

На правах рукописи

Соколовский Артем Константинович

**ЭФФЕКТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ИННОВАЦИОННО-
ИНФОРМАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ НА ОСНОВАНИИ ТРЕБОВАНИЙ
ЗАИНТЕРЕСОВАННЫХ СТОРОН**

Специальность: 05.02.23 – Стандартизация и управление качеством продукции

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Санкт-Петербург - 2012

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет»

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
Виктор Николаевич Тисенко

Официальные оппоненты: заслуженный деятель науки РФ, доктор технических наук, профессор **Артемий Георгиевич Варжапетян**

кандидат технических наук, **Мишкутенок Владимир Владимирович**

Ведущая организация: **ЗАО "Конструкторско-технологический проектный институт "Газпроект"**

Защита состоится «_____» _____ 2012 г. в _____ часов на заседании диссертационного совета Д 212.229.21 при ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет» по адресу: 195251, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29, главное здание, ауд. _____

С диссертацией можно ознакомиться в фундаментальной библиотеке ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет».

Автореферат разослан «_____» _____ 2012 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
доктор технических наук, профессор

Редько С.Г.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Для достижения успеха, как на российском, так и на международном рынке, отечественным организациям необходимо активно развивать высокотехнологичное производство, реализовывать перспективные проекты, проводить рациональное инвестирование в перспективные информационно-коммуникационные технологии (ИКТ). ИКТ затрагивают ключевые стороны жизни общества: техническое развитие, производство, обороноспособность. Стремительный рост сектора ИКТ в мировой экономике принято связывать с наступлением информационной эпохи. Передовые инновационно - информационные технологии (ИИТ) способствуют тому, что многие фундаментальные постулаты многовековой промышленной конкуренции устаревают. Способность мобилизовать и в полной мере использовать свои информационные активы приобретает все большее значение по отношению к инвестициям и управлению активами.

Одной из серьезных проблем, с которой сталкиваются современные организации, является выбор инновационно - информационных проектов (ИИП) для реализации. Выбор связан с оценкой качества множества вариантов ИИП с целью обеспечения эффективного распределения ограниченных ресурсов. Выбор требует формирования адекватной и полной модели, описывающей субъективные и объективные факторы, влияющие на качество ИИП при ориентации на требования заинтересованных сторон (ЗС). Указанные факторы существенно влияют на степень точности оценок, обеспечивают необходимой информацией лицо, принимающее решение (ЛПР).

Для решения поставленной проблемы предлагается использовать модели, методики и инструменты, позволяющие формализовать вопросы управления качеством сложной и противоречивой системы, которой является ИИП. Актуальной является всесторонняя, научно обоснованная оценка качества ИИП, основанная на потребностях ЗС. Существует необходимость развивать методики и инструменты для оценки и управления качеством ИИП, учитывая особенности этой динамично развивающейся сферы.

Целью диссертации является повышение эффективности управления качеством при планировании и реализации ИИП на основании требований заинтересованных сторон.

Для достижения цели поставлены и решены следующие основные **задачи**:

1. Сформировать специализированные модели и методики оценки качества ИИП, используя результаты анализа существующих подходов к оценке качества, отечественные и международные стандарты, принципы квалиметрии.

2. Разработать модель и порождаемую методику, формализующую требования ЗС в аналитическом виде для количественной оценки качества ИИП.

3. Разработать модель для классификации ИИП, соответствующую методику применения и классификатор, обеспечивающие предварительную оценку согласованности целей ЗС на основе множеств допустимых значений требований.

4. Разработать методики и инструменты управления качеством ИИП на основании модели качества ИИП, методов системного анализа, математического моделирования, стратегий многокритериальной оптимизации параметров ИИП (обеспечить наилучший возможный уровень качества для ЗС; обеспечить уровень качества для ЗС при условии минимизации стоимости и сроков реализации).

5. Разработать базу данных типовых показателей, применимых для оценки качества ИИП.

Объекты исследования. Модель качества ИИП; интегральный критерий качества ИИП; частные критерии качества заинтересованных сторон ИИП; управление качеством на основе аналитических методов; квалиметрические методы оценки качества объектов, процессов управления качеством;

Предметом исследования являются модели и инструменты управления качеством ИИП в рыночных условиях, методы системного анализа, методы анализа, синтеза и оптимизации, математические и информационные модели состояния и динамики качества объектов, стандартизация ИИП, совершенствование систем управления качеством.

Методологической основой исследования послужили труды отечественных и зарубежных учёных. Значительный вклад в исследование качества ИКТ проектов внесли М. Р. Gupta, Debashish Jana, J. Mingers, Juhani Anttila, Koen Milis, Roger Mercken и др., теория поддержки принятия решений развита в работах Литвака Б.Г., Волковой В.Н., Денисова А.А. Современные методы прикладного математического моделирования и теории систем: Беллман Р. Э., Ногин В. Д., Перегудов Ф.И., Подиновский В.В., Ямпольский В.З., Кочнев Л.В., Чернышов В.Н., Бусленко Н.П., Саратовский В.Н., Цыпкин Я.З., Заде Л.А, Голота Я.Я., Леонтьев В.К., и др.; современные методы управления в области инновационных технологий и проектного управления заложены в трудах Колосова В.Г., Туккеля И.Л., Литвина С.С., Шапиро В.Д., Мазура И.И., Каплана Р.С., Нортон Д. П., Портера. М.Ю. и др. Теория обеспечения эффективности и качества систем развита в работах Варжапетяна А.Г., Тисенко В.Н., Рейльяна Я. Р., Коршунова Г.И, Шадрина А.Д.,

Методы исследования. Используются методы системного анализа, нечеткой логики противоположностей, квалиметрии, всеобщего управления качеством; методы, основанные на международных и российских стандартах (серии ISO 9000, ISO/IEC 12207, ГОСТ 34 серии, ГОСТ 19 серии, РМВОК, СММИ), основы теории игр, теории графов; методы многокритериальной оптимизации, построения алгоритмов и математического моделирования.

