

На правах рукописи



Гельруд Яков Давидович

**МЕТОДОЛОГИЯ СОЗДАНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-
АНАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТАМИ НА
ОСНОВЕ КОМПЛЕКСА МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ
ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СТЕЙКХОЛДЕРОВ**

Специальность 05.13.10 – Управление в социальных и
экономических системах

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
доктора технических наук

Челябинск – 2015

Диссертационная работа выполнена на кафедре информационно-аналитического обеспечения управления в социальных и экономических системах ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет» (национальный исследовательский университет).

Научный консультант – доктор технических наук, профессор,
заслуженный деятель науки РФ
Логиновский Олег Витальевич

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор, заслуженный
деятель науки РФ, заведующий кафедрой автоматизи-
рованных систем управления ФГБОУ ВПО «Уфимский
государственный авиационный технический университет»
Куликов Геннадий Григорьевич

доктор технических наук, ведущий научный
сотрудник лаборатории активных систем института
проблем управления им. В.А.Трапезникова РАН, г.Москва,
Буркова Ирина Владимировна

доктор физико-математических наук, профессор,
профессор Высшей школы экономики и менеджмента при
ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет
имени первого президента России Б.Н.Ельцина
Мазуров Владимир Данилович

Ведущая организация: ФГБОУ ВПО Владимирский Государственный Университет
имени А.Г. и Н.Г. Столетовых.

Защита диссертации состоится «05 » октября 2015 года в 14-00 часов на заседании
диссертационного совета Д 212.298.03 при ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский
государственный университет» (национальный исследовательский университет) по
адресу: 454080, Челябинск, пр. им В.И.Ленина, 76, зал заседания диссертационного
совета №1 (ауд. 1001 главного корпуса).

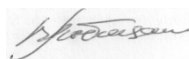
С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВПО «Южно-
Уральский государственный университет».

Сведения о защите и автореферат диссертации размещены на официальном сайте
ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет» <http://www.susu.ac.ru>

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенных печатью, просим выслать
по адресу: 454080, Челябинск, пр.Ленина, 76, ЮУрГУ, ученый совет, тел. (351)267-91-
23, факс (351) 265-6205.

Автореферат разослан « » _____ 2015 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



В.Н.Любицин

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

В диссертационной работе изложены опубликованные, апробированные и внедренные в практику научные положения и результаты решения важной актуальной научной проблемы создания информационно-аналитической системы управления проектами на основе комплекса математических моделей функционирования различных заинтересованных сторон (стейкхолдеров), учитывающих их цели, задачи, функции и иные особенности. Данные математические модели должны позволить стейкхолдерам исполнять свои функции в проектной деятельности более эффективно и результативно.

Диссертационная работа базируется на целом ряде научных трудов известных отечественных и зарубежных ученых.

Теоретические основы управления сложными проектами, разработки систем и средств автоматизации проектирования заложены в трудах А.Г.Аганбегяна, К. Бержа, В.Н. Буркова, Н.П. Бусленко, Д.И. Голенко, Дж. Келли, А.В.Кострова, Г.Г.Куликова, С.Е.Лившица, О.В.Логиновского, Дж. Мартина, А.М. Немчина, С.Н. Никешина, Д.А. Новикова, А.Притцкера, Д. Фалкерсона, и др.

Разработке моделей и методов решения задач планирования работ при управлении проектами посвящены работы Г.М. Адельсона-Вельского, В. М. Аньшина, И.В. Бурковой, С.Д. Бушуева, В.И. Воропаева, Л.Г. Голуба, Р. Гутча, С.И. Зуховицкого, Л.М. Лаврецкого, В.И.Либерзона, В.Д.Мазурова, И. И. Мазура, Н.Г. Ольдерогге, С.П. Никанорова, В.В. Познякова, М.Л. Разу, Я.А. Рекитара, В.И. Садовского, Б.П.Титаренко, А. С.Товба, Д. Филлипса, Б.И. Хацет, А.В. Цветкова, Г.Л.Ципеса, Ю.И. Черняка, Э.А. Чудновского, В. Д. Шапиро, Ю.В. Швецова, В.И.Ширяева, М.В. Шейнберга, В.В. Шкурба, и др.

Разработкой и внедрением в практику методов управления проектами занимались Э.Э. Абелис, Ю.А. Авдеев, Л.И. Авербах, В.А. Бриедис, С.Н. Булгаков, Е.Б. Кибалов, А.Д. Колодкевич, Т.Я. Орел, В.И. Рыбальский, Н.В.Скрыдлов, М.Б. Слуцкий, Э.Л. Эткинд и др.

Актуальность темы. В современном мире при управлении проектами применяются как хорошо известные, так и вновь создаваемые модели, методы, алгоритмы и программные средства. Вместе с тем количество неуспешных проектов по отношению к успешным достигает, по разным оценкам, от 40% до 60%. Причины такой невысокой эффективности различны, но их можно условно разделить на две большие группы:

- 1) недостатки существующих сегодня технологий, методов и инструментов для управления проектной деятельностью;
- 2) необходимость создания новых направлений, требующих осмысления и развития.

Все используемые в настоящее время методы и модели управления проектами (УП), включая широко известные в мире методологии и стандарты – PMBOK, PRINCE2, IPMA ICB, P2M предназначены для уровня исполнителей:

руководители проекта, управляющая команда, специалисты офисов. Тогда как для верхних эшелонов власти и управления бизнесом – уровень основных стейкхолдеров – соответствующие модели и методы управления практически отсутствуют. Но это уровень принятия стратегических решений, от него зависит около 50% успеха проектной деятельности, именно на нем сосредоточены все ресурсы и принимаются важнейшие решения. Таким образом, одна из основных причин неуспешности проектного управления состоит в том, что верхние уровни управления слабо вовлечены в эту деятельность, а современная методология и технология проектного управления не учитывает в должной мере их интересы.

В этой связи необходимо менять привычную парадигму проектного управления – вместо взгляда на управление «снизу вверх» смотреть «сверху вниз», как это и следует осуществлять в соответствие с принципами системного подхода.

Несмотря на то, что исследования отечественных и зарубежных ученых в области управления проектами содержат важные теоретические идеи и известные методологические подходы, большинство из них не раскрывает целый ряд проблем, характерных для систем управления сложным проектом. В них недостаточно проработаны на теоретическом и методологическом уровнях особенности модельного обеспечения для управления проектом с альтернативными и вероятностными параметрами. Отсутствуют математические модели для управления проектом с позиций разных стейкхолдеров. Этим обстоятельством и обусловлен выбор темы диссертационного исследования, в которой проанализированы основные недостатки существующих методов и технологий управления проектами и предложены новые направления, которые предназначены для их устранения. Кроме того, описаны математические модели и эффективные методы для управления проектами с позиций разных заинтересованных сторон, которые легли в основу создания интегрированной информационно-аналитической системы управления проектами.

Цель и задачи диссертационной работы. Целью исследования является разработка методологии создания информационно-аналитической системы управления проектами на основе комплекса математических моделей функционирования различных стейкхолдеров с последующей их интеграцией. Указанная методология должна базироваться на современной универсальной сетевой модели, обеспечивающей возможность описания сложного проекта с учетом стохастичности его структуры, вероятностного характера параметров.

Для достижения данной цели в работе поставлены и решены следующие основные задачи:

- выполнен ретроспективный анализ развития теории стейкхолдеров применительно к управлению проектами, а также существующих математических моделей и методов проектного управления;
- разработан комплекс взаимосвязанных математических моделей управления проектами с позиций стейкхолдеров, таких как инвестор, заказчик,

генпоставщик, генконтрактор, руководитель проекта и его команда, регулирующие органы, коммерческая служба;

- создана универсальная сетевая модель, обеспечивающая возможность описания сложного проекта и лишенная выявленных недостатков разнообразных моделей проектного управления;

- предложена методология создания интегрированной информационно-аналитической системы управления проектами на основе разработанных в диссертации математических моделей и методов;

- осуществлено внедрение научных положений и разработок диссертационного исследования в практику управления проектами.

Объектом исследования являются процессы управления сложными комплексными проектами.

Предметом исследования являются методы, математические модели и технологии управления сложными комплексными проектами, учитывающие позиции разных заинтересованных сторон.

Методы исследования. Теоретической и методологической основой диссертационного исследования являются методы современной теории управления, исследования операций, теории принятия решений, теории графов, теории вероятностей и математической статистики.

Научная новизна работы состоит в следующем.

Разработан целостный комплекс новых математических моделей управления проектом с учетом разных интересов, параметров и уровней стейкхолдеров (инвестор, заказчик, генпоставщик, генконтрактор, руководитель проекта и его команда, регулирующие органы, коммерческая служба), с возможностью их комбинирования в интегрированную систему управления проектной деятельностью.

В работе определены требования к компетентности разных стейкхолдеров, что является совершенно новым направлением. При этом описаны процедуры, позволяющие формировать для каждого стейкхолдера свою сетевую модель соответствующей степени агрегированности, для чего был разработан новый класс сетевых моделей, адекватно отображающих процесс реализации сложного комплексного проекта и используемых для постановки и решения задач оптимального управления этим процессом. Этот класс моделей является синтезом обобщенных сетевых моделей (с их богатым спектром возможностей эквивалентных преобразований моделей и описанием логико-временных взаимосвязей между элементами структуры проекта) с вероятностными и альтернативными моделями, в значительной степени учитывающими факторы риска и неопределенности при осуществлении проекта.

При анализе указанных выше сетевых моделей была использована разработанная автором единая система обозначений и понятий, что позволило систематизировать описания всех существующих моделей.

Разработанные автором новые сетевые модели (называемые в дальнейшем универсальные циклические альтернативные сетевые модели – УЦАСМ)

являются наиболее гибкими и адекватными из известных инструментов моделирования комплексов дискретных операций и описания процесса управления реализацией сложного или комплексного проекта.

Предложена методология создания новой интегрированной информационно-аналитической системы управления проектами на базе разработанного в диссертации комплекса математических моделей и методов.

Практическая значимость диссертационного исследования определяется тем, что его основные положения, выводы, рекомендации, модели, методы и алгоритмы создают основу для принятия решений при использовании и развитии систем управления проектами. Отдельные предложенные модели и методы могут использоваться при разработке систем управления проектами разной направленности. Методология и инструментарий математического моделирования является средством построения моделей в любых областях проектной деятельности для их анализа и совершенствования. Основные результаты диссертационного исследования представляют методологическую основу для системы управления сложным проектом в автоматизированном режиме. Разработанные методы и инструментарий нашли применение в ряде строительных организациях, инвестиционных компаниях и учебном процессе Южно-Уральского государственного университета (ЮУрГУ), специальность менеджмент.

Апробация работы. Основные результаты и положения диссертационного исследования докладывались и обсуждались на следующих конференциях:

-Международный симпозиум «СОВНЕТ – 99» Управление проектами: Восток-Запад – грань тысячелетий. 1-4 декабря 1999, г. Москва.

- Международный научно-практический семинар: Вопросы информатизации и управления органов государственной власти и местного самоуправления. 28-29 октября 1999, Челябинск.

- Всероссийские научно-практические конференции: Актуальные проблемы экономики и законодательства России. 2000-2002, Челябинск.

- XII Всероссийское совещание по проблемам управления ВСПУ-2014. Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН.

- 60-66 научно-технические конференции ЮУрГУ. 2008-2014.

- Четвертый всероссийский научно-практический семинар «Управление в социальных и экономических системах», 2014, Челябинск.

- 2-5-я Международные конференции «Молодежь и управление проектами в России», НИУ ВШЭ, Москва, 2012-2015.

- Всероссийский форум «Информационное общество-2015: вызовы и задачи» (ИТИС-2015: Умный регион).

Публикация результатов. Основные результаты диссертации опубликованы в 60 публикациях, из них 2 монографии и 18 публикаций в изданиях из Перечня ВАК Министерства образования и науки РФ для публикации научных результатов диссертаций на соискание ученой степени доктора наук. Общий объем публикаций по теме исследования составил 46 п.л.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, 5 глав, заключения, содержащего основные выводы и результаты исследования, списка литературы из 289 наименований и 7 приложений. Общий объем работы составляет 354 страниц, в том числе объем основного текста – 285 стр. Работа содержит 28 рисунков, 27 таблиц.

