

**ФГБОУ ВО «ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

На правах рукописи

НАСОНОВА ТАТЬЯНА ВЛАДИМИРОВНА

**МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ ПОДДЕРЖКИ УПРАВЛЕНИЯ
РАЗВИТИЕМ КОМПЕТЕНТНОСТИ
ПРОФЕССОРСКО-ПРЕПОДАВАТЕЛЬСКОГО СОСТАВА
ВЫСШЕГО УЧЕБНОГО ЗАВЕДЕНИЯ**

Специальность 05.13.10 – Управление в социальных
и экономических системах

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:
доктор технических наук, профессор
Бурков В.Н.

Воронеж-2017

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ УПРАВЛЕНИЯ УРОВНЕМ КОМПЕТЕНТНОСТИ ПЕРСОНАЛА	16
1.1. Компетентность и компетенция	16
1.2. Методология разработки моделей компетенций	26
1.3. Методы и модели оценки компетенций	32
1.4. Компетентностный подход в задачах оценки и подбора персонала.....	40
1.5. Компетентность персонала как основа трудового потенциала организации	57
1.6. Выводы и постановка задач исследования	61
2. ФОРМИРОВАНИЕ ПРОГРАММЫ ПОВЫШЕНИЯ УРОВНЯ КОМПЕТЕНТНОСТИ ПЕРСОНАЛА ОРГАНИЗАЦИИ	63
2.1. Комплексная оценка уровня компетентности организации	63
2.2. Оценка потенциала роста уровня компетентности	66
2.3. Разработка программы повышения уровня компетентности	67
2.4. Учет рисков	84
2.5. Построение календарного плана	100
3. ЗАДАЧИ ПОВЫШЕНИЯ УРОВНЯ КОМПЕТЕНТНОСТИ ПЕРСОНАЛА ОРГАНИЗАЦИИ	108
3.1. Задачи распределения объемов работ	108
3.2. Стратегии повышения уровня компетентности персонала	113
3.3. Задачи назначения в управлении персоналом	118

4. СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЕМ КОМПЕТЕНТНОСТИ (СУРКО)	131
4.1. Структура и функции СУРКО	131
4.2. Сертификационный центр	132
4.3. Учебный центр и проектный офис	143
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	159
Литература.....	161
Приложения.....	172

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. В настоящее время необычайно динамично меняются факторы внешней и внутренней среды деятельности высших учебных заведений. Возрастают требования к качеству образования со стороны государства, абитуриентов и работодателей; постоянно обновляются содержание и технологии обучения; расширяются возможности абитуриентов при выборе вуза; меняются экономические условия деятельности вузов, вузам предоставлено право на свободное осуществление предпринимательской и иной приносящей доход деятельности; обостряется конкурентная борьба среди вузов за первенство в рейтингах, за абитуриентов с высокими результатами ЕГЭ. Все это порождает проблему поиска новых источников повышения конкурентоспособности вуза.

В числе факторов, оказывающих влияние на конкурентоспособность вуза, выделяют [47, 10, 56]:

- качество подготовки учащихся;
- кадровый состав преподавателей;
- мотивацию преподавателей;
- систему управления вузом;
- стратегию развития вуза;
- учебную нагрузку профессорско-преподавательского состава;
- систему менеджмента качества образования.

Основа конкурентоспособности вуза, как показано в [47], - качество образовательных услуг, важнейшим условием повышения которого является компетентность профессорско-преподавательского состава (ППС). В документах международных организаций, отечественных законодательных и нормативных актах по проблемам высшего образования отмечается ключевая роль преподавательских кадров в образовательном процессе. Очевидно, что вопрос о повышении компетентности профессорско-преподавательского со-

става вузов, обеспечивающего получение необходимых компетенций студентами, не просто важен, но и крайне актуален.

