMAX в среднем городе для регионального оператора	63,3	50	38,4	30
14	Проект сети доступа в коттеджном поселке	56,78	60	42,7	35
15	Проект сети доступа на основе FTTx для нескольких многоэтажных домов	65,3	70	78,3	80
16	Проект сети передачи данных на основе технологии Wi-Fi в торговом центре для регионального оператора	45,8	40	30,25	35

Продолжение таблицы Л.1

17	Проект сети передачи данных в поселке городского типа с населением 10 тыс. чел.	65,34	60	42,7	50
18	Проект реконструкции сети доступа в городском районе для регионального оператора	71,8	75	68,5	75
19	Проект установки группы базовых станций для обслуживания населенного пункта с численностью 9000 человек для регионального оператора связи	56,9	60	82,2	80
20	Проект создания корпоративной сети доступа к промышленным объектам компании распределенных в пределах города	36,9	35	29,7	40

ПРИЛОЖЕНИЕ М

Проверка нормальности распределения
оценок групп проектов

Таблица М.1 – Расчетная таблица для проверки нормальности распределения выхода системы нечеткого вывода, используемой во время предварительной оценки

Номер варианта i	Варианта x_i	Частота n_i	Накопленная частота ми- нус $\frac{1}{2}$ $N_i = \sum_{r=1}^i n_r - \frac{1}{2}$	Относительная накопленная частота в % $P_i = \frac{N_i}{n} \cdot 100\%$	Квантиль u_{p_i}
1	36,9	1	0,5	2,5	-1,96
2	38,2	1	1,5	7,5	-1,44
3	38,7	1	2,5	12,5	-1,15
4	45,6	1	3,5	17,5	-0,935
5	45,8	1	4,5	22,5	-0,755
6	50,3	1	5,5	27,5	-0,598
7	50,4	1	6,5	32,5	-0,454
8	50,9	1	7,5	37,5	-0,319
9	53,9	1	8,5	42,5	-0,189
10	54,7	1	9,5	47,5	-0,063
11	56,78	1	10,5	52,5	0,063
12	56,9	1	11,5	57,5	0,189
13	62,14	1	12,5	62,5	0,319
14	63,3	1	13,5	67,5	0,454
15	63,32	1	14,5	72,5	0,598

Продолжение таблицы М.1

16-17	65,3	2	16,5	82,5	0,935
18	65,34	1	17,5	87,5	1,15
19	71,8	1	18,5	92,5	1,44
20	83,3	1	19,5	97,5	1,96

Таблица М.2 – Расчетная таблица для проверки нормальности распределения предварительных экспертных оценок проектов

Номер варианта i	Варианта x_i	Частота n_i	Накопленная частота ми- нус $\frac{1}{2}$ $N_i = \sum_{r=1}^i n_r - \frac{1}{2}$	Относительная накопленная частота в % $P_i = \frac{N_i}{n} \cdot 100\%$	Квантиль u_{p_i}
1	30	1	0,5	2,5	-1,96
2-3	35	2	2,5	12,5	-1,15
4-5	40	2	4,5	22,5	-0,755
6	45	1	5,5	27,5	-0,598
7-8	50	2	7,5	37,5	-0,319
9-11	55	3	10,5	52,5	0,063
12-15	60	4	14,5	72,5	0,598
16	65	1	15,5	77,5	0,755
17-18	70	2	17,5	87,5	1,15
19	75	1	18,5	92,5	1,44
20	80	1	19,5	97,5	1,96

Таблица М.3 – Расчетная таблица для проверки нормальности распределения выхода системы нечеткого вывода, используемой во время окончательной оценки

Номер варианта i	Варианта x_i	Частота n_i	Накопленная частота ми- нус $\frac{1}{2}$ $N_i = \sum_{r=1}^i n_r - \frac{1}{2}$	Относительная накопленная частота в % $P_i = \frac{N_i}{n} \cdot 100\%$	Квантиль u_{p_i}
1	29,7	1	0,5	2,5	-1,96
2	30,25	1	1,5	7,5	-1,44
3	36,17	1	2,5	12,5	-1,15
4	36,2	1	3,5	17,5	-0,935
5-6	38,4	2	5,5	27,5	-0,598
7	41,5	1	6,5	32,5	-0,454
8-9	42,7	2	8,5	42,5	-0,164
10	43,5	1	9,5	47,5	-0,063
11	44,6	1	10,5	52,5	0,063
12	47,78	1	11,5	57,5	0,189
13	49,3	1	12,5	62,5	0,319
14	51,5	1	13,5	67,5	0,454
15	55	1	14,5	72,5	0,598
16	63,3	1	15,5	77,5	0,755
17	68,5	1	16,5	82,5	0,935
18	78,3	1	17,5	87,5	1,15
19	82,2	1	18,5	92,5	1,44
20	84,7	1	19,5	97,5	1,96

Таблица М.4 – Расчетная таблица для проверки нормальности распределения
окончательных экспертных оценок проектов