На защиту выносятся следующие основные положения:

- анализ этапов развития понятия стейкхолдеров и существующих математических моделей и методов управления проектами с выделением их недостатков;

- описание комплекса взаимосвязанных математических моделей управления проектами, обеспечивающего координацию их показателей со стороны различных заинтересованных сторон, таких как инвестор, заказчик, поставщик, руководитель проекта и его команда, регулирующие органы, коммерческая служба;

- описание разработанной автором универсальной сетевой модели, обеспечивающей управление сложными проектами и не имеющей выявленных недостатков используемых на практике моделей;

- методология создания интегрированной информационно-аналитической системы управления проектами на базе разработанного в диссертации комплекса математических моделей и методов;

- результаты использования научных положений и разработок диссертации в практике деятельности ряда предприятий и организаций.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении представлена общая характеристика работы, в том числе обоснована актуальность темы диссертационного исследования, сформулированы цель, задачи и методы исследования, приведены сведения о научной новизне, практической значимости результатов работы, а также апробации, публикациях и положениях, выносимых на защиту.

В главе 1 выявлены и проанализированы основные причины неудач при реализации сложных комплексных проектов, к которым относятся:

- недооценка значимости процессов, происходящих в современном мире, таких как обострение противоречий между крупнейшими мировыми державами, усиление борьбы за ресурсы, территории, рынки и умонастроения, стремление к лидерству в сфере военных, промышленных и информационных технологий;

- несоответствие традиционных методологических подходов и их инструментария новым вызовам, концепциям и изменившемуся положению дел в современном мире в целом, и в области проектного управления в частности;

- сложившаяся практика управления проектами не в полной мере соответствует известному закону необходимого разнообразия Р.Эшби, сущность которого заключается в том, что разнообразие управляющей системы не должно быть меньше разнообразия поведения управляемой системы. В противном случае такая система не сможет отвечать задачам управления, выдвигаемым

внешней средой, и будет малоэффективной. Отсутствие или недостаточность разнообразия могут свидетельствовать о нарушении целостности подсистем, составляющих данную систему.

В процессе управления реализацией достаточно сложных масштабных проектов могут одновременно принимать участие разные заинтересованные стороны (стейкхолдеры), каждая из которых отличается разными ожиданиями, ролями, мерой ответственности и действиями; у них могут быть различные цели в проекте, разные стратегии достижения целей, критерии успеха и оценки степени достижения своих целей. Современная методология проектной деятельности должна учитывать это многообразие интересов наряду с использованием адекватных технологий и средств управления проектами.

В главе 1 также представлен анализ этапов эволюции теории стейкхолдеров применительно к управлению проектами. Каждый из этапов отличает свой набор характеристик, которые приведены в табл. 1.

Таблица 1

Характеристика этапов эволюции понятия «стейкхолдеры»

<i>Этапы эволюции понятия стейкхолдеры</i>	<i>Аналог в англоязычной научной литературе</i>	<i>Область распространения</i>	<i>Раздел менеджмента</i>	<i>Особенности</i>
Теория стейкхолдеров: зарождение	Stakeholder theory	Организация	Стратегический менеджмент	Акцент на влиянии стейкхолдеров на достижение организацией стратегических целей. Идентификация как важнейший инструмент.
Управление стейкхолдерами	Stakeholder management	Организация Проект	Стратегический и Проджект менеджмент	Акцент на управлении заинтересованными сторонами. Определены основные шаги и инструменты: идентификация, анализ интересов, классификация, оценка.
Вовлечение стейкхолдеров	Stakeholder mengage-ment	Организация Проект	Стратегический и Проджект менеджмент	Акцент на вовлечении стейкхолдеров и разработке специализированных методов и способов. Стандартизация процессов, методов и инструментов.
Управление проектом с позиций разных стейкхолдеров	Project management from position of different interested parties	Проект и другие объекты проектной деятельности	Проджект менеджмент	Постановка задачи моделирования деятельности разных заинтересованных сторон по управлению проектом и другими объектами проектной деятельности.

К числу основных стейкхолдеров отнесены: инвестор, заказчик, генконтрактор, генпоставщик, руководитель проекта и его команда,

регулирующие органы, коммерческая служба. Для каждого из них определены состав и содержание компетенций управления проектами, цели, задачи, функции, а также средства и механизмы, используемые ими в своей деятельности. Отсутствие математических моделей, адекватно описывающих задачи и функции стейкхолдеров, является одним из основных сдерживающих факторов в повышении эффективности проектной деятельности на современном этапе.

Далее в главе 1 описаны этапы развития сетевых методов управления проектами, выявлены достоинства и недостатки используемых моделей и алгоритмов. При этом автором использованы единые обозначения и толкования основных параметров, как в первой главе, так и в последующих главах, содержащих описания предлагаемых моделей, что позволило систематизировать описания всех существующих моделей и показать целесообразность создания универсальной стохастической альтернативной сетевой модели, необходимой для управления сложными комплексными проектами в современных условиях, характеризующихся разнообразием интересов различных стейкхолдеров с учетом существующих между ними противоречий.

Классическая сетевая модель содержит информацию о детерминированных параметрах работ и их логической взаимосвязи. Причем логические взаимосвязи также детерминированы и включают технологические зависимости между работами «конец-начало» только типа «не ранее». Исходя из различных целевых установок при управлении проектом (ориентация на жесткое соблюдение ограничений по ресурсам или на строгое выполнение сроков завершения проекта) описаны математические модели этих типов задач («калибровка» и «сглаживание»), приводятся алгоритмы их решения. Описана и проанализирована математическая модель многопроектной задачи сетевого планирования, ограничения которой формулируются как требования к использованию общего резервуара накапливаемых и ненакапливаемых ресурсов, соблюдение заданных сроков или продолжительности выполнения отдельных проектов или их групп, соблюдение объемов незавершенного производства выделенным объемам инвестиций. Классические сетевые модели, отражая одновариантную технологию и организацию работ, обладают низкой «устойчивостью» по отношению к изменениям, происходящим в объекте моделирования в процессе его функционирования.

Обобщенные сетевые модели (ОСМ), разработанные В.И.Воропаевым, лишены перечисленных выше недостатков. Основные отличия обобщенных сетевых моделей от традиционных заключаются в следующем:

- вводится возможность задавать соотношения на сроки свершения событий не только «не ранее», но и «не позднее»;
- события (вершины) в ОСМ соответствуют факту начала или окончания работы (или ее части), а не возможности начала исходящих из них работ, как это принято в традиционных сетях;
- вводятся дуги отрицательной длины;

- разрешается наличие циклов (правда, для обеспечения непротиворечивости модели, только отрицательной длины);
- можно задавать «абсолютные» ограничения на сроки свершения любых событий.

Особенно большое значение ОСМ приобретают при решении задач оптимизации планов по различным критериям, связанным с соблюдением специальных технологических и организационных требований. К таким требованиям относится, например, условие непрерывности выполнения работ исполнителями, ограничение перерывов между работами, ограничение сроков выполнения некоторых комплексов работ и т.п. Подробно разобран алгоритм для расчета временных характеристик ОСМ, который основан на разбиении сети G на две сети G_1, G_2 без контуров. Анализируется эвристический алгоритм оптимального распределения ресурсов, который учитывает особенности ОСМ. Описывается задача минимизации показателя качества потребления ресурсов при заданном времени выполнения проекта и приводится алгоритм ее решения. К недостаткам обобщенных сетевых моделей относится детерминированный характер всех характеристик модели, включая ее топологию.

Вероятностные сетевые модели. Во многих случаях при планировании и управлении созданием нового проекта продолжительность работ сетевого графика является случайной величиной, подчиненной некоторому закону распределения. В первой вероятностной сетевой модели (PERT) ожидаемая продолжительность работы приближенно определялась как $\mu=(a+4m+b)/6$. Среднеквадратическое отклонение от среднего значения $\sigma=(b-a)/6$. Здесь пользователь должен был задать три оценки продолжительности всех работ:

- наиболее вероятное время выполнение m ;
- оптимистическая оценка времени a ;
- пессимистическая оценка времени b .

Рассматривая среднее значение как фактическую (детерминированную) продолжительность работы, вычислялись все временные характеристики сети (и критический путь). При этом продолжительность всего проекта определялась как случайная величина, математическое ожидание которой есть сумма средних продолжительностей работ, находящихся на критическом пути, а дисперсия, аналогично, равна сумме всех дисперсий, при допущении, что продолжительности всех работ независимы.

После анализа большого количества сетевых проектов был построен закон распределения продолжительности выполнения работ, зависящий лишь от двух параметров:

- математическое ожидание

$$M(x)=(3a+2b)/5; \quad (1)$$

- дисперсия

$$D(x)=\sigma^2(x)=0.04(b-a)^2. \quad (2)$$

Методика оценки параметров распределения на основании двух задаваемых временных оценок отличается рядом преимуществ по сравнению с трехоценочной методикой системы PERT, прежде всего, за счет уменьшения объема информации, который требуется от исполнителя работы. Эту методику можно с одинаковым успехом применять как при расчете детерминированных (или близких к ним) сетей, так и при моделировании стохастических сетевых проектов.

К недостатку двухоценочной методики следует отнести тот факт, что при отказе от использования наиболее вероятной оценки для некоторых видов работ может деформироваться закон распределения продолжительности этих работ в сторону большего отклонения от действительного. Однако статистический анализ, проведенный Д.Голенко, показал несущественность подобных расхождений. Причем производилось сравнение двух эмпирических совокупностей, полученных по двух и трехоценочной методикам с помощью критерия Вилькоксона, а также с эмпирическим распределением реальных продолжительностей работ на основе статистических критериев согласия Пирсона и Колмогорова.

Предложенный Д.Голенко метод статистического моделирования позволяет получать оценки временных параметров сети, сравнимые по погрешности с аналитическими методами. При этом метод прост в вычислительном аспекте и легко реализуем на ЭВМ.

Метод статистических испытаний для оценки временных параметров сетевой модели состоит в имитации продолжительности выполнения всех входящих в сеть работ с последующим расчетом для теперь уже детерминированной сетевой модели значений искомых параметров, в многократном повторении процедуры такого “розыгрыша” и, в заключение, в оценке вероятностных характеристик полученного эмпирического распределения этих параметров.

Имитационные методы представляют собой более надежную базу (по сравнению с аналитическими) для анализа характеристик вероятностной сетевой модели, поскольку они не связаны с конкретным распределением, позволяя сравнивать между собой большое количество различных распределений. Кроме того, они позволяют просмотреть гораздо большее число возможных реализаций даже по одним и тем же распределениям.

К недостаткам вероятностных моделей следует отнести отсутствие обобщенных связей и детерминированную структуру.

Альтернативные сетевые модели. При моделировании сложного проекта более гибкими и адекватными оказываются сетевые модели с альтернативной структурой. Альтернативную сетевую модель определяют как сеть, содержащую альтернативные узлы (состояния), при этом дуги (работы) характеризуются не только вероятностным распределением продолжительности, но и вероятностью их выполнения (GERT-сеть). Альтернативная сетевая модель с множеством возможных исходов, являясь дальнейшим развитием традиционных сетей, дает возможность полнее отобразить процесс разработки и создания сложного

проекта. Применяемый для анализа альтернативных сетевых моделей математический аппарат позволяет вычислять вероятности различных альтернативных исходов, оценивать время их возможной реализации. Цель временного анализа альтернативной сети состоит в вычислении математического ожидания и дисперсии времени выполнения сети (или любого ее фрагмента) и вероятности выполнения заключительного (или любого другого события) сети. Здесь используется теория замкнутых потоковых графов, где вводится Ψ -функция, определяющая коэффициенты пропускания дуг. Для применения результатов этой теории к открытой сети с искомым параметром $\Psi_E(s)$ вводится дополнительная дуга с параметром $\Psi_A(s)$, соединяющая конечное событие (сток) с начальным (источником). Затем используется топологическое уравнение для замкнутых графов, известное как правило Мейсона, следующего вида:

$$1 - \sum T(L_1) + \sum T(L_2) - \sum T(L_3) + \dots + (-1)^m \sum T(L_m) + \dots = 0, \quad (3)$$

где $\sum T(L_m)$ – сумма эквивалентных коэффициентов пропускания для всех возможных петель m -го порядка. Эквивалентный коэффициент пропускания для петли m -го порядка равен произведению коэффициентов пропускания m не связанных между собой петель первого порядка, т.е.

$$T(L_m) = \prod_{k=1}^m T_k. \quad (4)$$

Непосредственно из правила Мейсона следует, что $1 - \Psi_A(s)\Psi_E(s) = 0$ или $\Psi_A(s) = 1/\Psi_E(s)$. Используя данный результат, в топологическом уравнении (3) $\Psi_A(s)$ заменяется на $1/\Psi_E(s)$ и затем оно решается относительно $\Psi_E(s)$, тем самым получается эквивалентная Ψ -функция для исходной альтернативной сети.