Информационную базу исследования составляют научные источники в виде данных из книг, стандартов, журнальных статей, электронных периодических изданий, материалов научных

конференций, законодательных и нормативных актов, результатов, полученных автором на объектах исследований.

Научная новизна диссертационного исследования

1. Разработана новая формализованная иерархическая граф-модель, обеспечивающая количественную оценку качества ИИП, в том числе для каждой ЗС. Соответственно, предложен новый вид критериальных функций: интегральный критерий качества (ИКК) ИИП, частные критерии качества (ЧКК) ЗС, частные критерии качества ИИП по областям знаний (ОЗ) проектного управления для ЗС.

2. Разработан новый классификатор ИИП на основе модифицированной иерархической граф-модели и метода классификации, позволяющие провести предварительную оценку согласованности целей ЗС, анализируя множества возможных компромиссов.

3. Разработаны новые аналитические инструменты управления качеством ИИП на основании предложенных моделей и методик, включая:

- многокритериальную оптимизацию параметров ИИП для инвестирования средств, позволяющую обеспечить наилучший возможный уровень качества для каждой ЗС;
- многокритериальную оптимизацию параметров ИИП для инвестирования, обеспечивающую необходимый уровень качества ИИП в условиях минимизации стоимости и сроков реализации.

Результаты, выносимые на защиту

1. Иерархическая граф-модель качества ИИП на основании требований ЗС, порождаемая методика количественной оценки качества ИИП, соответствующие критериальные функции (КФ).

2. Модифицированная иерархическая граф-модель классификации ИИП, классификатор и соответствующая методика классификации.

3. Методика многокритериальной оптимизации параметров ИИП для эффективного инвестирования при условии обеспечения наилучшего возможного уровня качества для каждой ЗС.

4. Методика многокритериальной оптимизации параметров ИИП для эффективного инвестирования, в условиях обеспечения уровня качества, при минимизации стоимости и сроков реализации.

Достоверность результатов исследования определяется корректностью применения теоретических положений и аналитических методов, согласованностью с содержанием положений ЛП, стандартов серии ГОСТ Р ИСО 9000, РМВОК, ГОСТ 34, 19 серии, соответствием экспериментальных и теоретических данных.

Практическая значимость полученных результатов.

1. Внедрение предложенных средств оценки качества ИИП обеспечивает реализацию ИИП, наиболее полно соответствующего формализованным предпочтениям ЗС, т.к. учитывает значимые параметры (иерархическая граф-модель).

2. Методика классификации ИИП позволяет оценить уровень противоречия целей ЗС по областям знаний проектного управления, отфильтровать нереализуемые в заданных условиях ИИП, заложить основы для стандартизации.

3. Средства оценки качества ИИП обеспечивают формирование ИКК, позволяющего сравнить несколько альтернатив между собой и сформировать идеальную модель ИИП в терминах воспринятого ЗС качества.

4. Применение инструментов и методик управления качеством ИИП дает возможность эффективно управлять уровнем качества ИИП: минимизировать инвестиции и сроки реализации, убеждать ЗС выбрать наилучший кооперативный исход при инвестировании доступных ресурсов.

5. Применение моделей, инструментов и методик управления качеством ИИП позволило сформировать портфель информатизации для ИКТ организации (ООО «Газинформсервис»).

6. Разработанные модели, инструменты и методики могут дополнять имеющиеся стандарты и системы менеджмента качества.

Апробация работы. Основные положения работы докладывались в 2006-2011 г. на научных конференциях и семинарах: «II международная научно-практическая конференция «Инновации, качество и сервис в технике и технологиях» (Курск, 2011), научный доклад в Лапееврантском технологическом университете (Финляндия, LUT 2007), «XXXV Неделя науки СПбГПУ», научный доклад в Технологическом университете г. Тампере (Финляндия, TUT 2010), научных семинарах Факультета инноватики СПбГПУ.

Публикация результатов исследования. По теме диссертации опубликовано 7 научных работ общим объемом 4 п.л., в том числе 3 в рецензируемых журналах из списка ВАК.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованной литературы, приложений. Общий объем диссертации составляет 156 страниц машинописного текста и включает 17 рисунков, 16 таблиц и 7 приложений. Список литературы включает в себя 80 наименований.

Во введении приводится обоснование актуальности темы исследования, сформулирована основная цель работы, перечень конкретных задач, представлена научная новизна, практическая

значимость полученных результатов, краткое содержание глав работы, теоретические и методические основы исследования.

В **первой главе** представлены результаты проведенного анализа отечественной и зарубежной литературы по состоянию и тенденциям развития методик поддержки принятия управленческих решений, современному пониманию феномена «качества» и стандартизации, методикам и моделям для управления качеством ИКТ проектов. Для исследования качества ИИП показана необходимость имитационного (структурного) моделирования, логико-математического и количественного моделирования, в совокупности дающие представление о системе в различных ее аспектах. Проведённый анализ позволяет выделить основные характеристики ИИП, связанные с высокой степенью неопределенности, технической и технологической наукоёмкостью, сложностью определения рамок проекта, высокими рисками реализации и, как следствие, нарушения сроков и бюджета.