Номер варианта i	Варианта x_i	Частота n_i	Накопленная частота ми- нус $\frac{1}{2}$ $N_i = \sum_{r=1}^i n_r - \frac{1}{2}$	Относительная накопленная частота в % $P_i = \frac{N_i}{n} \cdot 100\%$	Квантиль u_{p_i}
1-2	30	2	1,5	7,5	-1,44
3-6	35	4	5,5	27,5	-0,598
7-9	40	3	8,5	42,5	-0,164
10-12	45	3	11,5	57,5	0,189
13	50	1	12,5	62,5	0,319
14	65	1	13,5	67,5	0,454
15-16	70	2	15,5	77,5	0,755
17-18	80	2	17,5	87,5	1,15
19-20	85	2	19,5	97,5	1,96

ПРИЛОЖЕНИЕ Н

Акт внедрения в ООО «АсТел»



Акт внедрения результатов диссертационной работы
на соискание ученой степени кандидат технических наук
На тему: **«Алгоритмы и методика обработки разнородной
информации для комплексного анализа проектов
систем связи»**

автор: Ахмат Юссуф
научный руководитель: к.т.н. Сорокин А.А.

Настоящим актом удостоверяется, что результаты диссертационной работы **«Алгоритмы и методика обработки разнородной информации для комплексного анализа проектов систем связи»**, выполненной Юссуф Ахмат используются в процессе производственной деятельности ООО ПКФ «АсТел» в процессе решения задач подготовки и оценки проектов по построению сетей доступа и реконструкции участков транспортной сети.

А именно:

Методика интегрированной оценки проекта структурного элемента системы связи, отличающаяся обобщенным формализованным представлением разнородной информации,

Алгоритмы для поддержки принятия решений во время анализа проекта структурного элемента системы связи.

В результате использования результатов достигнуто повышение эффективности использования средств для развития проектов сети компании в размере 22,5 %, относительно методик оценки проектов используемых ранее.

Технический руководитель

начальник отдела
эксплуатации сети

А.С. Сурков

М.М. Шмелев

ПРИЛОЖЕНИЕ О

Акт внедрения в AIRTEL



Certificat d'exploitation
des résultats de recherche (thèse doctorale) de
Youssef Ahmat
Enseignant chercheur à l'INSTA et Doctorant à
l'Université Technique d'Etat d'Astrakhan (Fédération de Russie)

Thème de recherche : « Algorithmes et méthodes de traitement des divers
informations intégrée dans les projet des systèmes de télécommunications »

Directeur de Thèse:
Maître de conférence (PhD)
Sorokin Alexandre Alexandrovitch

Rapport de la commission composée de : Directeur Général d'Airtel Tchad John Smith,
Directeur technique d'Airtel Micheal Dave, et le responsable d'exploitation des réseaux
Alina Middle, attestent que :

Ce document confirme que la société Airtel Tchad a bénéficié de l'utilité pratique des
résultats de travail de recherche de Monsieur Youssef Ahmat :

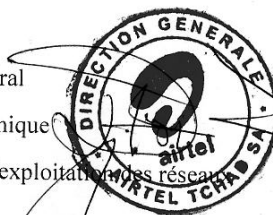
1. Procédure de traitement de l'information d'expert selon l'évaluation des projets de
systèmes de télécommunication dans leur totalité
2. Modèles d'évaluation préliminaire et finale des projets des télécommunications
3. Méthode de traitement de l'information pour la prise de décision pendant
l'évaluation des projets des système de télécommunication, ceux réalisés pour la
première fois.

L'utilisation des résultats a permis à la société de réduire jusqu'à 26,2%, des dépenses
pour le développement et la réalisation de nouveaux projets dans le domaine d'évolution
des systèmes de télécommunication mobile, comparativement aux méthodes utilisées
précédemment. Ceci confirme l'intérêt pratique du travail de recherche réalisé par
Monsieur Youssef Ahmat.

Directeur Général

Directeur Technique

Responsable d'exploitation des réseaux



10.08.2017

ПРИЛОЖЕНИЕ П

Акт внедрения в Autorité de régulation des communications
électroniques et des postes



Autorité de Régulation des Communications Electroniques et des Postes

DIRECTION GENERALE

DIRECTION DES RADIOCOMMUNICATIONS
& NORMALISATIONS

N'Djamena le

N° 128 ARCEP/DG/DRN/2017

Certificat d'exploitation
des résultats de recherche (thèse doctorale) de
Youssef Ahmat
Enseignant chercheur à l'INSTA et Doctorant à
l'Université Technique d'Etat d'Astrakhan (Fédération de Russie)

Thème de recherche : « **Algorithmes et méthodes de traitement des divers informations
intégrées dans les projet des systèmes de télécommunications** »

Les activités de organisme de l'Etat sur la régulation de la télécommunication au Tchad
ARCEP