Поскольку $\Psi_E(s) = p_E M_E(s)$, а $M_E(0) = 1$, то $p_E = \Psi_E(0)$, откуда следует, что

$$M_E(s) = \Psi_E(s) / p_E = \Psi_E(s) / \Psi_E(0). \quad (5)$$

После получения аналитического выражения для $M_E(s)$, вычисляют первую и вторую частную производную по s функции $M_E(s)$ в точке $s=0$, т.е.

$$\mu_{1E} = \partial / \partial s [M_E(s)]_{s=0} \quad (6)$$

$$\mu_{2E} = \partial^2 / \partial s^2 [M_E(s)]_{s=0} \quad (7)$$

Первый момент μ_{1E} относительно начала координат есть математическое ожидание времени выполнения сети, а дисперсия времени выполнения сети равна разности между вторым моментом μ_{2E} и квадратом первого, т.е.

$$\sigma^2 = \mu_{2E} - (\mu_{1E})^2. \quad (8)$$

Описанный выше аппарат позволяет вычислять временные параметры любых интересующих пользователя событий альтернативной сети, а также определять вероятность их наступления. Таким образом, альтернативная сетевая модель включает все случайные отклонения и неопределенность, возникающие непосредственно во время выполнения каждой отдельной работы. В качестве параметра дуги наряду со временем выполнения операции (работы) можно рассматривать также любой характерный параметр, который обладает

аддитивностью по дугам любого пути. Это может быть стоимость работы, количество потребного накапливаемого ресурса и т.п. К недостаткам альтернативных моделей следует отнести отсутствие обобщенных связей, невозможность учета циклов и детерминированных альтернативных ветвлений, что не позволяет адекватно описать сложный комплексный проект.

Таким образом, в главе 1 проанализированы существующие методологические подходы к формированию систем управления проектами, выявлены их недостатки, к которым относятся:

- отсутствие математических моделей для различных стейкхолдеров;
- отсутствие универсальной системы описания сложного комплексного проекта, учитывающей вероятность его параметров, стохастичность и альтернативность структуры;
- отсутствие методик построения интегрированных информационно-аналитических систем управления проектами, свободных от перечисленных выше недостатков.

Описание разработанных автором математических моделей и методов, лишенных приведенных выше недостатков, является содержанием глав 2-4 диссертационного исследования.

Глава 2 посвящена разработке математических моделей и методов управления проектами с позиций разных стейкхолдеров. В ней представлены новые математические модели для управления проектами с позиций Инвестора, Заказчика, Генконтрактора, Руководителя и команды управления проектом, Генпоставщика, Регулирующих органов и Коммерческой службы. Для каждого стейкхолдера разработан комплекс математических моделей, реализующих их основные функции управления проектом. В автореферате представлены основные модели, тогда как в самом диссертационном исследовании представлен весь комплекс математических моделей, реализующих соответствующие функции стейкхолдеров в полном объеме.

Инвестор стремится к получению максимальной прибыли от инвестированных средств. В то же время любое вложение капитала связано не только с ожиданием получения дохода, но и с постоянной опасностью проигрыша, а значит, в оптимизационных задачах по формированию инвестиционного портфеля необходимо учитывать и риски.

При формировании инвестиционной стратегии рассматриваются динамические прогнозы движения денежных и материальных потоков, бизнес-планы по вехам с конкретными оценками будущих денежных потоков. Исходный для рассматриваемых моделей план по вехам формируется командой проекта на основе анализа его стохастической сетевой модели. Также при расчете многих показателей проекта, входящих в ограничения представленных моделей, учитывается их стохастический характер.

Для реализации функций инвестора в диссертации предложен следующий комплекс математических моделей:

1. Модель нахождения объемов финансирования проекта собственными силами и объемов кредитования по периодам, которые удовлетворяют ограничениям по необходимому объему инвестиций, по собственным средствам и по возможным объемам кредитования, максимизируя при этом чистый дисконтированный доход проекта.

2. Многокритериальная математическая модель деятельности инвестора с детерминированными объемами финансирования (минимизация риска и максимизация ожидаемой прибыли).

3. Многокритериальная математическая модель деятельности инвестора с переменными объемами финансирования.

4. Математическая модель деятельности инвестора, максимизирующая степень ликвидности проекта.

5. Модель отбора стратегий для оценки эффективности комплексного инвестиционного проекта.

6. Математическая модель задачи по выбору варианта финансирования проекта, удовлетворяющего временным и ресурсным ограничениям, при этом максимизирующего прибыльность, минимизирующего риски и имеющего максимальную степень ликвидности. Здесь целевыми функциями являются:

максимизация ожидаемой доходности

$$F_1 = \sum_{t=0}^T \left(\sum_{k=1}^n x_k \cdot NPV_k^t \right) (1+d)^{-t} \rightarrow \max; \quad (9)$$

степень ликвидности проекта $F_2(K,T)$;

минимизация риска

$$F_3 = \sum_{t=0}^T \left(\sum_{k=1}^n x_k \cdot r_k^t \right) (1+d)^{-t} \rightarrow \min. \quad (10)$$

где NPV_k^t – чистый дисконтированный доход варианта проекта k на начало периода t , r_k^t – прогнозируемая оценка риска недополучения прибыли,

$$x_k = \begin{cases} 1, & \text{если инвестируем в вариант проекта } k, \\ 0 & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Вектора K – объемы финансирования проекта и отдельных его этапов) и вектора T – сроки реализации проекта и его отдельных пусковых комплексов), d – ставка дисконтирования.

Представленные модели позволяют находить варианты финансирования проекта, удовлетворяющие временным и ресурсным ограничениям, при этом максимизируется их прибыльность с приемлемым уровнем риска и степени ликвидности.

Заказчик – юридическое или физическое лицо, в интересах которого выполняется проект, как правило, будущий владелец продукта проекта.

Основная функция заказчика заключается в выполнении комплекса мероприятий, конечной целью которого является обеспечение совместно с

другими участниками достижения результата проекта. При этом основными объектами внимания Заказчика являются:

- Управление специальными требованиями заказчика к результатам проекта.
- Управление конфигурацией продукта и проекта.
- Управление составом работ.

Для реализации функций заказчика предложен следующий комплекс математических моделей:

1. Математическая модель деятельности заказчика, минимизирующая степень изменения конфигурации проекта.
2. Математическая модель деятельности заказчика, минимизирующая степень отклонения от плана финансирования проекта.
3. Математическая модель деятельности заказчика, максимизирующая степень качества проекта.
4. Многокритериальная математическая модель деятельности заказчика, которая заключается в разработке укрупненного календарного плана реализации проекта, удовлетворяющего ограничениям по отдельным директивным срокам, ограничениям по объемам финансирования, по качеству выполнения отдельных работ, с учетом показателя надежности проекта, минимизируя при этом степень изменения конфигурации проекта.

$$\Phi OK(PK_{ij}) \rightarrow \min, \quad (11)$$

где аргументом функции ФОК является вектор качества выполнения всех работ укрупненного плана.

В результате использования данной модели формируется укрупненный план выполнения работ проекта, обеспеченный финансированием, необходимой степенью надежности и оптимальный по качеству.

Кроме того, рассматриваются еще две целевые функции:

- взвешенная сумма отклонений от плана финансирования проекта:

$$G = \sum_{\forall t} \mu_t \left| \sum_{(i,j) \in \Omega_t} r_{ij} \lambda_{ij}^t - I_t \right| \rightarrow \min, \quad (12)$$

где Ω_t – множество работ, выполняемых в интервале t ;

λ_{ij}^t – доля работы (i,j) , выполняемой в период t ;

μ_t – весовой коэффициент периода t .

– функция зависимости качества проекта $F(K, T)$ от вектора K (объемы финансирования проекта и отдельных его этапов) и вектора T (сроки реализации проекта и его отдельных пусковых комплексов).

Для решения поставленных задач в диссертации предлагаются и подробно описываются с иллюстрациями на конкретных примерах алгоритмы, которые

позволяют получать достаточно объективные и эффективные решения. При этом используются такие общеизвестные методы, как оптимизация по Парето, с выбором решения в диалоговом интерактивном режиме методом последовательных уступок, метод анализа иерархий, предложенный Т. Саати.

Генпоставщик – компания, управляющая процессом обеспечения поставок и закупок по контрактам с различными поставщиками.

Генпоставщик реализует согласованный, упорядоченный и систематический процесс управления поставками всех необходимых материалов и оборудования для осуществления проекта, позволяющий обеспечить выполнение проекта в заданные сроки с заданным качеством, при этом, по возможности, снизить общую стоимость закупаемых материалов, товаров и услуг при сохранении или повышении качества, услуг и технологий. Рассматривается методика построения регрессионной модели, описывающей характер влияния объемов поставок каждого поставщика на качество продукта.

В процессе построения модели определяется оптимальное множество поставщиков и тактика их отбора.

Кроме того, предлагается методика экспертного отбора возможных поставщиков с использованием критериев корреляции Спирмена и Кэндалла и иллюстраций ее применения на конкретных числовых примерах.

Также предлагается методика (и иллюстрация ее применения на конкретных примерах) экспертного отбора возможных поставщиков с использованием принципов попарного сравнения (метод иерархий Саати).

В качестве критериев выбора поставщика предлагаются следующие:

- своевременность поставок,
- соотношение цена/качество (с учетом транспортных издержек),
- ответственность поставщика (сопровождение поставленных товаров, своевременная замена брака и пр.),
- производственные и технологические возможности, финансовое состояние (кредитоспособность, стабильность).

Предлагается однопродуктовая многокритериальная статическая задача выбора поставщика, в которой критериями эффективности являются:

K_1 – стоимостная оценка закупок,

K_2 – оценка условий поставок и формы расчетов,

K_3 – показатель, характеризующий качество поставляемой продукции,

K_4 – отклонение суммарного объема поставок от его необходимого количества.

При решении поставленной многокритериальной задачи осуществляется свертка полученных критериев. При определении весовых коэффициентов

используется метод экспертных оценок. Суммарный критерий эффективности представляется так:

$$W = g_1K_1 + g_2K_2 + g_3K_3 - g_4K_4, \quad (13)$$

где: g_1, g_2, g_3, g_4 – весовые коэффициенты, $g_i > 0$.

Целевая функция W в (13) и ее весовые коэффициенты отражают интересы Генпоставщика при поставке конкретного вида продукта в анализируемый период. Увеличение g_1 отражает повышенный ценовой интерес (купить дешевле), увеличение g_2 придаст большее значение условиям поставки, увеличение g_3 отражает большее внимание к качеству поставляемой продукции, увеличение g_4 приведет к уменьшению фактов срыва поставок. Далее рассматривается многопродуктовая динамическая транспортная задача определения оптимального плана поставок с минимизацией затрат и штрафных санкций. Целевая функция – суммарные издержки на закупку и транспортировку ресурсов с учетом приоритетов поставщиков.