В настоящее время существует ряд проблем, для решения которых необходимы новые методы управления компетентностью ППС вуза:

– по мнению студентов и менеджеров высшего звена вузов, до трети преподавателей [28] по своим личностным, гражданским и профессиональным качествам не способны выполнять необходимую для качественной подготовки специалистов работу;

– повышение объективности и качества отбора преподавательских кадров требует адекватных инструментов оценки профессорско-преподавательского персонала, основанных на компетенциях;

– создание систем оценки эффективности и повышения результативности деятельности вузов и ППС (в том числе системы эффективного контракта) невозможно без конкретизации профессиональных функций преподавателя и критериев оценки, что предполагает разработку моделей компетентности преподавателей вуза;

– формирование планов развития ППС (как групповых, так и индивидуальных) в условиях быстроменяющейся конкурентной среды должно опираться на результаты сравнения фактического и желаемого уровня компетентности, что невозможно без адекватных моделей;

– повышение имиджа вуза требует инструментов, позволяющих наглядно демонстрировать абитуриентам, работодателям и обществу в целом, какие требования вуз предъявляет к своему преподавательскому составу и какие компетенции выпускников стремится обеспечить.

Следовательно, **актуальность темы** диссертационной работы определяется необходимостью разработки новых подходов к процессу оценки и повышения уровня компетентности профессорско-преподавательского состава вуза.

Основные исследования, получившие отражение в диссертации, выполнялись по планам научно-исследовательских работ:

- федеральной комплексной программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям науки и техники гражданского назначения»;
- госбюджетной научно-исследовательской работы «Разработка и совершенствование моделей и механизмов внутрифирменного управления».

Степень научной разработанности проблемы. Компетентностный подход в работе с персоналом в настоящее время приобретает все большее значение, но отдельные аспекты данной проблематики все еще остаются малоизученными.

Основу диссертационного исследования составил анализ значительного числа работ российских и зарубежных ученых.

Основы компетентностного подхода к работе с персоналом обсуждаются в работах зарубежных ученых М. Армстронга, О.Бессейра, Р. Бояциса, П. Лоуренса, Дж. Ханта, С.К. Prahalad, G. Hamel, Дж. Равена, Э. Брукинга, И. Хентце, Р. Харрисона, Л.М. Спенсера, С.М. Спенсера, С. Уиддета, С. Холлифорд и др.

Среди отечественных ученых к вопросам компетентностного подхода обращались специалисты различных научных отраслей, в том числе педагогики (В.И. Байденко, И.А. Зимняя, А.В. Хуторской, Ю.Г. Татур), психологии (А.К. Маркова, Л.П. Алексеева, Н.Н. Лобанова, Е.В. Попова, Н.С. Шаблыгина, В.А. Сластенин, И.Ф. Исаев), экономики труда и управления персоналом (Д.А. Мещеряков, Б. М. Генкин, А. П. Егоршин, Ю.Г. Одегов, Ю.Г. Лысенко, А.Я. Кибанов, И.Б. Дуракова, О.Л. Чуланова и др.). В данных работах формируется терминологический аппарат, представлены закономерности, принципы и методология использования компетентностного подхода в системе работы с персоналом организации.

При управлении развитием персонала целесообразно использовать результаты теории управления организационными системами. Результаты исследования математических моделей и механизмов управления развитием социально-экономических систем, в том числе образовательных, приводятся в работах авторов В.Н. Буркова, И.В. Бурковой, А.М. Новикова, Д.А. Нови-

кова, В.А. Ирикова, В.Н. Тренева, С.А. Баркалова, В.Г. Балашова, А.Ю. Заложнева, П.Н. Курочки, А.А. Иващенко, Д.К. Васильева, Н.С. Ермакова, А.В. Цветкова и др.

Тем не менее наукой пока не предложены модели и методы управления уровнем компетентности преподавательского состава высшего учебного заведения, что представляется крайне важным в условиях возрастания требований к качеству образования и вызывает необходимость данного диссертационного исследования.

Объектом исследования в диссертационной работе является система повышения уровня компетентности профессорско-преподавательского состава высших учебных заведений.

Предметом исследования являются модели и методы управления уровнем компетентности профессорско-преподавательского состава.

Цель и постановка задач исследования. Целью диссертационного исследования является повышение уровня компетентности профессорско-преподавательского состава на основе разработки оптимизационных моделей, методов и механизмов управления.