В работе используется иерархический подход, модели, методики и инструменты для комплексной оценки и управления качеством ИИП, основываясь на объединении аналитических, гибких экспертных и счетных методов в условиях неопределённости, что позволяет, в некоторой степени, восполнить имеющийся пробел. Такой подход включает «восходящий процесс» построения иерархической граф-модели от показателей нижнего уровня (ПНУ) до ЧКК ЗС и интегрального критерия качества и «нисходящий процесс», реализующий стратегии оптимизации, при которых определяется порядок инвестирования ресурсов (повышение значений) в ПНУ. При этом достигается решение обратной задачи - управление уровнем качества ИИП.

Для решения поставленных выше задач предлагается использовать нечеткие логики. В качестве основного инструмента исследования выбрана логика противоположностей (ЛП), обладающая преимуществами по отношению к существующим нечетким логикам, для целей прогнозирования уникальных ИИП и разработанная в СПбГПУ Я.Я. Голота и В.Н. Тисенко.

Вторая глава посвящена разработке иерархической граф-модели и порождаемой методики оценки качества ИИП. Применяется концепция структуризации целей и функций (Ф.И. Перегудов, В.З. Ямпольский, Л.В. Кочнев) и определение системы, предложенное В.Н. Сагатовским (1)

$$S \stackrel{\text{def}}{=} \langle A, R, Z, SR, \Delta T \rangle, \quad (1)$$

где рассматривается множество объектов A , на котором реализуются заранее определенные отношения R с фиксированными свойствами, введено понятие цели Z , среды SR , интервала времени ΔT периода существования системы, влияющего на процесс целеобразования.

Иерархическая древовидная граф-модель качества ИИП (далее – граф-модель) сформулирована в следующем виде:

Уровень 1. Граф-модель создается для целей выбора и управления ИИП на основании требований ЗС.

Уровень 2. Определяются критерии оценки для «видов конечного продукта» (ВКП). Для граф-модели рассмотрены:

- интегральный критерий качества ИИП $H[W]$, позволяющий упростить проблему выбора;
- частные критерии качества каждой ЗС, образующие векторный критерий: $H[W] = (H[ЗС 1], H[ЗС 2], \dots, H[ЗС N])$; ЧКК представлены в областях знания (ОЗ) проектного управления для каждой ЗС: $H[ЗС N] = (H[ОЗ 1], H[ОЗ 2], \dots, H[ОЗ N])$.

Уровень 3. Декомпозиция целей по признаку «пространство инициирования целей». Для формирования граф-модели рассматриваются следующие основные подсистемы:

- в качестве надсистемы (НС) - группу заинтересованных сторон Заказчика и Спонсора;
- в качестве нижестоящих, или подведомственных систем (ПС) - Поставщиков и Партнеров;
- в качестве актуальной среды (АС) - Государство и Общество;
- в качестве внутренней среды (ВС) - группу заинтересованных сторон Исполнитель.

Количество ЗС, входящих в каждую подсистему, не ограничивается.

Уровень 4. Декомпозиция по признаку «жизненный цикл системы».

Уровень 5. Декомпозиция по признаку «основной состав системы» (табл. 1).

Таблица 1. Основной состав системы оценки качества ИИП.

Состав системы	Применительно к ИИП	Примечания
<i>Элементы системы</i>	Описание набора применимых показателей в граф-модели	База данных показателей для оценки ИИП
<i>Связи системы</i>	Описание набора возможных взаимосвязей в граф-модели	Пространство связей согласно аксиоматики ЛП. Конъюнкция «слабая» связь: $H(A \& B) = H(A) + H(B)$ Дизъюнкция «сильная» связь: $H(A \vee B) = -\log_2[1 - (1 - 2^{-H(A)})(1 - 2^{-H(B)})]$
<i>Структура системы</i>	Описание иерархической древовидной структуры граф-модели	Пространство деревьев показателей, определяющих качество для каждой ЗС через области знаний проектного управления и нижележащие ПНУ
<i>Критерии оценки системы</i>	Описание набора критериев для оценки системы	На основе критериальных функций заинтересованных сторон (ЧКК), определяющих ИКК
<i>Организация системы</i>	Упорядоченность содержания с помощью оценок значимости от ЗС	Пространство коэффициентов значимости. Для каждого уровня иерархии справедливо: $\sum_{i=1; j=1}^{j=n} \rho_{ij} = 1$

Уровень 6. Декомпозиция по признаку «управленческий цикл». Вопросы управления качеством ИИП рассматриваются в виде многокритериальных задач оптимизации (4 глава).

Методика построения иерархической граф-модели (рис. 1) включает следующие этапы:

1. Формирование набора показателей, отражающих предпочтения конкретного ЛПР. В качестве источника информации для определения значимых для ЗС показателей, обладающих свойствами *полноты, операционности, разложимости, избыточности, минимальной размерности*, используются проектные документы, законы, стандарты, области знаний проектного управления (РМВОК), разработанная база данных показателей для оценки ИИП.

2. Построение граф-модели в соответствии с ВКП на основании сформированного набора показателей (рис. 1).

а. Первый уровень граф-модели содержит ИКК ИИП $H[W]$.