Представленные математические модели с использованием разработанных критериев многокритериальной оценки поставщиков являются эффективным инструментом решения проблемы выбора поставщика, позволяя при изменяющихся условиях рынка оперативно выявлять не только наиболее выгодных поставщиков, но и одновременно определять оптимальные объемы закупок продукции у каждого из конкурирующих поставщиков. Полученные в результате решения объемы поставок необходимы для заключения контрактов на закупки с соблюдением интересов клиента и поставщика.

Руководитель Проекта (Проект-менеджер или Менеджер проекта) – это юридическое лицо, которому заказчик (инвестор или другой участник проекта) делегируют полномочия по руководству работами по проекту: планированию, контролю и координации работ участников проекта. Под руководством Руководителя проекта работает *Команда проекта* – специфическая организационная структура, возглавляемая руководителем проекта и создаваемая на период осуществления проекта с целью эффективного достижения его целей.

Основные задачи руководителя и его команды управления проектом:

- согласование целей в отношении требований по качеству, срокам, издержкам, ресурсам и т.д. со всеми заинтересованными сторонами;
- утверждение согласованных целей в проектном задании со стороны заказчика;
- разработка организационной структуры проекта и порядка его выполнения;
- организация планирования, управления и контроля в соответствии с видом и масштабом проекта и осуществление этих функций;

- разработка альтернативных решений процесса выполнения проекта;
- осуществление необходимых расчетов для обеспечения проекта требуемыми ресурсами;
- разработка и реализация мероприятий по мотивации сотрудников;
- координация всех участников проекта как внутри проекта, так и во внешней среде;
- обеспечение технико-экономической информацией о проекте и ходе его реализации заказчика и других заинтересованных сторон в соответствии с установленным порядком.

Построение оптимальных календарных планов реализации проектов, а также оптимального сводного плана для комплекса проектов позволяет определить необходимые потребности в ресурсах (в том числе финансовых), графики назначений исполнителей, использования машин и оборудования. Процесс управления реализацией проекта осуществляется посредством разработки детального плана производства работ (является исходным для работы генконтрактора), бизнес-плана и плана по вехам для инвестора, комплексного укрупненного плана для заказчика, плана поставок для поставщика, плана налогообложения для регулирующих органов.

Для описания сложного проекта, его предметной области используется циклическая альтернативная сетевая модель (ЦАСМ), подробно представленная в главе 3.

Далее приводится процедура формирования дополнительных характеристик работ укрупненной модели, которые необходимы для математических моделей управления другими заинтересованными сторонами.

Формирование вариантов проекта основано на анализе большого количества взаимосвязанных факторов, влияющих на качество проекта, его рискованность и пр. Уменьшение их количества, выделение наиболее «влиятельных» является весьма актуальной задачей. Для ее решения предложен метод главных компонент, подробно описана суть метода применительно к проблеме выбора вариантов реализации проекта.

Приводятся математические модели и алгоритмы решения задач управления временем, управления стоимостью и финансами проекта, управления качеством, управления рисками, управления ресурсами.

Представленный комплекс математических моделей предназначен для решения двух важнейших задач при создании интегрированной информационно-аналитической системы управления проектами:

- Обеспечение возможности описания сложного комплексного проекта с учетом его вероятностной и альтернативной природы, сложных логико-временных связей.

- Информационная поддержка модельного обеспечения всех участников проекта, включая формирование вариантов его реализации с различной степенью детализации работ, комплексов и программ, необходимой для осуществления стейкхолдерами своих функций в соответствие с их специфическими компетенциями.

Генконтрактор – заключает контракт на создание объекта “под ключ”. Это “мозговой центр”, в котором собраны все специалисты, организаторы, управленцы, обеспечивающие разработку проекта от задумки, от концепций до ввода в эксплуатацию. Это пример современной управляющей компании. Генконтрактор сдает объект “под ключ” и несет ответственность за реализованное. Он руководит не стройкой, а всем проектом в целом. В этом отличие от прежних методов управления.

Цель в проекте: Выполнение обязательств по проекту с максимальной выгодой для исполнителя.

Критерии: Минимизация производственных потерь при соблюдении требований и условий контракта.

Ограничения: Условия контракта, технические требования к выполнению работ и их безопасности.

Стратегия: Детальное планирование и оперативное управление выполнением работ с соблюдением требований контракта и интересов исполнителя.

Основные риски: Высокая себестоимость работ, низкая квалификация исполнителей, низкое качество работ, срыв сроков, высокий уровень травматизма.

Основные инструменты УП: Детальный и укрупненный план, оперативный учет, отчетность и регулирование выполнения.

В силу близости функций Руководителя Проекта и Генконтрактора, и, зачастую, их совмещения на практике в одном лице, в работе объединено описание математических моделей для них.

Регулирующие органы (Органы власти) – сторона, удовлетворяющая свои интересы путем получения налогов от участников проекта, выдвигающая и поддерживающая экологические, социальные и другие общественные и государственные требования, связанные с реализацией проекта. Данные требования обуславливаются рядом возможных воздействий проекта на внешнюю среду и служат для их нейтрализации или минимизации негативных последствий.

Разработана математическая модель оценки экологических рисков и уровня социальной значимости проектов.

В качестве исходных данных для идентификации экологических рисков используются:

- 1) карта технологических процессов, применяемое оборудование, материалы;
- 2) технологические регламенты и другие материалы, содержащие информацию о характеристиках технологического процесса, используемом оборудовании, сырье и материалах;
- 3) данные лабораторных исследований и испытаний, производимых в рамках осуществления производственного контроля за соблюдением санитарных правил, экологического контроля и т.д.;
- 4) протоколы измерений показателей опасных и вредных производственных факторов, тяжести и напряженности трудового процесса;
- 5) данные санитарно-эпидемиологической оценки, проводимой органами государственного санитарно-эпидемиологического надзора;
- 6) материалы проверок соблюдения требований промышленной безопасности, охраны труда и окружающей среды, в том числе материалы проверок, проводимых государственными надзорными органами;
- 7) материалы расследований аварий, инцидентов, несчастных случаев и профессиональных заболеваний.

Оценку экологического риска предложено производить с помощью многомерных методов экспертных оценок с использованием критерия Спирмена и *коэффициентов конкордации*, определяющих согласованность мнений группы экспертов. Каждый эксперт j идентифицирует экологические риски всех вариантов проекта ($i=1, \dots, N$) по k -му ($k=1, \dots, 7$) набору исходных данных, приведенных выше, формируя тем самым многомерную матрицу $\{a_{ij}^k\}$.

Социальные результаты отражают вклад проекта в улучшение социальной среды и, в конечном счете, – в повышение качества жизни людей. Качество жизни характеризуется оценками следующих аспектов:

- 1) доходов населения (средняя заработная плата и другие выплаты);
- 2) обеспеченности населения товарами и услугами потребительского назначения; ценами и тарифами на них;

3) обеспечения жильем, объектами хозяйственно-бытового назначения и коммунальными услугами;

4) занятости населения (количество новых рабочих мест); подготовки кадров;

5) обеспечения населения объектами образования, культуры и искусства, здравоохранения, спорта, транспортного обслуживания;

6) социальной безопасности (снижение правонарушений и преступности);

7) здоровья и продолжительности жизни – это улучшение условий труда; развитие сферы здравоохранения; уровень обслуживания.

Оценка уровня социальной значимости проектов проводится по вышеприведенной методике (аналогичной модели оценки экологических рисков), используя b_{ij}^k – оценки j-м экспертом i-го варианта проекта по k-му ($k=1, \dots, 7$) аспекту качества жизни.

Предложена методика экспертного отбора возможных вариантов проекта с использованием принципов попарного сравнения (метод иерархий Саати).

В качестве критериев выбора предлагаются следующие:

- повышение благосостояния общества, экономической и социальной стабильности в регионе;
- насыщение региона товарами и услугами, которые будут предоставляться создаваемым предприятием;
- повышение уровня занятости населения;
- удовлетворение потребностей в жилье, дошкольных учреждениях, квалифицированной медицинской помощи;
- охрана окружающей среды.

Также разработана математическая модель оптимизации выгод и потерь для территории с точки зрения налогообложения, социальных и экологических требований за счет выбора варианта реализации проекта, обеспечивающего максимально объективную оценку его положительных и отрицательных аспектов.

Заключительной моделью комплекса является многокритериальная математическая модель деятельности регулирующих органов с целевыми функциями:

1) максимизация ожидаемого объема налогов:

$$F_1 = \sum_{t=0}^T \left(\sum_{k=1}^N x_k \cdot n_k \cdot PV_k^t \right) (1+d)^{-t} \rightarrow \max; \quad (14)$$

2) минимизация экологического риска:

$$F_2 = \sum_{t=0}^T \left(\sum_{k=1}^N x_k \cdot \bar{A}_k^t \right) (1+d)^{-t} \rightarrow \min; \quad (15)$$

3) повышение качества жизни:

$$F_3 = \sum_{t=0}^T \left(\sum_{k=1}^N x_k \cdot \bar{B}_k^t \right) (1 + d)^{-t} \rightarrow \max; \quad (16)$$

Оценки экологического риска \bar{A}_k^t варианта проекта k , реализуемого в период t в объеме инвестиций V_k^t , и оценки уровня социальной значимости проектов \bar{B}_k^t формируются с помощью многомерных методов экспертных оценок с использованием критерия Спирмена и *коэффициентов конкордации*, аналогично вышеприведенному в первой модели алгоритму. Коэффициент дисконтирования d принимается как минимально желаемый уровень доходности государственных инвестиций, для второй целевой функции в качестве меры эквивалентности значений риска, и для третьей целевой функции в качестве меры эквивалентности оценок уровня социальной значимости проектов для разных временных периодов.

Приведенные выше математические модели позволяют реализовать основные специфические компетенции Регулирующих органов в процессе выполнения проекта.

Основное назначение *коммерческой службы* – осуществлять реализацию создаваемого в ходе проекта продукта и обеспечивать приток денежных средств в компанию.

Для достижения данной цели подразделение выполняет следующие задачи:

- разработка и проведение маркетинговых мероприятий, направленных на поиск и привлечение клиентов;
- заключение договоров с клиентами;
- отслеживание поступлений денежных средств по заключенным договорам;
- решение проблем с клиентами и работа с рекламациями.

Используемая информация:

- план ввода комплексов (продаж) с разбивкой по месяцам;
- бюджет проекта;
- бизнес–план проекта;
- юридическое обеспечение в форме договоров и других документов;
- укрупненный сетевой график проекта;
- план по вехам.

Рассмотрена методика построения регрессионной модели, описывающей характер влияния характеристик проекта (факторов) и хода его реализации на выполнение плана ввода комплексов (продаж).

В качестве примера рассмотрен набор факторов, характерный для проектов жилищного строительства.

Использование полученной модели возможно по двум направлениям:

1. Повышение качества выполнения плана продаж за счет изменения значений характеристик проекта в соответствии с полученными коэффициентами регрессии;

2. Прогнозирование хода выполнения плана продаж в течение k месяцев после официального срока сдачи проекта.

Для оценки рынка жилищного строительства применена также регрессионная модель. При этом в качестве примера использована статистическая информация, характеризующая рынок строящегося жилья в Челябинске и Челябинской области.

Получено уравнение:

$$Y = -6628926,17 + 3324,46x_1 + 266,64x_2 + 5,78x_3 - 9,085x_4 - 6117,41x_5 - 0,22x_6. \quad (17)$$

Здесь x_1 – год,

x_2 – численность населения,

x_3 – средняя заработная плата,

x_4 – объемы частного сектора,

x_5 – обеспеченность жильем в многоквартирных домах ($\text{м}^2/\text{чел.}$),

x_6 – число автомобилей.

В качестве анализируемого и прогнозируемого показателя Y взят «ввод в действие жилых домов».

Далее проведен анализ потенциальных районов для начала жилищного строительства.