Достижение цели потребовало решения следующих основных задач:

- провести анализ возможностей применения моделей и механизмов управления программами с целью обеспечения процесса повышения уровня компетентности профессорско-преподавательского состава;
- разработать механизм комплексного оценивания уровня компетентности профессорско-преподавательского состава вуза;
- предложить методы формирования программ повышения уровня компетентности, обеспечивающих требуемый уровень компетентности с минимальными затратами с учетом наличия многоцелевых и взаимозависимых проектов;
- разработать модели и методы управления рисками на основе качественных оценок рисков;

- предложить методы формирования календарных планов реализации программ повышения уровня компетентности;
- разработать систему управления развитием компетенций;
- дать постановки оптимизационных задач повышения уровня компетентности профессорско-преподавательского состава на основе стратегий обучения, найма-увольнения и переназначения и предложить методы их решения.

Методология и методы исследования. Методологическую основу исследования составляют труды по теории управления организационными системами. В работе использованы методы теории управления проектами, системного анализа, математического программирования, теории графов.

Научная новизна. В диссертации получены следующие результаты, характеризующиеся научной новизной:

1. Предложен метод комплексной оценки уровня компетентности профессорско-преподавательского состава вуза, отличительной особенностью которого является учет приоритетности подразделений в системе комплексного оценивания;

2. Предложена модификация ветвей и границ для решения задачи формирования программы повышения уровня компетентности профессорско-преподавательского состава вуза, отличительной особенностью которой является включение в схему ветвления процедуры улучшения оценки снизу, получаемой на основе метода сетевого программирования И. В. Бурковой. Как показали вычислительные эксперименты, такая модификация на порядок уменьшает число ветвлений;

3. Разработан метод формирования программы повышения уровня компетентности с учетом наличия взаимозависимых проектов, в котором предложен новый алгоритм получения максимального парграфа (подграфа графа взаимозависимостей проектов, который является паросочетанием);

4. Поставлены задачи управления рисками программы повышения уровня компетентности на основе их качественных оценок. Предложены ме-

тоды решения задач с применением стратегий снижения рисков и уклонения от рисков;

5. Предложен эвристический алгоритм задачи формирования календарного плана реализации программы, в основе которого лежит выпуклая линейная комбинация двух правил приоритета проектов (эффективность по времени и эффективность по затратам);

6. Рассмотрены задачи повышения уровня компетентности персонала (ППС) путем распределения учебных курсов по преподавателям по критерию максимизации уровня компетентности института (факультета, кафедры). Для решения задач предложены алгоритмы, основанные на определении потоков максимальной ценности.

Теоретическая и практическая значимость работы. Теоретическую значимость работы определяют разработка нового методического аппарата и полученные с его использованием модели и методы повышения уровня компетентности профессорско-преподавательского состава вузов. Диссертация является законченным научным исследованием, в котором на основе системного подхода решена актуальная задача разработки и теоретического обоснования методов повышения уровня компетентности профессорско-преподавательского состава.

Практическая значимость работы заключается в разработке методики повышения уровня компетентности профессорско-преподавательского состава. Элементы методики нашли применение в формировании учебного плана кафедры управления строительством Воронежского государственного технического университета, что подтверждено актом о внедрении, и в практике работы ООО УК «Жилпроект» (г. Воронеж). Модели и алгоритмы включены в состав учебного курса «Управление персоналом», читаемого в Воронежском государственном техническом университете.

Положения, выносимые на защиту:

1. Система управления развитием компетентностей (СУРКО), разработанная путем адаптации информационной технологии разработки систем

управления развитием (технологии СУР), созданной в ИПУ РАН;

2. Модифицированный метод ветвей и границ для решения задачи формирования программы повышения уровня компетентности профессорско-преподавательского состава при наличии многоцелевых проектов, особенностью которого является включение в схему ветвления процедуры улучшения нижних оценок;

3. Алгоритм построения максимального парграфа (подграфа, который является паросочетанием), применяемый при решении задачи формирования программы повышения уровня компетентности ППС при наличии взаимозависимых проектов;

4. Методы управления рисками программы повышения уровня компетентности профессорско-преподавательского состава на основе качественных оценок рисков, на основе стратегий ограничения финансирования высокорисковых проектов, снижения рисков и уклонения от рисков;

5. Алгоритмы формирования календарных планов реализации программы повышения уровня компетентности профессорско-преподавательского состава при заданном графике финансирования, в основе которых лежит комбинация двух эвристических правил приоритета проектов;

6. Оптимизационные задачи и методы повышения уровня компетентности профессорско-преподавательского состава на основе стратегий обучения, увольнения-найма и переназначения персонала.