б. Второй уровень граф-модели содержит узлы, характеризующие ЧКК ЗС: $H[ЗС 1], H[ЗС 2], \dots, H[ЗС N]$, которые «свертываются» в ИКК $H[W]$ в соответствии с аксиоматикой ЛП.

с. Третий уровень граф-модели содержит узлы, характеризующие ЧКК областей знания (ОЗ) проектного управления для каждой ЗС: $H[ОЗ 1], H[ОЗ 2], \dots, H[ОЗ N]$, которые «свертываются» в ЧКК ЗС: $H[ЗС 1], H[ЗС 2], \dots, H[ЗС N]$.

д. Четвертый уровень граф-модели содержит узлы, характеризующие комплексные оценки подобластей знаний.

е. Пятый и дальнейшие уровни содержат узлы, характеризующие комплексные оценки, необходимые для перехода к ПНУ.

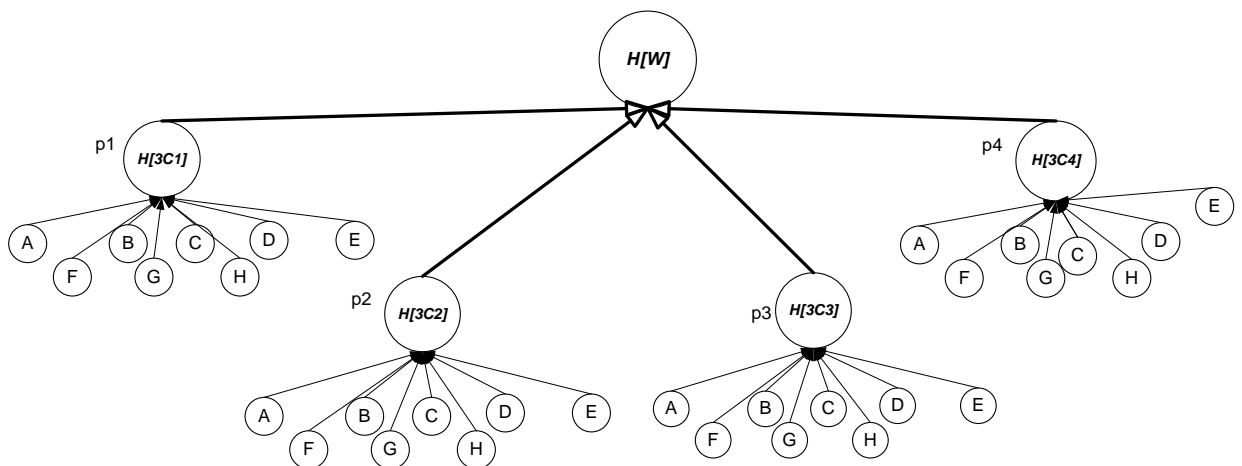


Рис. 1. Уровни 1-3 граф-модели

А (ОЗ) – Содержание проекта; В (ОЗ) – Интеграция проекта; С (ОЗ) – Сроки проекта; D (ОЗ) – Стоимость проекта; Е (ОЗ) – Человеческие ресурсы проекта; F (ОЗ) – Коммуникации проекта; G (ОЗ) – Риски проекта; H (ОЗ) - Закупки проекта, p_i – коэффициенты значимости

β – сильная связь, β – слабая связь.

3. ПНУ граф-модели оцениваются количественно и нормируются для приведения к безразмерным единицам.

4. На основе аксиоматики ЛП производится формальное преобразование граф-модели в КФ, учитывающее коэффициенты значимости и связи граф-модели. ИКК связывается с измеримыми ПНУ. Общий вид примера оценки функционала приведен в (2).

$$H[W] = -\log_2 \left[1 - \left(1 - 2^{-\rho_{11}H(-\log_2[1-(1-2^{-\rho_{11}H(a_{11})})] + \rho_{21}H[a_{21}] + \rho_{41}H[a_{41}])} \right) \right] - \\ - \log_2 \left[1 - \left(1 - 2^{-\rho_{21}H(a_{21})} \right) \right] + \rho_{21}H[a_{21}] + \dots + \rho_{ij}H[a_{ij}] \quad (2)$$

где $H[a_{ij}]$ – нормированная оценка ПНУ.

5. В формулу оценки функционала подставляются численные значения ПНУ, производится расчет количественного значения сначала на уровне областей знаний проектного управления, далее до вершин деревьев каждой ЗС: $H[ЗС 1], H[ЗС 2], \dots, H[ЗС N]$. Набор оценок качества ИИП в вершинах деревьев каждой ЗС используются для окончательного расчета значения ИКК $H[W]$ всего проекта.

Полученная граф-модель качества ИИП формирует логический переход от структуры целей и функций к измеримым требованиям ЗС.

Третья глава посвящена разработке модели и методики классификации ИИП, которая на основании граф-модели и разработанной методики построения граф-модели позволяет отфильтровать заведомо несостоятельные ИИП и служит элементом их стандартизации. Сущность порождаемого классификатора ИИП заключается в оценке возможности взаимного достижения поставленных целей ЗС. В зависимости от ситуации классификации предлагается квалиметрический метод с Евклидовой метрикой и последующей оценкой в рамках вербальной шкалы Харингтона, и метод, основанный на ЛП, для более точной классификации, на основе модифицированной граф-модели.

Квалиметрический метод применяется для построения классификации ИИП с меньшей точностью по отношению к методу, основанному на ЛП, однако требует меньших затрат ресурсов.