Для каждого из выбранных городов (Кыштым, Чебаркуль и Сатка) на основе статистических данных за 2001–2013 г.г. были построены уравнения зависимости (тренды) величины каждого социально-экономического показателя (фактора) от времени и получены прогнозы их значений на последующие 5 лет. По формуле (17) на основании полученных прогнозов факторов рассчитаны прогнозные значения результирующего показателя (Y) для выбранных городов. Полученные прогнозы показали абсолютную перспективность Сатки для разворачивания там жилищного строительства.

Полученные таким образом методики построения модели и анализа рынка можно использовать во всех других регионах России, за исключением Москвы и Московской области, где рынок определяется характеристиками не только самого региона, а страны в целом.

В заключение представлена математическая модель определения оптимальных характеристик проекта, максимизирующая приведенный поток платежей от реализации квартир.

Результаты решения задач по указанным моделям для коммерческой службы служат ориентиром для выработки комплекса мероприятий, повышающих экономическую эффективность проекта.

Реализация совокупности всех комплексов моделей, представленных в главе 2, требует создания адекватной сетевой модели проекта, учитывающей сложность, комплексность, риски, стохастичность структуры сети и вероятностность ее параметров, а также разнообразие компетенций всех стейкхолдеров, участвующих в проектной деятельности на современном этапе.

Именно разработке и описанию такой сетевой модели и посвящена следующая глава.

В главе 3 представлены разработанные автором сетевые модели, являющиеся развитием и обобщением рассмотренных в главе 1 сетевых средств описания проектов.

Циклическая альтернативная сетевая модель (ЦАСМ) является гибким и адекватным инструментом для описания процесса управления разработкой сложного проекта, при этом классические, обобщенные, вероятностные и альтернативные сетевые модели представляются не чем иным, как ее частными случаями.

ЦАСМ представляет собой конечный, ориентированный, циклический граф $G(\Omega, A)$, состоящий из множества событий Ω и дуг (i, j) (события i и $j \in \Omega$), определяемых матрицей смежности $A = \{p_{ij}\}$. $0 \leq p_{ij} \leq 1$, причем $p_{ij} = 1$ задает детерминированную дугу (i, j) , а $0 < p_{ij} < 1$ определяет альтернативное событие i , которое с вероятностью p_{ij} связано дугой с событием j . Множество дуг подразделяется на дуги-работы и дуги-связи. Первые реализуют определенный объем производственной деятельности во времени, второй тип дуг отражает исключительно логические связи между последними. Событиями могут быть как начала и окончания выполняемых работ, так некоторые их промежуточные состояния.

Обозначим через T_i время свершения i -го события, тогда соотношение между сроками свершения событий, связанных дугой (i, j) , задается неравенством:

$$T_j - T_i \geq \psi_{ij}, \quad (18)$$

где ψ_{ij} в общем случае случайная величина, распределенная по некоторому закону в интервале от $-\infty$ до 0 или от 0 до $+\infty$.

Кроме того, возможны абсолютные ограничения на момент реализации события i :

$$l_i \leq T_i \leq L_i. \quad (19)$$

Если (i, j) есть дуга-работа (или ее часть), то положительно распределенная случайная величина ψ_{ij} задает распределение минимальной продолжительности этой работы (связанной с максимальным насыщением ее определяющим ресурсом). В работе показано, что распределение величины ψ_{ij} является унимодальным и асимметричным, а данным требованиям удовлетворяет бета-распределение, таким образом, минимальная продолжительность работы есть случайная величина $\psi_{ij} = t_{\min}(i, j)$, распределенная по закону бета-распределения на отрезке $[a, b]$ с плотностью

$$\Phi(t) = C(t - a)^{p-1}(b - t)^{q-1}, \quad (20)$$

где C определяется из условия $\int_a^b \Phi(t) dt = 1$.

Если же случайная величина ψ_{ij} в (18), соответствующая дуге-работе (i,j) , распределена в интервале от $-\infty$ до 0, то $-\psi_{ij}=t_{\max}(j,i)$ задает распределение длины максимального временного интервала, на протяжении которого работа (i,j) должна быть начата и окончена даже при минимальном насыщении ее определяющим ресурсом. Для этой величины получили ее распределение аналогично (20). Зная распределение случайной величины ψ_{ij} для каждой работы (i,j) , по соответствующим формулам вычисляются ее математическое ожидание и дисперсия.

Введение в (18) отрицательно распределенных величин ψ_{ij} для дуг-работ (i,j) существенно расширяет возможности описания временных характеристик работ, делая широко используемую вероятностную модель лишь одним из частных случаев.

Для дуг-связей (i,j) величина ψ_{ij} задает распределение временной зависимости между событиями i и j , причем положительно распределенная величина ψ_{ij} определяет взаимосвязь типа «не ранее» (событие j может наступить не раньше, чем через ψ_{ij} дней после свершения события i), а отрицательно распределенная величина ψ_{ij} определяет взаимосвязь типа «не позднее» (событие i может наступить не позже, чем через $-\psi_{ij}$ дней после свершения события j). В последнем случае такие связи называют «обратными».

Таким образом, здесь мы получили обобщение этих связей с учетом возможно вероятностного их характера, при этом разрешается наличие циклов (правда, для обеспечения непротиворечивости модели, только отрицательной длины).

Введение стохастической матрицы смежности A в сочетании с обобщенными связями дает дополнительные возможности для описания процесса создания сложного проекта.

Пусть $L(i,j)$ – некоторый путь, соединяющий события i и j :

$$L(i,j)=\{i=i_0 \rightarrow i_1 \rightarrow i_2 \rightarrow \dots \rightarrow i_v=j\}. \quad (21)$$

Этот путь детерминированный, если для всех $k \in [1, v]$ справедливо $p_{i_{k-1}i_k}=1$, и стохастический, в противном случае. Таким образом, стохастический путь содержит хотя бы одну дугу, вероятность «исполнения» которой строго меньше 1.

Аналогично определяется детерминированный и стохастический контур $K(i)=\{i=i_0 \rightarrow i_1 \rightarrow i_2 \rightarrow \dots \rightarrow i_v=i\}$ (такие события i называются «контурными»).

Если события i и j соединены путем $L(i,j)$, то вероятность свершения события j при условии, что событие i произошло $P(j/i)$ есть произведение коэффициентов матрицы смежности A , соответствующих дугам связующего пути:

$$P(j/i) = \prod_{k=1}^v p_{i_{k-1}i_k}. \quad (22)$$

Если события i и j соединены несколькими путями, то выполняется эквивалентное GERT-преобразование данного фрагмента сети, вычисляется

производящая функция $\Psi_{ij}(s)$ преобразованного фрагмента, и вероятность свершения события j при условии, что событие i произошло $P(j/i)=\Psi_{ij}(0)$.

Математическое ожидание $M(j/i)$ и дисперсия $\sigma^2(j/i)$ времени свершения события j относительно времени свершения события i вычисляются по формулам, аналогично приведенным в п.4 главы 1.

Длина пути $L(i,j)$ есть случайная величина, математическое ожидание которой $ML(i,j)$ есть сумма математических ожиданий длин всех дуг, составляющих данный путь, а дисперсия $DL(i,j)$ равна сумме дисперсий.

В качестве параметра дуги ψ_{ij} можно рассматривать также любой характерный параметр, который обладает аддитивностью по дугам любого пути (например, стоимость работы), при этом с помощью эквивалентного GERT-преобразования получим математическое ожидание и дисперсию стоимости фрагмента сети или проекта в целом.

Задача временного анализа ЦАСМ сводится к нахождению случайного вектора $T=(T_0, T_1, \dots, T_n)$, где T_i есть время свершения i -го события, координаты которого удовлетворяют неравенствам (3)–(4) и обращают в экстремум некоторую целевую функцию $f(T)$.

Выделены три класса задач временного анализа:

- классические, в которых для вычисления $\{T_i\}$ используются математические ожидания продолжительностей всех дуг;

- вероятностные, в которых на основании предельной теоремы Ляпунова или другими аналитическими средствами вычисляются математические ожидания сроков свершения i -х событий – $\{MT_i\}$, являющиеся аргументами целевой функции $f(T)$;

- статистические, в которых для заданного уровня достоверности p по методу статистического моделирования, описанного в п.3 главы 1, определяются p -квантильные оценки эмпирических распределений как сроков свершения i -х событий – $\{W_p(T_i)\}$, так и производных от них величин, в том числе и значений целевой функции $f(W_p(T))$, где $W_p(T)=\{W_p(T_0), W_p(T_1), \dots, W_p(T_n)\}$.

Вводится понятие непротиворечивости ЦАСМ.

ЦАСМ называется непротиворечивой, если найдется хотя бы один допустимый план, вычисленный для соответствующего класса задач временного анализа (классического, вероятностного или статистического), удовлетворяющий системе неравенств (3)–(4). Подробно разбираются эти три понятия, обосновываются необходимые и достаточные условия, обеспечивающие непротиворечивость модели. Далее приводятся алгоритмы расчета временных параметров ЦАСМ, планов ранних и поздних сроков, планов минимальной продолжительности проекта. Также выведена формула для определения необходимого числа испытаний при статистическом моделировании.

На рис.1 приведено обобщенное описание ЦАСМ (произведено совместно с Логиновским О.В.).

Из описания следует, что ЦАСМ представляет собой более мощное средство описания проекта, используемые ранее сетевые модели (детерминированные, вероятностные, обобщенные и альтернативные) являются ее частным случаем, при этом возникает эффект эмерджентности, модель приобретает новые свойства, а именно, возможность описания сложного комплексного проекта с вероятностными характеристиками, альтернативной структурой и разнообразными логико-временными связями.

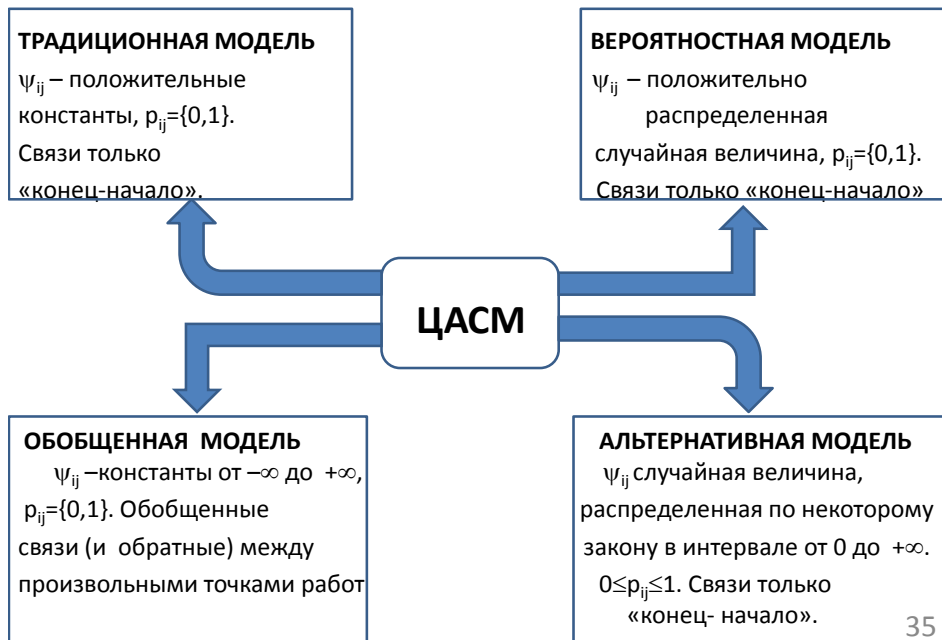


Рис. 1. Описание циклической альтернативной сетевой модели.

Универсальные сетевые модели с использованием нечеткой логики

Для дальнейшего успешного применения математических методов в качестве инструмента для анализа все более сложных проектов в условиях риска и неопределенности предложено использовать новое направление в прикладной математике, связанное с именем видного американского математика Л.А. Заде и получившее название теории нечетких множеств.

Привлекательность и сила этого подхода состоят в том, что, поскольку руководитель мыслит нечеткими понятиями, то эвристическая модель, в

которой используются лингвистические переменные, должна давать адекватную познавательную имитацию.

Далее в работе показано, как составляются последовательности нечетких условных высказываний, образующие нечеткую модель. В результате реализации нечеткого алгоритма получена функция принадлежности нечеткого множества, представляющего ограничения на базовую переменную решения.