Степень достоверности и апробации результатов

Научные положения, теоретические выводы и практические рекомендации, включенные в диссертацию, обоснованы математическими доказательствами, расчетами на примерах, экспериментом, проведенном на факультете экономики, менеджмента и информационных технологий ВГТУ. Основные результаты исследований докладывались и обсуждались на 68–71-й научно-технических конференциях по проблемам архитектуры и строительных наук (г. Воронеж, 2014–2017 гг.); XI международной научно-практической конференции «Современные сложные системы управления

HTCS» (г. Воронеж, 2014); XII международной научно-практической конференции «Современные сложные системы управления HTCS» (г. Липецк, 2017); IV международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы научных исследований» (г. Иваново, 2016 г.); международной научно-практической конференции «Теория активных систем (ТАС–2016)» (г. Москва, 2016 г.); X международной конференции «Управление развитием крупномасштабных систем» (MLSD`2017) (г. Москва, 2017 г.); международной научной школе-семинаре им. академика С. С Шаталина «Системное моделирование социально-экономических процессов» (г. Воронеж, 2017 г.).

Публикации

По теме диссертации опубликовано 11 научных работ, в том числе 7 работ опубликованы в изданиях, рекомендованных ВАК РФ.

Личный вклад автора в работах, опубликованных в соавторстве, состоит в следующем: в работах [65], [61], [67], [66] автору принадлежит метод комплексной оценки уровня компетентности профессорско-преподавательского состава вуза; в работах [64], [67] – модификация ветвей и границ для решения задачи формирования программы повышения уровня компетентности; в работе [59] – алгоритм получения максимального парграфа; в работах [62], [60] – методы решения задач с применением стратегий снижения рисков и уклонения от рисков; в работах [63], [61] – эвристический алгоритм задачи формирования календарного плана реализации программы; в работе [58] – алгоритм повышения уровня компетентности персонала..

Объем и структура работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 105 наименований и приложений. Общий объем работы составляет 174 страницу машинописного текста, включая 26 рисунков, 93 таблицы и три акта внедрения на трех страницах.

Во введении обосновывается актуальность темы, описываются цели и задачи исследования, научная новизна и практическая значимость полученных результатов.

В первой главе показано, что в настоящее время распространенным становится многомерный (целостный) подход к компетенциям, который предлагает более широкие возможности для интеграции требований бизнеса, технологий по управлению персоналом и образовательного процесса. Например, в [75] выделяют три компонента компетенции: когнитивный компонент «знания»; функциональный компонент «умения»; личностные качества «отношение».

Как показывает практика, именно личные качества человека (третий компонент компетенции), т. е. его целеустремленность, трудолюбие, этика поведения, нравственные ценности, ответственное отношение к своим обязанностям, оказывают решающее значение на конечные результаты любой деятельности (условно этот компонент можно назвать ценностно-этическим, или *отношением к деятельности*).

Современные исследования показывают, что подбор персонала с помощью модели компетенций приводит к повышению эффективности работы персонала в сравнении с другими методами подбора. Поэтому можно говорить, что модель компетенций ложится в основу принятия любых кадровых решений и таких процедур, как найм, аттестация, служебные перемещения, увольнения, повышение квалификации, мотивация, системы оплаты. В работе анализируются существующие подходы к оценке и подбору персонала.

Один из подходов базируется на решении задачи многокритериального выбора: имеется несколько работ, требующих от исполнителя определенных компетенций, которые объединяются в m требований, и имеется некоторое количество исполнителей, каждый из которых удовлетворяет этим требованиям в какой-то мере, то есть не полностью, а частично. Необходимо укомплектовать персонал предприятия таким образом, чтобы каждый сотрудник максимально эффективно подходил для выполнения возлагаемых на него функций.

Подобная задача решена как для случая количественного задания критериев оценки, так и для случая использования нечетких критериев, выража-

емых в виде некоего высказывания, задаваемого лингвистической переменной.