Метод, основанный на ЛП, базируется на модифицированной граф-модели и применяется для построения классификации ИИП с более высокой точностью, но требует больше трудозатрат по отношению к квалиметрическому методу. Метод включает следующие основные этапы:

1. Определяется цель каждой ЗС, характеризуемая набором из n показателей.
2. Рассматриваются попарно связанные цели ЗС в разрезе выделенных общих показателей, которые также образуют связанные пары (например: инвестиционные, трудоустройства населения, технического развития региона и др. для пары ЗС «Заказчик» – «Государство»; финансовые, временные, технические и др. для пары ЗС «Заказчик» - «Исполнитель»).

3. Набор из n показателей оценивается количественно.

4. Для построения граф-модели используются не показатели, характеризующие цели ЗС, а их относительные значения, определяющие мощность множества компромиссов.

5. Относительные значения рассчитываются по следующему алгоритму:

- пусть M_{ij} – множество показателей, по которым пара ЗС совместно оценивает ИИП (где $i \in (1 \dots n)$ – порядковый номер показателя, $j \in (1 \dots m)$ – номер ЗС);

- парные показатели M_{11} и M_{12} определяют один и тот же параметр ИИП и характеризуются соответствующими множествами допустимых (с точки зрения ЗС) значений $O_{M_{11}}$ и $O_{M_{12}}$;

- относительное значение показателя (в долях единицы) определяется как отношение пересечения множеств $O_{M_{11}} \cap O_{M_{12}}$ к объединению множеств $O_{M_{11}} \cup O_{M_{12}}$ (3):

$$A = \frac{O_{M_{11}} \cap O_{M_{12}}}{O_{M_{11}} \cup O_{M_{12}}}, \quad (3)$$

таким образом рассчитывается мощность множества компромиссов, как доля от объединения допустимых значений показателей.

6. Для каждой пары связанных целей ЗС строится отдельная ветвь дерева модифицированной граф-модели, в которой используются относительные значения показателей, сформированные в п. 4.

7. В соответствии с методикой, предложенной во второй главе, строится модифицированная граф-модель, с изменениями указанными ниже:

а. Модифицированная граф-модель структурируются по следующим уровням:

- оценка совокупной мощности множества компромиссов для всех выделенных ЗС ($H[D]$);

- оценка мощности множества компромиссов для пары целей двух ЗС ($H[d_i]$);

- оценка мощности множества компромиссов по областям знаний проектного управления ($A, B, C \dots H$).

б. В граф-модели должны содержаться только «сильные» связи γ . Если по одному из значимых для ЗС показателей, пересечение определяется как пустое множество: $O_{M_{11}} \cap O_{M_{12}} = \emptyset$, то ЗС не смогут прийти к консенсусу. Следовательно, реализация ИИП невозможна.

с. Используя аксиоматику логики противоположностей, производится формальное преобразование модифицированной граф-модели в критериальную функцию для получения оценки $H[D]$.

д. Класс ИИП вычисляется на основании значения $H[D]$, сопоставленного с вербальной шкалой Харингтона (табл. 2).

Таблица 2. Классификатор ИИП на основе согласованности целей ЗС

Класс ИИП	Значение $H[D]$
очень высокой степени согласованности целей	800 – 1000
высокой степени согласованности целей	640 – 800
средней степени согласованности целей	370 – 640
низкой степени согласованности целей	200 – 370
очень низкой степени согласованности целей	0 - 200

Предложенный метод и классификатор ИИП позволяют оценить набор проектов по степени противоречивости ЗС, указать наиболее противоречивые показатели целей ЗС в разрезе областей знаний проектного управления и соответствующих подобластей, для которых проведена оценка мощности множеств.

В четвертой главе предлагаются инструменты и методы по управлению качеством ИИП.

При оценке качества ИИП с использованием предложенной граф-модели (глава 2) возникает общая обратная задача - создание ИИП, отвечающего предъявленным требованиям, включающая две задачи, рассмотренные ниже. Для задач удобно использовать принцип оптимальности в виде единых функционалов: $H[W]$; $H[ЗС 1]$, $H[ЗС 2]$, ..., $H[ЗС N]$. При этом алгоритм оптимизации должен предоставлять все множество возможных вариантов решений для выбора наиболее соответствующего установленному принципу оптимальности.

Задача 1. Обеспечение качества ИИП на основе введенного критерия оптимальности, базирующегося на значении ИКК $H[W] = K$, (некоторое значение, которое необходимо достичь) при заданных критериях ограничений - минимизации затраченных ресурсов: «стоимость изменений» M и «длительность изменений» T .

Рассмотрим решение Задачи 1 в формализованном виде:

1. КФ, описывающая ИКК ($H[W]$), задана в общем виде в (2).
2. Значение оценок для каждого ПНУ нормировано в долях единицы (4).

$$0 \leq H[a_i], H[b_i], H[c_i] \dots \leq 1 \quad (4)$$

3. Введены следующие ограничения: минимизировать инвестиции в ИИП, т. е. определить ПНУ, наиболее эффективные для инвестирования в виде упорядоченных векторов стоимости изменений X_m и длительности изменений X_T (5) и (6).

$$X_m = (x_{m1}, x_{m2}, \dots, x_{mi}) \quad (5)$$

$$X_T = (x_{T1}, x_{T2}, \dots, x_{Ti}) \quad (6)$$

где x_{mi} , x_{T1} – стоимость изменения значения i -го ПНУ ($i = 1, \dots, n$);

4. Введен X – искомый вектор, обеспечивающий заданный уровень качества K через некоторые оценки значений ПНУ (7).

$$X = (H[x_{a_1}], H[x_{a_2}], \dots, [x_{a_n}]) \quad (7)$$

где, $H[a_i]$ – оценка ПНУ ($i = 1, \dots, n$);

Для нахождения наилучшего вектора X разработана следующая методика:

1. Проводится анализ чувствительности значения ИКК $H[W]$ к изменению ПНУ. На основании упорядочения ПНУ, по относительной значимости, строится вектор $X_{\text{чув.}}$.