Алгоритм определения характеристик сетевой модели состоит из использования ряда утверждений (правил) об относительных значениях логических высказываний. Для того чтобы алгоритм определения характеристик сетевой модели сделать действенным, его необходимо «наполнить» утверждениями относительного назначения.

Для этого, в частности, требуется:

- 1) включить достаточное число утверждений относительного назначения с тем, чтобы модель действительно описывала исследуемую проблему;
- 2) подобрать значения лингвистических переменных для утверждений относительного назначения.

Указанное наполнение произведено для лингвистических переменных, влияющих на продолжительность работы в сетевом проекте. Для примера взяты погода, объем финансирования, обеспеченность ресурсами, степень экологического риска, сложность местности, соответствие квалификации работников сложности проекта.

Отметим, что не утверждается, что полученные управляющие решения оптимальны, говорится только, что они разумные, продиктованы имеющейся информацией и соответствующим уровнем компетенции экспертов.

Приведенное выше приближенное рассуждение представляет собой потенциально мощный эвристический способ определения характеристических параметров проекта. Для ситуаций, в которых ограничительным предположениям нельзя дать разумное объяснение и для прогнозирования продолжительности работ не имеется достаточных данных, лежащее в основе моделей приближенное рассуждение дает представляющую интерес альтернативу.

Нечеткие алгоритмы интуитивно привлекательны. Очевидно, возможности используемых в модели лингвистических переменных вместо количественных переменных дают исследователю дополнительную свободу. Использование лингвистических переменных должно позволить разработчику модели уловить сущность опыта и оценку руководителя, не навязывая лишних вопросов о квантификации интуиции. К тому же, поскольку правила, которые задают структуру для нечетких алгоритмов, опираются на здравый смысл и логику, руководители должны легко понимать подоплеку моделей. Предполагается, что ясная природа нечетких алгоритмов должна увеличить шансы их успешного применения.

Лингвистические переменные обладают тем преимуществом, что с их помощью протокол можно перевести в легко применимый (эвристический)

алгоритм. Когда они используются таким образом, между понятиями, которыми оперирует исследователь в своих представлениях, и организацией данных внутри модели устанавливается самая непосредственная связь, что способствует созданию эффективной информационно-аналитической системы управления проектами.

Управляемая альтернативная сетевая модель.

Представлена разработанная совместно с Голенко-Гинзбургом Д.И. новая управляемая альтернативная сетевая модель, которая является наиболее универсальной в настоящее время и объединяет две разработанные ранее сетевые модели:

а) Ациклическая управляемая альтернативная модель, (модель СААН) – содержащая сеть с двумя типами альтернативных событий. Первый тип отражает стохастический (неуправляемый) переход к дальнейшему развитию проекта. Альтернативные события второго типа имеют детерминированную природу, то есть, лицо, принимающее решение (менеджер проекта), выбирает дальнейшее продолжение проекта на основе оптимизации модели.

б) Циклическая альтернативная сетевая модель ЦАСМ, включающая циклы (контуры) и обладающая возможностью описания разнообразных логических отношений. Модель включает альтернативные события только стохастического перехода.

Проблема управления проектом сводится к выбору оптимального перехода в каждом узле (вершине) принятия решения, который достигнут в ходе реализации проекта. Решение этой задачи обеспечивается путем применения специального алгоритма перебора, основанного на лексикографическом упорядочивании вариантов перехода.

Создана новая управляемая циклическая альтернативная сетевая модель (УЦАСМ), которая аналогично ЦАСМ является конечным ориентированным циклическим графом $G(N, A)$, состоящим из множества узлов (событий) N и дуг (работ) $\{(i, j)\}$, $i, j \in N$, определенных матрицей смежности $A = \{p_{ij}\}$, $0 \leq p_{ij} \leq 1$, где $p_{ij} = 1$ определяет детерминированную дугу (i, j) , и $0 < p_{ij} < 1$ определяют альтернативное событие i , которое связано с некоторыми событиями j с вероятностями p_{ij} , $\sum_j p_{ij} = 1$.

Помимо альтернативных событий со стохастическим переходом ($\bar{\alpha}$), имеются некоторые специфически определенные события принятия детерминированных решений ($\underline{\alpha}$).

Каждое из них имеет подмножество дуг, выходящих из события i с вероятностью, равной 1.

Только одна из этих выполняющих переход дуг может быть реализована, и ее выбор – прерогатива менеджера проекта. Для обоих рассмотренных типов альтернативных событий имеет место $\overline{\alpha}, \underline{\alpha} \in N$.

Модель УЦАСМ включает различные типы циклов, а также некоторые сложные логические отношения, описанные в ЦАСМ.

Проблема состоит в том, чтобы определить оптимальные переходы в каждом альтернативном управляемом событии, которое может быть достигнуто в ходе реализации проекта. Предложен и подробно разобран алгоритм выбора оптимальный варианта переходов, который приводит к минимальной средней величине стоимости реализации проекта (принимая во внимание также циклы), обеспечивая при этом принятие решения для каждого детерминированного альтернативного события, которое будет достигнуто в ходе реализации проекта.

Таким образом, УЦАСМ покрывает еще более широкий диапазон сложных альтернативных сетевых моделей, нежели любая рассмотренная ранее модель.

Область применения альтернативных стохастических моделей:

1. Большие и очень сложные проекты с долгосрочными целями, особенно когда разрабатывается совершенно новое изделие без подобных опытных образцов в прошлом. Такие проекты часто реализуются в космической и других оборонных отраслях промышленности. Здесь обычно сталкиваются с большой неопределенностью в их реализации, а так же с альтернативными переходами в ключевых событиях.

2. Долгосрочные проекты в строительной промышленности при проектировании и строительстве уникальных сооружений (различные системы защиты, морские подводные туннели, нефтегазовые трубопроводы, и т.д.).

3. Разработка фармацевтической и новых видов химической продукции, проекты нанотехнологии, и т.д.

Важность таких проектов весьма значительна, фактически все индустриально развитые страны рассматривают и выполняют так называемые целевые программы или целевые проекты, определяющие тенденцию технологического развития.

Предложенные модели и методы управления проектной деятельностью со стороны различных стейкхолдеров и адекватные данным моделям средства описания сложной структура проекта, позволили разработать интегрированную информационно-аналитическую систему управления комплексными проектами, описание и методология создание которой приведены в следующей главе.

В главе 4 определена структура и функции интегрированной системы математических моделей управления сложным проектом на основе интеграции и конвергенции мультиаспектных моделей разных заинтересованных сторон. Угруппенная информационно-логическая схема взаимодействия стейкхолдеров приведена на рис. 2. Представлен алгоритм интеграции разработанных моделей и методов для реализации управления проектом.



Рис. 2. Информационно-логическая схема взаимодействия стейкхолдеров

Детально рассмотрены процедуры агрегирования сетевых моделей, описанных в главе 3, для каждого уровня управления и каждого стейкхолдера, с учетом компетенций каждой заинтересованной стороны определены необходимые типы сетевых моделей, их параметры и методы обработки. На рис. 3 схематично показаны уровни управления и соответствующие им модели описания проекта для каждой заинтересованной стороны.

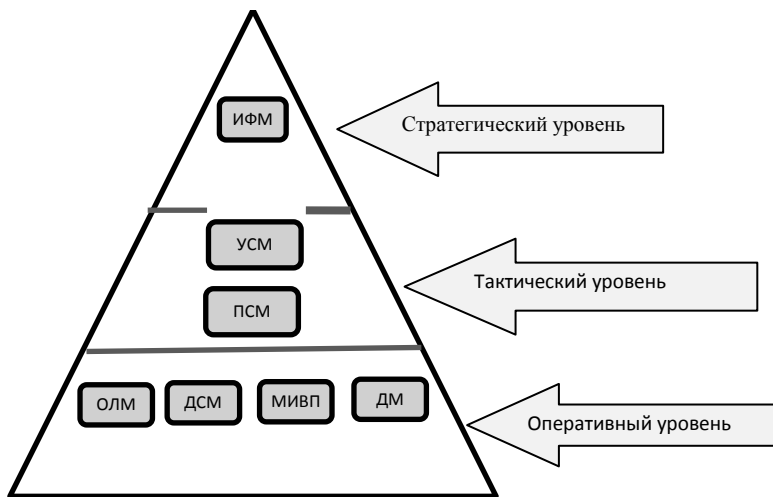


Рис. 3. Функциональные модели и уровни управления

Здесь:

- ДСМ (Детальная сетевая модель) – для команды управления проектом, проектного офиса;
- ИФМ (Инвестиционно-финансовая модель) – для Инвестора;
- ПСМ (Приемо-сдаточная модель) – для Заказчика;
- УСМ (Укрупненная сетевая модель) – для Генерального подрядчика;
- ОЛМ (Операционно-логистическая модель) – для Поставщика;
- МИВП (Модель исполнения властных полномочий) – для регулирующих и надзорных органов, органов власти;
- ДМ (Доходная модель) – для коммерческой службы.

Детальная сетевая модель (ДСМ)

ДСМ предназначена для оперативного и среднесрочного управления работами и ПД исполнителями нижнего уровня. На ее основе составляются оперативные графики выполнения работ, поставок и других видов деятельности, также осуществляется оперативный учет, отчетность, контроль, мониторинг, регулирование и обратная связь. ДСМ является процессной моделью всех видов деятельности и работ по созданию проектного продукта. ДСМ представлена ориентированным графом, в котором в технологической взаимосвязи показаны все работы с детерминированными и вероятностными характеристиками, с альтернативными, детерминированными и вероятностными связями, с возможностью образования циклов, т.е. описание проекта произведено с использованием всех возможностей УЦАСМ, описанной в главе 3. Главными

элементами ДСМ являются работы, события, зависимости, временные и ресурсные ограничения.

Инвестиционно–финансовая модель (ИФМ)

ИФМ является укрупненной (агрегированной) моделью проекта, содержащей возможные варианты его реализации. Предназначена для Инвестора и высшего руководства ПД, принимающего стратегические решения. Включает все виды деятельности и их финансовые характеристики, необходимые для организации работ Инвестора и взаимодействующих с ним структур. На ее основе составляются перспективные и среднесрочные планы финансирования проекта, включающие все виды деятельности Инвестора на протяжении жизненного цикла от организации проекта до его реализации. А также для мониторинга, контроля, анализа, регулирования и прогнозирования. ИФМ учитывает и описывает технологическую последовательность отдельных процессов и работ по всем видам включенной в него деятельности для обеспечения проекта необходимыми средствами и отслеживания процесса финансирования. Основными элементами модели являются центры затрат, инвестиций, доходов, прибыли взаимосвязи, события и вехи, ограничения.

Приемо–сдаточная модель (ПСМ)

ПСМ входит в состав инструментов для управления ПД с позиций Заказчика и связанных с ним структур. Предназначена для составления перспективного плана создания проектного продукта и поэтапного плана сдачи его готовых элементов (комплексов). В основе формирования ПСМ находится декомпозиция проекта на эти этих сдаточные элементы. Все элементы имеют свои измерения (трудоемкость, килограммы, длина, ширина, объемы работ, продолжительности) и все допустимые типы зависимостей между ними.

Укрупненная сетевая модель (УСМ)

УСМ является средством управления проектом для Генконтрактора и предназначена для составления перспективных и среднесрочных планов создания продукта проекта, включающего все виды деятельности Генконтрактора на протяжении жизненного цикла от организации проекта до его реализации. А также для мониторинга, контроля, анализа и регулирования, прогнозирования, включая обратную связь. УСМ представлена ориентированным универсальным или специальным графом, в котором показаны в технологической взаимосвязи все работы по организации проекта, управлению проектом, проектированию, обеспечению комплектных поставок, технологического и других видов оборудования, строительству, монтажу, пуску, наладке, вводу в эксплуатацию, выполнению функций авторского надзора.