Из современных исследований известно, что основой конкурентоспособности предприятия является его трудовой потенциал, представляющий собой максимальную величину участия работников в производственном процессе, учитывая их психофизиологические способности, уровень профессиональных знаний и накопленный опыт. Основой повышения трудового потенциала предприятия является повышение компетентности его персонала.

К сожалению, современное состояние проблемы не позволяет смоделировать оптимальную траекторию повышения компетентности персонала в рамках существующих для конкретного предприятия ограничений.

Во второй главе рассматриваются задачи управления персоналом, относящиеся к одной из важных функциональных областей в управлении проектами [37 и др.]. Одной из задач управления персоналом является задача повышения уровня компетентности персонала организации. Под компетентностью понимается совокупность знаний, навыков и практического опыта, требуемых для эффективной работы в данной области деятельности. Уровень компетентности – это определенная оценка степени владения знаниями, навыками и опытом данного сотрудника организации. Для оценки уровня компетентности используются как объективные показатели (резюме, научные степени и звания, стаж работы и т. д.), так и субъективные (интервью, собеседование и др.). В главе рассматривается задача повышения уровня компетентности персонала организации. В основе подхода лежит технология разработки систем управления развитием (технология СУР), созданная в Институте проблем управления РАН с участием ведущих консультантов по стратегическому управлению. Эта технология была успешно применена при разработке стратегий и программ развития предприятий и регионов. Рассматриваются основные этапы технологии СУР применительно к задаче повышения уровня компетентности организации такие, как определение целей с учетом приоритетов различных подразделений организации, выявление

ключевых проблем и узких мест, оценка потенциала роста уровня компетентности, отбор наиболее эффективных проектов, построение календарного плана реализации программы.

В третьей главе рассматривается задача повышения уровня компетентности персонала организации (подразделения, кафедры, факультета и т.д.) путем назначения распределения работ по специалистам. Каждый специалист может выполнять некоторое множество работ. Ряд работ он может выполнять с высоким уровнем компетентности, а другие - с нормальным уровнем компетентности. Задача заключается в распределении объемов работ по специалистам, так чтобы объем работ, выполняемый специалистами с высоким уровнем компетентности, был максимален. Предложен метод решения задачи, в основе которого лежит алгоритм определения потока максимальной величины. Каждого работника организации оцениваем по двухбалльной шкале уровней компетентности: нормальный уровень – 1, высокий уровень – 2. Уровень компетентности персонала организации в целом оценивается по доле объема работ организации в целом, выполняемых сотрудниками с высоким уровнем компетентности.

В четвертой главе рассматривается система управления развитием компетентности (СУРКО). Система управления развитием компетентности состоит из трех подсистем - сертификационного центра, учебного центра, проектного офиса.

Руководящим органом СУРКО является комитет по развитию компетенций, возглавляемый ректором или проректором по кадрам.

Сертификационный центр занимается организацией сертификационного процесса по оценке уровня компетентности преподавателей по различным направлениям (дисциплинам) и присуждением соответствующего уровня компетентности (нормальный, повышенный или высокий).

Учебный центр помогает преподавателям повышать уровень компетентности путем организации соответствующих лекций и семинарских занятий. Задачей учебного центра также является подготовка учебника для пре-

подавателей, содержащего вузовские требования к компетентности преподавателей (ВТК) по соответствующим направлениям. ВТК служит основой для формирования вопросов к сертификационному экзамену.

Проектный офис занимается разработкой и реализацией программы развития компетенций, а также готовит методические материалы по системе проектного управления развитием компетенций в вузе.

В заключении сформулированы основные выводы и рекомендации, полученные в ходе выполнения диссертационной работы.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ УПРАВЛЕНИЯ УРОВНЕМ КОМПЕТЕНТНОСТИ ПЕРСОНАЛА

1.1. Компетентность и компетенция

Первоначально понятие «компетентность» употреблялось в философии, психологии, социологии. Ряд направлений исследований активно и плодотворно начал разрабатываться в прошлом столетии в рамках акмеологического направления, ориентированного на междисциплинарный характер исследований и предельно широкую трактовку феномена компетентности. В работах научных школ К. А. Абульхановой, А. А. Бодалева, А. А. Деркача, В. Г. Зазыкина, Е. А. Климова, А. К. Марковой, И. Н. Семенова и др. профессиональная компетентность рассматривается как сложное структурное строение, включающее такие компоненты, как рефлексивный, аутопсихологический, конфликтологический, социально-перцептивный и другие.