В соответствии с аксиоматикой ЛП устанавливается соотношение между показателями $H(A\gamma B)$ – «сильная» связанность и $H(A\beta B)$ – «слабая» связанность в следующем виде:

$$H(A\gamma B) \leq H(A\beta B) \quad (8)$$

Выполняется анализ структуры граф-модели качества ИИП по цепочкам связей между ПНУ и ИКК, учитываются входящие коэффициенты значимости ρ_{ij} , связи β , γ . При анализе сначала выбираются ветви, содержащие связи β , затем β и γ , в конце только γ . Таким образом, формируется $X_{\text{чув.}} = (x_{11}, x_{12} \dots x_{ij})$. Для ветви, содержащей только β , с учетом ρ_{ij} , где i определяет уровень граф-модели, j указывает номер показателя, КФ принимает вид (9).

$$H[W] = \sum_{k=1}^{k=n} \rho_k \left(\sum_{i=m; j=1}^{j=n} \rho_{ij} H(a_{ij}) \right) \quad (9)$$

2. Компоненты вектора $X_{\text{чув.}}$ исследуются на соответствие ограничениям по стоимости и времени изменений их значений к удельной единице затрат.

Компоненты вектора $X_{\text{чув.}}$ последовательно исследуются на изменение значений ПНУ, начиная с x_{11} , путем вложения равных инвестиций ΔM ; при этом определяется изменение ИКК $\Delta H[W]$ для каждого изменения ПНУ уровня $\Delta H[x_{11}] \dots \Delta H[x_{ij}]$ (10).

$$\Delta H[W] = H[W + W_{x_{11}}] - H[W] \quad (10)$$

Определяется значение показателя μ , характеризующего чувствительность ИКК $\Delta H[W]$ ко вложенным средствам ΔM (11).

$$\mu = \Delta H[W] / \Delta M \quad (11)$$

Строится вектор X_M , компоненты которого упорядочены по значению μ $X_M = (x_{m1}, x_{m2}, \dots, x_{ij})$. Аналогичным образом формируется вектор $X_T = (x_{T1}, x_{T2}, \dots, x_{ij})$.

3. Формируется вектор X' , содержащий упорядоченную совокупность $x_{11}, x_{12} \dots x_{ij}$ в порядке их вклада в ИКК с учетом упорядоченного вектора инвестиций и длительности изменений X_M и X_T .

Принято для определенности, не нарушая общности, что для ЛПР одинаково важны инвестиции и длительность реализации изменений, т.е. коэффициенты значимости для компонент векторов X_M и X_T одинаковые.

Для построения вектора X' используется следующая методика:

- вводятся коэффициенты значимости ρ_m и ρ_T для компонент векторов X_M и X_T . соответственно. Для определенности значение коэффициента значимости соответствует порядковому номеру компоненты.

- все компоненты $x_{mn}, x_{Tn} \in (x_{11}, x_{12} \dots x_{ij})$ вектора X_M и X_T записываются в виде (12), (13).

$$X_M = (1 * x_{21}, 2 * x_{11}, 3 * x_{48} \dots x_{ij}) \quad (12)$$

$$X_T = (1 * x_{41}, 2 * x_{62}, 3 * x_{21} \dots x_{ij}) \quad (13)$$

- последовательно для каждой компоненты X_M определяется одинаковая по номеру компонента из X_T ; определяется значение $\rho = \rho_m + \rho_T$; (для x_{21} , $\rho = 4$).

- выполняется построение вектора X' , где компоненты x_{ij} упорядочены по значению ρ (от меньших к большим).

4. С учетом упорядоченности ПНУ по вкладу в итоговую оценку (для инвестирования средств и временных затрат) и выполнения условий линейности и монотонности функций, описывающих ПНУ, применяется квазиоптимальная стратегия повышения значения каждого ПНУ x_{ij} до максимума с проверкой достижения необходимого уровня ИКК $H[W] = K$. Квазиоптимальность стратегии обусловлена рассмотрением функций, описывающих ПНУ в линейном и монотонно возрастающем виде.

5. При условии нелинейности функций, описывающих ПНУ, при инвестировании ресурсов для достижения максимального значения (в предложенной методике – это 1), более эффективной стратегией является метод последовательных уступок, например, Подиновского.

После рассмотрения Задачи 1 с условным безразличием ЗС к инвестированию средств необходимо рассмотреть стратегию инвестирования, при которой ЗС должны прийти к консенсусу при распределении ресурса. Для этого применяются классические стратегии оптимизации: построение Парето-оптимального множества и множества равновесности по Нэшу с использованием ЛП.

Задача 2. Обеспечение наилучшего качества ИИП для каждой ЗС на основе -оптимальной модели и равновесия Нэша при бескоалиционной кооперативной игре с ненулевой суммой. Задача сформулирована в следующем виде.