Операционно-логистическая модель (ОЛМ)

ОЛМ предназначена для оперативного и среднесрочного управления работами и ПД исполнителями Поставщика и его структур. На ее основе составляются оперативные графики планирования и осуществления поставок и других логистических видов деятельности для обеспечения проекта всеми необходимыми материалами и оборудованием, также осуществляется

оперативный учет, отчетность, контроль, мониторинг, регулирование и обратная связь. ОЛМ предназначена для управления поставками и обеспечения качества, как поставляемых материалов, так и качества процесса организации поставок. Главными элементами ОЛМ являются: место, время, объемы, сроки операций и поставок и их продолжительности, временные, стоимостные и ресурсные ограничения.

Модель исполнения властных полномочий (МИВП)

МИВП предназначена для оперативного и среднесрочного управления работами и ПД исполнителями организаций, исполняющих функции регулирующих и надзорных органов, а также – органами власти. На ее основе составляются оперативные графики выполнения работ и других видов деятельности, также осуществляется оперативный учет, отчетность, контроль, мониторинг, анализ, регулирование и обратная связь. Применение модели дает возможность регуливающим и надзорным органам, а также органам власти, обеспечивать исполнения требований законодательства разных уровней, согласование и экспертиза документов, учет национальных, страновых, социокультурных, географических, политических, экологических и других факторов (зависит от масштаба проекта). Главными элементами МИВП являются экспертные решения, разрешения, согласования, налоги, санкции, продолжительности операций, события, зависимости, временные и ресурсные ограничения.

Доходная модель (ДМ)

ДМ предназначена для оперативного и среднесрочного управления работами и ПД исполнителями коммерческой службы, отвечающей за реализацию проектного продукта. На ее основе составляются оперативные графики выполнения работ, событий, других видов деятельности, также осуществляется оперативный учет, отчетность, контроль, мониторинг, анализ, регулирование, прогнозирование и обратная связь. Главными элементами ДМ являются вехи, работы по маркетингу и продажам, зависимости, обратный расчет, договора, финансовые параметры, работа с рекламациями.

В алгоритме интеграции использованы все разработанные и описанные в главе 2 математические модели для стейкхолдеров и перечисленные выше сетевые модели разной степени агрегации. Представлена схема соответствия разработанных моделей реализуемым функциям из полного перечня, показаны информационные потоки, циркулирующие в интегрированной системе управления проектом между всеми стейкхолдерами. Полный перечень функций управления проектом на всех стадиях его жизненного цикла приведен в приложении к диссертации. Описанные информационно-логическая схема взаимодействия стейкхолдеров, процедуры агрегирования сетевых моделей, алгоритм интеграции, в котором использованы все разработанные в диссертации математические модели, являются основой для создания интегрированной информационно-аналитической системы управления проектами, учитывающей

сложные реалии современного мира и обеспечивающей целостность и полноту выполняемых функций.

Таким образом, общая математическая модель интегрированной информационно-аналитической системы управления проектами выглядит следующим образом:

$$Q_i(\text{ДСМ})=G_i, (i=1,2,\dots,6), \quad (23)$$

– операторы агрегирования детальной сетевой модели,

где $G_i = (\text{ИФМ} \vee \text{ПСМ} \vee \text{УСМ} \vee \text{ОЛМ} \vee \text{МИВП} \vee \text{ДМ})$,

$$R_i(G_i), \quad (24)$$

– операторы формирования плана, оптимального по критериям i -го стейкхолдера, в соответствии с присущему ему комплексу математических моделей,

$$Q_i^{-1}[R_i(G_i)] = \text{ДСМ}', \quad (25)$$

– оператор, обратный агрегированию сетевой модели для i -го стейкхолдера, заключается в задании ограничений на отдельные работы, комплексы работ, вехи в детальной сетевой модели.

Принятие решений в интегрированной информационно-аналитической системе управления проектами определяется последовательностью выполнения преобразований (23)-(25), учитывающей приоритетность стейкхолдеров в конкретном проекте. На практике наиболее распространенной схемой является:



Требования к составу и параметрам технических средств.

Для нормальной работы как серверной, так и пользовательской частей необходимо:

- Компьютер с процессором Intel Pentium-100 или 100%- совместимым.
- Оперативная память не менее 16 Gb.
- Жесткий диск объемом не менее 640 Gb.
- Наличие адаптера подключения к сети (сетевой карты, модема и т.п.).
- Установленная ОС Windows 07/10/13/XP.
- Настроенный протокол TCP/IP.

В главе 5 описаны результаты использования разработанных моделей и методов управления проектами в ряде организаций различной направленности:

- строительные организации (Федеральная строительная компания полного цикла «ИНСИ» г.Челябинск, Агентство недвижимости Риэлт Стройком, входящая в состав компании Стройком г.Челябинск),
- инвестиционно-консалтинговая компания (ООО ПРОФ МЕДИА г.Челябинск),
- страховая компания (ООО «ЮЖУРАЛ-АСКО» г.Челябинск).

Научные положения и разработки диссертации, в том числе математические модели стейкхолдеров, модели описания сложных проектов, а также методика формирования информационно-аналитической системы управления проектами предложены министерству информационных технологий и связи Челябинской области и приняты для использования при анализе и управлении сложными проектами в социальных и экономических системах.

Соответствующие акты представлены в приложении к диссертации.

В перечисленных выше организациях наряду с предложенными в данном диссертационном исследовании применялись и другие методы и средства управления проектами (организационные, технологические, финансово-аналитические), поэтому выделить в количественном выражении ту часть эффекта, которая относится именно к данным моделям, весьма затруднительно. Качественные показатели эффективности отмечены в актах внедрения (приложение к диссертации) и связаны с обеспечением целостности системы управления, повышением ее гибкости и адекватности, возможностью выбора оптимальных решений по различным критериям и т.д.

Кроме того, представлены результаты использования разработанной методологии управления проектами в учебном процессе в Южно-Уральском государственном университете, Высшей Школе Экономики (Москва) и Омском государственном университете.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ

Диссертационное исследование, связанное с созданием информационно-аналитической системы управления проектами на основе комплекса математических моделей функционирования различных стейкхолдеров, позволило решить важную народно-хозяйственную проблему повышения эффективности разработки и реализации сложных комплексных проектов в условиях нарастания рисков, нестабильности внешней среды и противоречий между различными участниками проектного управления. Основные выводы и результаты заключаются в следующем:

1. Проведен ретроспективный анализ развития теории стейкхолдеров применительно к управлению проектами, определены требования к их компетентности. При этом описаны процедуры, позволяющие формировать для каждого стейкхолдера свою сетевую модель соответствующей степени агрегированности, что позволило использовать целостную модель описания проекта и обеспечить методологическую и информационную совместимость всех входящих в его состав компонент.

2. Осуществлен анализ эволюции сетевых методов управления проектами. При этом введены единые обозначения и толкования основных понятий, что позволило систематизировать описания всех существующих моделей и методов проектного управления, выявить их недостатки, такие как неадекватность сложности современных комплексных проектов, их стохастической структуре, динамичности ресурсных, временных и других характеристик.

3. Разработан комплекс взаимосвязанных математических моделей управления проектами с позиций стейкхолдеров, таких как инвестор, заказчик, генпоставщик, генконтрактор, руководитель проекта и его команда, регулирующие органы, коммерческая служба. На основе этих моделей создана интегрированная информационно-аналитическая система управления проектами, позволившая существенно повысить качество и эффективность проектной деятельности.

4. Предложена новая универсальная циклическая альтернативная сетевая модель (УЦАСМ), обеспечивающая возможность адекватного описания сложного проекта и не имеющая выявленных недостатков разнообразных моделей проектного управления. Этот класс моделей обладает широкими возможностями описания логико-временных взаимосвязей между элементами проекта с вероятностными и альтернативными параметрами. УЦАСМ обеспечивает эффективное функционирование и взаимодействие разработанных математических моделей для различных стейкхолдеров в рамках предложенной интегрированной информационно-аналитической системы управления проектами.

5. Разработана методология создания интегрированной информационно-аналитической системы управления проектами на основе представленных в диссертации математических моделей и методов. Подобная система позволяет осуществлять управление проектами в современных динамически меняющихся условиях окружающей среды, обеспечивая взаимодействие различных сторон, участвующих в проектной деятельности.

6. Осуществлено внедрение научных положений и разработок диссертационного исследования в практику управления проектами, что повысило эффективность их деятельности (акты внедрения прилагаются). Разработанные модели и методы решения отдельных задач применялись в системе обработки информации Агентства недвижимости Риэлт Стройком, входящего в состав компании Стройком г.Челябинск, Федеральной строительной компании полного цикла «ИНСИ» г.Челябинск, инвестиционно-консалтинговой компании ООО ПРОФ МЕДИА г.Челябинск, ОАО «ЮЖУРАЛ-АСКО» г.Челябинск, а также используется в учебном процессе в ЮУрГУ, ВШЭ и ОГУ.

Основные положения диссертационной работы изложены в публикациях:

Статьи в журналах, рекомендованных ВАК для публикации результатов диссертаций на соискание ученой степени доктора наук:

1. Гельруд, Я.Д. Оптимизация развития холдинговой структуры с использованием нечеткой логики / Я.Д.Гельруд // Управление проектами и программами. –2007. – № 3. –С. 182-190.

2. Воропаев, В.И. Обобщенные стохастические сетевые модели для управления комплексными проектами (часть 1) / В.И.Воропаев, Я.Д.Гельруд // Управление проектами и программами. –2008. –№1. –С. 2–13.

3. Воропаев, В.И. Обобщенные стохастические сетевые модели для управления комплексными проектами (часть 2) / В.И.Воропаев, Я.Д.Гельруд // Управление проектами и программами. –2008. –№ 2. –С.92–104.

4. Воропаев, В.И. Принятие решений в управляемых циклических альтернативных сетевых моделях для проектов с детерминированными ветвлениями / В.И.Воропаев, Я.Д.Гельруд, Д.И.Голенко-Гинзбург, А.Бен-Яр. // Управление проектами и программами. –2010. –№ 1. –С. 4-14.

5. Гельруд, Я.Д. Обобщенные стохастические сетевые модели для управления комплексными проектами / Я.Д.Гельруд // Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: Математика, механика, информатика. – 2010. –Т. 10. –№ 4. –С. 36-51.

6. Мохов, В.Г. Принципы отбора стратегий предпринимателем при оценке эффективности инвестиционного проекта, поддающегося дроблению / В.Г.Мохов, Я.Д.Гельруд // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Экономика и менеджмент. –2011. –№ 41 (258). –С. 81-84.

7. Гельруд, Я.Д. Учет предпринимательских рисков при формировании инвестиционного портфеля / Я.Д.Гельруд, В.Г.Мохов, Н.В.Ким // Современные проблемы науки и образования. –2012. –№ 1. –С. 243.

8. Воропаев, В.И. Математические модели проектного управления для заинтересованных сторон / В.И.Воропаев, Я.Д.Гельруд // Управление проектами и программами. –2012. –№4. –С. 258–269.

9. Воропаев, В.И. Математические модели проектного управления для заказчика / В.И.Воропаев, Я.Д.Гельруд // Управление проектами и программами. –2013. –№1. –С. 18–29.

10. Воропаев, В.И. Математические модели проектного управления для инвестора / В.И.Воропаев, Я.Д.Гельруд // Управление проектами и программами. –2013. –№2. –С. 102–112.

11. Головин, В.Ю. Современные инструменты эффективного менеджмента в малом бизнесе / В.Ю.Головин, Я.Д.Гельруд, В.Г.Мохов // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Экономика и менеджмент. – 2013. –Т. 7. –№ 2. –С. 126-130.

12. Воропаев, В.И. Математические модели проектного управления для поставщика / В.И.Воропаев, Я.Д.Гельруд // Управление проектами и программы. –2013. –№3. –С. 180–196.

13. Воропаев, В.И. Математические модели проектного управления для регулирующих органов / В.И.Воропаев, Я.Д.Гельруд // Управление проектами и программы. –2013. –№4. –С. 272–283.

14. Воропаев, В.И. Математические модели проектного управления для руководителя и его команды управления проектом (часть 1) / В.И.Воропаев, Я.Д.Гельруд // Управление проектами и программы. –2014. – №1. – С. 62–71.