Развиваемая Дж. Равеном в его работе «Компетентность в современном обществе» модель компетентности, подчеркивает значение ценностно-мотивационной стороны личности. Знания, умения и навыки, составляющие исполнительскую сторону профессиональной деятельности, успешно формируются и актуализируются, по его мнению, только при личностном принятии и осознании общественного значения соответствующих целей. Вторая особенность предлагаемой Дж. Равеном модели компетентности отражает психометрическую концепцию, утверждающую гетерогенность (а не гомогенность) ключевых факторов компетентности. Поэтому при интерпретации результатов конкретных исследований и при обработке данных автор [75] ориентируется на интеграцию множества независимых факторов (а не факторных шкал, отражающих ограниченное число переменных). При этом справедливо предполагается, что компоненты компетентности обладают

свойством кумулятивности, в частности, могут замещать друг друга. Большое значение Равен придает латентным, скрытым, виртуальным компонентам компетентности, которые могут проявляться (и нередко реально проявляются) в новых ситуациях жизнедеятельности.

История становления компетентностного подхода в управлении персоналом связана с именами Д. МакКлелланда, Р. Бояциса, Л. Спенсера. Термин «компетенция» был введен в обиход еще в 1959 г. компанией White для описания качеств личности, определяющих «превосходное» исполнение работы. Д. МакКлелланд предложил использовать критериальные выборки и определение внутреннего состояния человека (мотивов, настроений, ценностей) и его конкретных действий, являющихся причинами успешной деятельности. Было разработано интервью по получению поведенческих примеров (Behavior Event Interview), совмещающее в себе метод анализа критических событий Фланагана (Flanagans Critical Incident Method) и «Тематический апперцептивный тест» (ТАТ). В 1982 г. Ричард Бояцис предложил интегрированную модель менеджерских компетенций, и благодаря его исследованиям с 1989 г. компетентностный подход стал рассматриваться в качестве перспективной технологии HR-менеджмента. В 1993 г. Спенсер и Спенсер в книге «Competence at Work» («Компетенции на работе. Модели эффективной работы» [82]) подвели итоги 20-летнему исследованию компетенций на основе методологии McClelland/McBer (JCA). Компетенция трактовалась как «любая индивидуальная особенность, которая может быть измерена или подсчитана, надежна и способна дифференцировать «превосходных» и «средних» исполнителей или эффективных и неэффективных» [82]. Была предложена новая структура компетенций, включающая когнитивные поведенческие компоненты, разработан словарь из 360 индикаторов, определяющих 21 компетенцию, приведены примеры использования компетентностного подхода в различных HR-практиках.

Дальнейшее развитие компетентностного подхода связано с обсуждением типологии, структуры и возможностей его практического применения.

Идеи компетентностного подхода проникают в систему образования. Страны, занятые реформированием системы высшего образования по Болонскому типу, обращаются к понятиям «компетенции» и «компетентности» как к главному критерию подготовленности выпускника современной высшей школы к постоянно изменяющимся условиям труда и социальной жизни.

Компетентность, по Э.Ф. Зееру, – это «...глубокое доскональное знание существа выполняемой работы, способов и средств достижения намеченных целей, а также наличие соответствующих умений и навыков; совокупности знаний, позволяющих судить о чем-либо со знанием дела» [31].

В.А. Болотов, В.В. Сериков выделяют иной смысл компетентности: «...способ существования знаний, умений, образованности, способствующий личностной самореализации, нахождению воспитанником своего места в мире» [13].

Основываясь на результатах исследований [11, 32, 49, 81], авторы [14] рассматривают компетентность как оценочную категорию, характеризующую человека как «субъекта специализированной деятельности, приводящей к рациональному и успешному достижению поставленных целей». При этом интересна точка зрения тех же авторов на различие понятий «компетентность» и «компетенции»: под компетентностью они понимают образованность, пригодность для деятельности в ведущих сферах производства и обслуживания, поведение в любой ситуации, а компетенции трактуют как полномочия, которыми наделяется человек (организации). Такое определение разъединяет, на наш взгляд, понятия компетентности и компетенций и не отражает результатов многих научных исследований данной проблемы.