Необходимо обеспечить наилучший возможный уровень качества для каждой ЗС на основании ЧКК $H[ЗС 1], H[ЗС 2], \dots, H[ЗС N]$ при повышении уровня качества ИИП за счет инвестирования дополнительного ресурса R .

Выигрыш i -ой ЗС в соответствии с КФ $H[ЗС 1], H[ЗС 2], \dots, H[ЗС N]$ от инвестированного ресурса r , где $\alpha \geq 0$ определяется в виде:

$$u_i(0) = H[ЗС1] + \alpha \quad (14)$$

Вектор дележа выигрышей (r) между ЗС:

$$\mathbf{u}_i = (\mathbf{u}_{zc1}, \mathbf{u}_{zc2}, \dots, \mathbf{u}_{zcN}) \quad (15)$$

$\mathbf{u}_i \in U$ - множество допустимых векторов дележей ресурса R , в которое входят все вектора дележей, отвечающих условию (14).

Множество допустимых векторов дележей (далее - дележи) U состоит из конечного числа дележей $\mathbf{u}_i = (\mathbf{u}_{zc1}, \mathbf{u}_{zc2}, \dots, \mathbf{u}_{zcN})$. Дележи \mathbf{u}_i могут быть сформированы путем распределения ресурса R между N ЗС в случайном порядке, например, при установленном дискретном объеме минимальной инвестиции, равной r . Для этого необходимо вычислить число комбинаций, используя количество минимальных объемов инвестиций R/r , умноженное на N .

Вектор угрозы или статус-кво определяет уже достигнутые значения ЧКК (ни одна компонента не может принимать значения ниже текущих) (16).

$$\mathbf{v} = (\mathbf{v}_{zc1}, \mathbf{v}_{zc2}, \dots, \mathbf{v}_{zcN}) \quad (16)$$

В общем виде КФ для каждой ЗС (на основании граф-модели, содержащей связи β и γ) имеет вид, представленный в (2), возможные оценки каждого ПНУ определены в (4).

Методика нахождения наилучших векторов дележей в условиях равновесности по Нэшу включает:

1. Определение стратегии эффективного инвестирования ресурса r в ПНУ. Решение этой задачи рассмотрено выше и связано с формированием упорядоченных векторов с точки зрения эффективного инвестирования в ПНУ каждой ЗС (17).

$$\begin{aligned} X_{3C1M} &= (x_{m1}, x_{m2}, \dots, x_{ij}) \\ X_{3C2M} &= (x_{m1}, x_{m2}, \dots, x_{ij}) \\ X_{3CNM} &= (x_{m1}, x_{m2}, \dots, x_{ij}), \end{aligned} \quad (17)$$

где x_{ij} – ПНУ для инвестирования ресурса r .

2. Выполняется построение области компромиссов (множества) Парето-оптимальных векторов в соответствии с известными методиками, приведенными в диссертации. В предложенной методике выполняется построение множества U' дележей ресурса R .

3. На основании множества Парето-оптимальных дележей U' находится множество равновесий по Нэшу, т.е. U'' , содержащее дележи $\mathbf{u}''_i = (\mathbf{u}''_{zc1}, \mathbf{u}''_{zc2}, \dots, \mathbf{u}''_{zcN})$, на которые будут согласны все ЗС при условии рационального поведения и классического рынка (отсутствия коалиций).

Для нахождения дележей \mathbf{u}''_i в арбитражных схемах приняты аксиомы, которым должно удовлетворять правило μ : реализуемость, индивидуальная рациональность, оптимальность по Парето, независимость от посторонних альтернатив, линейность, симметрия.

Функция μ при условиях описанных выше, определяется в (18), (19).

$$\mu(v, U) = \{u^* | \max_{u \geq v, u \in U} g(u, U, v) = g(u^*, U, v)\} \quad (18)$$

$$\text{где, } g(u, U, v) = \prod_{i=1}^n (u_i - v_i) \quad (19)$$

В случае N ЗС множество равновесий Нэша находится в виде максимизации функции (20), по вектору (21), при условии (22).

$$(u'_{zc1} - v_{zc1})(u'_{zc2} - v_{zc2}) \dots (u'_{zcN} - v_{zcN}) \quad (20)$$

$$u'_i = (u'_{zc1}, u'_{zc2}, \dots, u'_{zcN}) \quad (21)$$

$$u'_{zc1} + u'_{zc2} + \dots + u'_{zcN} = R \quad (22)$$

Для сформированного множества дележей U'' может быть применен критерий окончательного выбора (далее - КОВ).

4. КОВ определяется отечественными и зарубежными исследователями как один из вариантов сужения множества равновесий Нэша. Дележ u_i , обеспечивающий наибольшее значение ИКК ($H[W]$), считается лучшим и находится по следующей методике:

- поочередно рассматривается каждый дележ u''_i из U'' ;
- для дележа u''_i между ЗС ($K\Phi H[ЗС 1], H[ЗС 2], \dots, H[ЗС N]$), необходимо рассчитать значения КФ при условии стратегии эффективного инвестирования ресурсов, описанной в п.1.
- значения КФ $H[ЗС 1], H[ЗС 2], \dots, H[ЗС N]$ используются для «свертки» в ИКК $H[W]$ в соответствии с общим видом (2).

В **пятой главе** представлены результаты проверки адекватности предложенных методик, моделей и инструментов с использованием средства автоматизации в виде программного продукта «Graful32». Для проверки и обоснования практической значимости разработанных средств оценки и управления качеством ИИП предлагается провести анализ трех реальных ИИП, планируемых к реализации и сравнить полученные результаты с оценкой компетентных экспертов в области ИКТ.