15. Воропаев, В.И. Математические модели проектного управления для руководителя и его команды управления проектом (часть 2) / В.И.Воропаев, Я.Д.Гельруд // Управление проектами и программы. –2014. –№ 2. –С. 94–102.

16. Воропаев, В.И. Функциональные модели управления проектной деятельностью для разных заинтересованных сторон / В.И.Воропаев, Я.Д.Гельруд, О.А.Клименко // Управление проектами и программами. –2014. – № 4. –С. 266-278.

17. Воропаев, В.И. Математические модели проектного управления для коммерческой службы / В.И.Воропаев, Я.Д.Гельруд, О.А.Клименко // Управление проектами и программы. –2015. –№ 1. –С. 16-28.

18. Логиновский, О.В. Разработка комплекса адекватных математических моделей, реализующих функции различных стейкхолдеров и позволяющих обеспечить их эффективное взаимодействие при управлении сложным проектом. / О.В.Логиновский, Я.Д.Гельруд // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». –2015. Т.15. –№ 2. –С. 131-138.

Монографии:

19. Гельруд, Я.Д. Модели и методы управления проектами в условиях риска и неопределенности / Я.Д.Гельруд.– Челябинск: ЮУрГУ, 2006. -220 с.

20. Воропаев, В.И. Управление проектами для стейкхолдеров / В.И.Воропаев, Я.Д.Гельруд, О.А.Клименко. – М.: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2015. – 278 с.

Статьи в Российских и зарубежных изданиях:

21. Гельруд, Я.Д. Модели снабжения ресурсами для проектов со случайными параметрами / Я.Д.Гельруд, С.М.Любкин, Д.И.Голенко-Гинзбург, А.Гоник, С.Ситняковский // Труды международного симпозиума «SOVNET – 99»: Управление проектами: Восток–Запад – грань тысячелетий. SOVNET. М. 1999, декабрь 1–4, Т1. –С.229-231.

22. Воропаев, В. И. Новые модели и методы для управления проектами / В.И.Воропаев, Я.Д.Гельруд, С.М.Любкин, Б.П.Титаренко, Д.И.Голенко-Гинзбург // Труды международного симпозиума «SOVNET – 99»: Управление проектами: Восток–Запад — грань тысячелетий. SOVNET. М. 1999, декабрь 1–4, Т1. –С.295-311.

23. Воропаев, В.И. Принятие решений в иерархических системах управления проектами / В.И.Воропаев, Я.Д.Гельруд, С.М.Любкин, В.С.Резер, Д.И.Голенко-Гинзбург // Труды международного симпозиума «SOVNET – 99»: Управление проектами: Восток–Запад — грань тысячелетий. SOVNET. М. 1999, декабрь 1–4, Т1. –С.291-294.

24. Любкин, С.М. Многоуровневая модель управления проектами со стохастическими параметрами / С.М.Любкин, В.С.Резер, Я.Д.Гельруд, В.И.Иванов // -М.: ВИНТИ. №6 (транспорт; наука; техника; управление). 1999. –С. 34-37.

25. Гельруд, Я.Д. Циклические альтернативные сетевые модели и методы календарного планирования при управлении проектами / Я.Д.Гельруд // Труды Всероссийской научно-практической конференции: Актуальные проблемы развития экономики России. Челябинск.: ЮрГУ. 2000.

26. Гельруд, Я.Д. Использование ЦАСМ при формировании плана минимальной стоимости / Я.Д.Гельруд // Состояние и проблемы социально-культурной и экономической сферы города: Сборник научных трудов. Вып.7. Ч.1. – Челябинск: Изд-во ЧГПУ, 2000.

27. Логиновский, О.В. Циклическая стохастическая сетевая модель как универсальное средство моделирования задач планирования и управления проектами в социальных и экономических системах. / О.В.Логиновский, Я.Д.Гельруд, И.В. Емельянова // Сб. докладов Международного научно-практического семинара: Вопросы информатизации и управления органов государственной власти и местного самоуправления. Под редакцией д.т.н., профессора, академика О.В.Логиновского. -Челябинск. 2000. –С. 86-120.

28. Авербах, Л.И. Выбор критерия оптимальности при моделировании задач планирования и управления проектами в условиях риска и неопределенности с использованием циклической альтернативной сетевой модели / Л.И.Авербах, Я.Д.Гельруд // Труды Международной научно-практической конференции: Актуальные проблемы реформирования экономики и законодательства России и стран СНГ. Челябинск.: ЮрГУ. 2001.

29. Гельруд, Я.Д. Использование циклической альтернативной сетевой модели при разработке информационных систем в региональном пространстве / Я.Д.Гельруд // Труды Международной научно-практической конференции: Актуальные проблемы реформирования экономики и законодательства России и стран СНГ. Челябинск.: ЮрГУ. 2002.

30. Voropaev, V.I. Cyclic alternative network models for project management / V.I.Voropaev, Y.D.Gelrud // In: Proceedings of the 17th World Congress on Project Management, June 4–6. 2003.

31. Voropaev, V. I. Cyclic stochastic alternative network models for project management / V.I.Voropaev, Y.D.Gelrud // Communications in Dependability and Quality Management, Cacak, Serbia. Vol. 7. №2. 2004. -С.15-29.

32. Мохов, В.Г.Использование срока окупаемости инвестиций для анализа эффективности проекта / В.Г.Мохов, Я.Д.Гельруд // Экономика. Информатика.

Безопасность Сборник научных трудов региональной научно-практической конференции 29 апреля 2007 года, Челябинск, Изд-во ЮУрГУ, 2008.

33. Мохов, В.Г. Учет рисков при оптимизации инвестиционного портфеля / В.Г. Мохов, Я.Д. Гельруд // 60 конференция ЮУрГУ. 21-22 мая 2008.

34. Гельруд, Я.Д. Применение циклических альтернативных сетевых моделей при управлении сложными проектами / Я.Д. Гельруд // Наука ЮУрГУ: материалы 61 научной конференции. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2009.

35. Гельруд, Я.Д. Методы решения задач планирования сложного проекта с постоянной интенсивностью ведения работ при ограниченных ресурсах / Я.Д. Гельруд // Наука ЮУрГУ: материалы 62 научной конференции. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2010.

36. Гельруд, Я.Д. Оптимальное распределение инвестиционного портфеля с использованием методов математического программирования / Я.Д. Гельруд // Наука ЮУрГУ: материалы 63 научной конференции. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2011.

37. Гельруд, Я.Д. Математические модели проектного управления для заинтересованных сторон / Я.Д. Гельруд // Наука ЮУрГУ: материалы 64 научной конференции. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2012.

38. Voropaev, V.I. Mathematical Models of Project Management For Interested Parties / V.I. Voropaev, Y.D. Gelrud // *PM World Journal*. Vol. I, Issue X – October. 2012. www.pmworldjournal.net

39. Voropaev, V.I. Project management mathematical models for the customer / V.I. Voropaev, Y.D. Gelrud // *PM World Journal* Vol. II, Issue III – March 2013. www.pmworldjournal.net

40. Voropaev, V.I. Project management mathematical models for the investor / V.I. Voropaev, Y.D. Gelrud // *PM World Journal* Vol. II, Issue IV – April 2013. www.pmworldjournal.net

41. Averbach, L.I. Modeling the project management tasks under the risk and uncertainty conditions with a cyclic alternative network model / L.I. Averbach, V.I. Voropaev, Y.D. Gelrud // *PM World Journal* Vol. II, Issue V – May 2013. www.pmworldjournal.net

42. Voropaev, V.I. Project management mathematical models for the supplier / V.I. Voropaev, Y.D. Gelrud // *PM World Journal* Vol. II, Issue VII – July 2013.

43. Voropaev, V.I. Cyclic stochastic alternative network models for project management / V.I. Voropaev, Y.D. Gelrud // *PM World Journal* Vol. II, Issue VIII – August 2013. www.pmworldjournal.net

44. Voropaev, V.I. Decision Making in Controlled Cyclic Alternative Network Projects with Deterministic Branching Outcomes / V.I. Voropaev, Y.D. Gelrud, D. Golenko-Ginzburg // *PM World Journal* Vol. II, Issue IX – September 2013. www.pmworldjournal.net

45. Voropaev, V.I. Project management mathematical models for the regulatory agencies / V.I.Voropaev, Y.D.Gelrud // *PM World Journal* Vol. II, Issue X – October 2013. www.pmworldjournal.net

46. Voropaev, V.I. Mathematical Models of Management for a Manager and his Team / V.I.Voropaev, Y.D.Gelrud // *PM World Journal* Vol. III, Issue I – January 2014. www.pmworldjournal.net

47. Воропаев, В.И. Математические модели проектного управления для заинтересованных сторон / В.И. Воропаев, Я.Д.Гельруд // Труды XII Всероссийского совещание по проблемам управления, Москва, ИПУ РАН, 16-19 июня 2014 г. <http://vspu2014.ipu.ru/node/8581>

48. Voropaev, V.I. Functional models for project management activities from position of different interested parties / V.I.Voropaev, Y.D.Gelrud, O.Klimenko. // *PM World Journal* Vol. III, Issue 8 – August 2014. www.pmworldjournal.net

49. Гельруд, Я.Д. Об одном способе принятия решений в управляемых циклических альтернативных сетевых моделях / Я.Д.Гельруд // НАУКА ЮУрГУ: материалы 66-й научной конференции (Электронный ресурс). 2014. С. 652-654.

50. Гельруд, Я.Д. Математические модели управления комплексным проектом со стороны местных органов власти / Я.Д.Гельруд // НАУКА ЮУрГУ: материалы 66-й научной конференции (электронный ресурс). 2014. С. 645-652.

51. Gelrud, Y.D. The algorithm for generating an optimal investment portfolio / Y.D.Gelrud // *PM World Journal* Vol. III, Issue 10 – October 2014. www.pmworldjournal.net

52. Voropaev, V. I. Project management mathematical models for sales department of the organisation (on the example from construction industry) / V.I.Voropaev, Y.D.Gelrud, O.Klimenko // *PM World Journal* Vol. IV, Issue 1 – January, 2015. www.pmworldjournal.net

Учебные пособия:

53. Гельруд, Я.Д. Электронный учебно-методический комплекс «Методы принятия решений» / Я.Д.Гельруд. - Челябинск: ЮУрГУ. Инвентарный номер ВНТИЦ 50200700891, 2007. -88 с.

54. Гельруд, Я.Д. Электронный учебно-методический комплекс «Математика» / Я.Д.Гельруд. - Челябинск: ЮУрГУ. Инвентарный номер ВНТИЦ 50200700887, 2007. -88 с.

55. Гельруд, Я.Д. Электронный учебно-методический комплекс «Линейное программирование» / Я.Д.Гельруд. - Челябинск: ЮУрГУ. Инвентарный номер ВНТИЦ 50200700890, 2007. -88 с.

56. Гельруд, Я.Д. Электронный учебно-методический комплекс «Теория вероятностей и математическая статистика» / Я.Д.Гельруд. - Челябинск: ЮУрГУ. Инвентарный номер ВНТИЦ 50200700892, 2007. -88 с.

57. Гельруд, Я.Д. Математика в экономике. Математические модели: учебное пособие / Я.Д.Гельруд. Урал. соц.-экон. ин-т АТиСО. –Челябинск, 2005.-152 с.

58. Гельруд, Я.Д. Математика для юридических и гуманитарных специальностей: Учебно-методический комплекс / Я.Д.Гельруд. –Челябинск: ЮУрГУ. 2005. – 242 с.

59. Гельруд, Я.Д. Модели управления процессом создания проектов: учебное пособие / Я.Д.Гельруд. –Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2009.-58 с.

60. Гельруд, Я.Д. Основы методологии принятия решений: учебное пособие / Я.Д.Гельруд. –Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2009.-69 с.

Свидетельства о регистрации разработок 53-56 в отраслевом фонде алгоритмов и программ государственного координационного центра информационных технологий приведены в приложении к диссертации.