Rapport de la commission composée de : Directeur Général Mr Idriss Saleh Bachar.
Directeur des Radiocommunication et Normalisation Mr Saleh Daoud et le président dudit
commission et Responsable des ressources humaine Mr Bobe Poka de ce fait attestent que :

Ce document confirme que l'ARCEP a bénéficié de l'utilité pratique du résultat de travail
de recherche de Mr Youssef Ahmat :

1. Modèle d'évaluation préliminaire des projets de système de télécommunication basés
sur le traitement informations d'expert
2. Modèle pour l'évaluation finale, basés sur l'expertise et l'information obtenue au
cours de l'exécution de l'analyse technique et économique
3. Méthode de traitement de l'information pour la prise de décision pendant l'évaluation
des projets des systèmes de télécommunication,

L'utilisation des résultats théorique et le logiciel conçue à base de celle-ci a permis
d'augmenter l'efficacité du travail des experts d'ARCEP qui s'occupent de l'évaluations des
projets de l'Etat. Cette efficacité se traduit par une réduction de 24,1% des dépenses
d'expertise des projets. Ceci confirme l'intérêt pratique du travail de recherche réalisé par
Mr Youssef Ahmat



**AUTORITE DE REGULATION DES
COMMUNICATIONS ELECTRONIQUES ET DES POSTES**

**Le Directeur des Radiocommunications
& Normalisations**

14.08.2017

Bobé Poka



BOBE POKA



ПРИЛОЖЕНИЕ Р

Акт внедрения в ФГБОУ ВО Астраханский государственный
технический университет



Федеральное агентство по рыболовству
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Астраханский государственный технический университет»
Система менеджмента качества в области образования, воспитания, науки и инноваций сертифицирована DQS
по международному стандарту ISO 9001

Утверждаю

Проектор по научной работе и

инновациям д.х.н. проф.

Ворожобин Н.Т.

2017 г.



Акт внедрения результатов диссертационной
(научно-квалификационной) работы на соискание
ученой степени кандидат технических наук.

Результаты диссертационной работы на соискание ученой степени кандидата технических наук на тему: «Алгоритмы и методика обработки разнородной информации для комплексного анализа проектов систем связи» выполненную Юссуф Ахматов использованы в Астраханском государственном техническом университете при подготовке студентов по направлению 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи», а именно:

Материалы для проведения лекционных, практических и лабораторных занятий по дисциплинам:

- Сети и системы мобильной связи.
- Программное обеспечение управляющих систем инфокоммуникаций.

А также выпускных квалификационных работ по направлениям магистратуры 11.04.02 «Сети, узлы связи и распределение информации» и бакалавриата 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи».

Зав. кафедрой «Связь»
к.т.н., доцент

О.Н. Пицин

ПРИЛОЖЕНИЕ С

Акт внедрения в National Institute of Science and Technology of Abéché

REPUBLIQUE DU TCHAD

PRESIDENCE DE LA REPUBLIQUE

PRIMATURE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
DE LA RECHERCHE ET DE L'INNOVATION

SECRETARIAT D'ETAT

SECRETARIAT GENERAL

INSTITUT NATIONAL SUPERIEUR DES
SCIENCES ET TECHNIQUES D'ABECHE

SECRETARIAT GENERAL

UNITE - TRAVAIL - PROGRES

تقدم - وحدة - عمل



جمهورية تشاد

رئاسة الجمهورية

رئاسة الوزراء

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

الأمانة العامة

المعهد الجامعي للعلوم والتقنيات بأبشة

الأمانة العامة

N° 515 /PR/PM/MESRI/SE/SG/INSTA/SG/2017

**Certificat d'exploitation
des résultats de recherche de thèse de Doctorat de
Youssef Ahmat, Enseignant chercheur à l'INSTA et Doctorant à
L'Université Technique d'Etat d'Astrakhan (Fédération de Russie)**

Thème : « Algorithmes et méthodes de traitement des diverses informations intégrées dans les projets des systèmes de télécommunications »

Les résultats obtenus par le Doctorant **Youssef Ahmat** au cours de ses recherches de thèse pour l'obtention du titre de Docteur ès sciences technique (PhD), peuvent être utilisés dans le système d'enseignement de l'Institut National Supérieur des Sciences et Techniques d'Abéché (INSTA) notamment au Département de Multimédias et Télécommunications dans le cadre des cours théoriques, pratiques et travaux de laboratoires, relatifs aux disciplines suivantes :

- Notions de conceptions des systèmes de télécommunications modernes ;
- Exploitation des réseaux et systèmes de réseaux mobiles ;
- Gestion des réseaux et des systèmes informations modernes ;
- Conception des réseaux informatiques.

L'utilisation de ses résultats dans le système d'enseignement dudit Institut confirme le grand apport scientifique et pratique de la recherche menée.

Pour le Chef de Département de Multimédias
et Télécommunications

5 / 8 / 2017

Dr AHMAT MAHAMAT SALEH