По результатам проведенной проверки сделаны следующие выводы:

1. Продемонстрирована близость результатов применения методики классификации ИИП по отношению к экспертному анализу (метод Дельфи) тех же проектов. Методика классификации ИИП позволила отфильтровать проект, не реализуемый в текущих условиях. Экспертный анализ обеспечил присвоение низшей оценки данному ИИП. В рамках настоящей работы не рассматриваются методы и алгоритмы для априорной или апостериорной оценки пригодности выбранных экспертов.

2. Продемонстрировано совпадение результатов применения методик классификации и последующей методики оценки качества ИИП с экспертными суждениями компетентных специалистов из области ИКТ. Совокупность методик классификации и методики оценки качества ИИП позволила отбросить нереализуемые проекты и сфокусировать ЛПР на оценке качества по соотношению «требования ЛПР – параметры ИИП».

3. Показано, что разработанные методики, модели, база данных показателей оценки ИИП позволяют упростить и ускорить процесс принятия решений по реализации ИИП.

4. Обосновано применение инструментов управления качеством на основе методов многокритериальной оптимизации, связанных с критериальными функциями ИКК, ЧКК ЗС и комплексных критериев по областям знаний проектного управления.

Приведены методические рекомендации по оценке качества множества ИИП, предполагаемых к реализации, для обеспечения сопоставимости результатов исследования.

В заключении представлены результаты, полученные в ходе работы.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

1. Выполнен анализ перспективных подходов исследования качества ИИП, показана недостаточная проработанность проблемы управления качеством ИИП, с учетом современного научного потенциала. Отмечается низкая адаптация известных подходов для применения в области ИКТ. Для описания ИИП выбрана иерархическая модель, построенная на основании концепции структуризации целей и функций и поддерживаемая нечеткой логикой противоположностей.

2. Поставлена и решена задача оценки качества ИИП в условиях неопределенности на основе требований заинтересованных сторон, при поддержке разработанной иерархической граф-модели, формализующей требования заинтересованных сторон от показателей нижнего уровня до частных критериев качества ЗС и интегрального критерия качества проекта, апробированная с помощью соответствующей методики («восходящий процесс») количественной оценки качества ИИП.

3. Разработана модифицированная граф-модель для классификации ИИП, метод классификации и классификатор, позволяющие провести предварительную оценку степени согласованности целей ЗС, анализируя мощность множества возможных компромиссов.

4. Благодаря известным достижениям в области системного анализа, нечетких логик, многокритериальной оптимизации, теории игр решены задачи управления качеством ИИП в условиях неопределенности («нисходящий процесс»: обеспечение наилучшего возможного уровня качества для ЗС; обеспечение уровня качества для ЗС при условии минимизации стоимости и сроков реализации).

5. На основании российских и международных стандартов (РМВОК, ГОСТ 34 серии, ГОСТ 19 серии, ГОСТ Р ИСО серии 9000 и др.) сформирована база данных типовых показателей, применимых для оценки качества ИИП.

б. Полученные модели, инструменты и методики позволяют упростить, ускорить и снизить риски принятия управленческого решения по управлению качеством ИИП. Результаты диссертационной работы внедрены в компании ИКТ сектора ООО «Газинформсервис».

Список основных опубликованных работ автора. По теме диссертационного исследования опубликованы следующие работы, в том числе журналы из перечня, рекомендованного ВАК:

1. **Соколовский А.К. Инновационные проекты в сфере информационных технологий: проблемы оценки и выбора** // "Научно-технические ведомости СПбГПУ Наука и образование" -2009 г., №5(87). –С. 100 – 106 – 0,6 п.л.
2. **Коршунов Г.И., Соколовский А.К. Методический подход к управлению качеством инновационно-информационных проектов** // журнал «Экономика и управление» -2012 г., - №1 (75), - 0,5 п.л.
3. **Соколовский А.К. Оценка привлекательности проектов в сфере информационных технологий** // "Научно-технические ведомости СПбГПУ Информатика Телекоммуникации Управление" -2009 г., №5(86).-С. 13 - 18 – 0,6 п.л.
4. Соколовский А.К. Постановка реализации целей в области качества: «Есть ли стратегический подход?» // Сб. науч. трудов СПбГПУ: «Инновации в науке, образовании и производстве», № 505, 2008 г. - С.48 – 53. - 0,4 п. л.
5. Соколовский А.К., Тисенко В.Н. Инновационная методика оценки системы менеджмента качества предприятия в соответствии с требованиями стандартов // «XXXV Неделя науки СПбГПУ»: Материалы Всероссийской межвузовской научно-технической конференции студентов и аспирантов. Ч. XIII. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2007 г. - С. 17 – 18. - 0,2 п. л.
6. Соколовский А.К., Леонов А.В. Премии по качеству и управление компанией // Сборник научных трудов: «Инновации в науке, образовании и производстве. Практика инновационной деятельности и информация об инновационных проектах и организациях» / Под ред. проф. И.Л. Туккеля. - СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2007 г. - С.38 – 44. - 0,5 п. л.
7. Соколовский А.К. Особенности реализации СМК в проектно-строительной организации // Сб. науч. трудов СПбГПУ: «Инновации в науке, образовании и производстве» / Под ред. Проф. И.Л. Туккеля, - СПб.: Изд-во СПбГПУ, №493, 2005 г. - С.73 - 92. - 1,2 п. л.