Наиболее логичным и практикоориентированным, на наш взгляд, представляется определение российского ученого А.В. Хуторского, по мнению которого, «...компетентность - владение, обладание субъектом соответствующей компетенцией, включающее его личностное отношение к ней и предмету деятельности. Компетентность - уже состоявшееся личностное качество (совокупность качеств) специалиста и минимально необходимый опыт дея-

тельности в заданной сфере» [89].

Схожие точки зрения представлены и в работах других отечественных и зарубежных авторов:

- «Компетентность - это интегральная характеристика деловых и личностных качеств специалиста, отражающая не только уровень знаний, умений, опыта, достаточных для достижения целей профессиональной деятельности, но и социально-нравственную позицию личности» [80];

- «Компетентность: «...1) обладание компетенцией; 2) обладание знаниями, позволяющими судить о чем-либо» (Современный словарь иностранных слов. М., 2001).

Согласно приведенным выше определениям, компетентность является многосторонней, разноплановой и системной характеристикой, основанной на компетенциях.

В литературе дается множество определений термина «компетенция». Приведем некоторые из них.

- «Компетенции - характеристики, необходимые для успешной деятельности; другими словами, совокупность знаний, навыков, способностей, прилагаемых усилий и стереотипов поведения» [41];

- «Компетенция - способность применять знания, умения и личностные качества для успешной деятельности в определенной области» [48];

- «Компетенция – 1. Способность делать что-либо хорошо или эффективно. 2. Соответствие требованиям, предъявляемым при устройстве на работу. 3. Способность выполнять особые трудовые функции» [21];

- «Компетенция - мера образовательного успеха личности, проявляющегося в ее собственных действиях в определенных профессионально и социально значимых ситуациях» [3];

- Компетенция включает совокупность взаимосвязанных качеств личности (знаний, умений, навыков, способов деятельности), задаваемых по от-

ношению к определенному кругу предметов и процессов и необходимых для качественной продуктивной деятельности по отношению к ним [94].

По мнению Большаковой З.М. и Тулькибаевой Н.Н., компетенции представляют собой обобщенную форму разнородных личностных качеств - когнитивных (знаний, умений, навыков), аффективных (эмоций) и волевых, которые «обеспечивают человеку сложные виды практически преобразующих действий и позволяют ему достигать лично значимых целей» [14].

Одним из наиболее полных и структурированных, на наш взгляд, является определение американских авторов [82], которые под компетенцией понимают «базовое качество индивидуума, имеющее причинное отношение к эффективному и/или наилучшему на основе критериев исполнению в работе или в других ситуациях. Базовое качество означает, что компетенция является очень глубоко лежащей и устойчивой частью человеческой личности и может предопределять поведение человека во множестве ситуаций и рабочих задач. Причинное отношение означает, что компетенция предопределяет или вызывает определенное поведение и исполнение. На основе критериев - значит, что компетенция действительно прогнозирует хорошее или плохое исполнение, которое измеряется при помощи конкретного критерия, или стандарта». Другими словами, компетенция - это набор поведенческих характеристик, необходимых человеку для успешного выполнения той или иной работы или каких-либо функций. Такая же смысловая нагрузка заложена и в определении компетенции отечественного ученого Ю.Г. Татура: «Компетенция представляет собой сложное, интегрированное понятие, характеризующее способность человека реализовывать весь свой потенциал (знания, умения, личностные качества) для решения профессиональных и социальных задач в определенной области» [87].

Согласно [82], в основе компетенции лежит ряд факторов:

- психофизиологические особенности;
- мотивы;
- я-концепция (установки, ценности);

- знания;
- навыки.

В настоящее время распространенным становится многомерный (целостный) подход к компетенциям, который предлагает более широкие возможности для интеграции требований бизнеса, технологий по управлению персоналом и образовательного процесса. Например, в [75] выделяют три компонента компетенции:

- когнитивный компонент «знания»;
- функциональный компонент «умения»;
- личностные качества «отношение»,

Как показывает практика, именно личные качества человека (третий компонент компетенции), т. е. его целеустремленность, трудолюбие, этика поведения, нравственные ценности, ответственное отношение к своим обязанностям, оказывают решающее значение на конечные результаты любой деятельности (условно этот компонент можно назвать ценностно-этическим, или *отношением к деятельности*). На наш взгляд, «отношение» базируется на первых трех компонентах компетенции, представленных в «модели айсберга». На основании изложенного в [87] предлагается следующая аналитическая интерпретация понятия «компетенция»:

$$\text{Компетенция} = (\text{Знание} + \text{Умение}) \times \text{Отношение}. \quad (1.1)$$

Авторами [91] целостная модель компетенций представлена в виде тетраэдра, отражающего единство когнитивных, функциональных, социальных компетенций (рис. 1.1).

Когнитивные компетенции включают не только официальные знания, но также и неофициальные, основанные на опыте. Знания (знаю - что), подкрепленные пониманием (знаю - почему), отличаются от компетенций, которые включают навык применения. Функциональные компетенции (навыки, или ноу-хау) включают то, что человек, который работает в данной профессиональной области, должен быть в состоянии сделать и способен это продемонстрировать. В отличие от представленной ранее геометрической модели компетенций, авторы [91] представляют социальные компетенции более ши-

роко - как совокупность личностных и этических компетенций. Личностные компетенции (поведенческие компетенции, «знаю, как вести себя») определяются как «относительно устойчивые характеристики личности, причинно связанные с эффективным или превосходным выполнением работы». Этические компетенции - личное мнение и профессиональные ценности, способность принимать основанные на них решения в рабочих ситуациях. В состав целостной модели также включены метакомпетенции, которые «относятся к способности справляться с неуверенностью, так же как и с поучениями и критикой» [91].

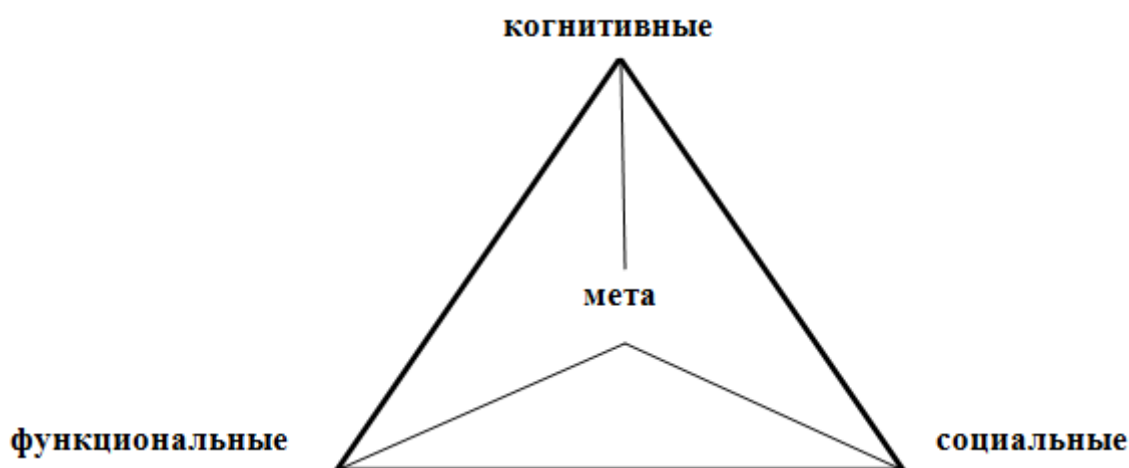


Рис. 1.1. Целостная модель компетенций

Для практического использования важное значение имеет классификация компетенций (табл. 1.1), которых к настоящему моменту существует также много, как и определений самого понятия «компетенция». Например, в [91], в качестве оснований для классификации рассматриваются уровень распространения, сущность и содержание, а также уровень развития компетенций. Американская ассоциация менеджмента (АМА) при классификации компетенций выделила пять кластеров, указанных на рис. 1.2 [101].

Пример компетенции

Название компетенции	Ориентация на достижение успеха
Поведенческие проявления (индикаторы)	<ul style="list-style-type: none"> – не удовлетворяется посредственным выполнением и результатами, стремится к достижению наилучших результатов; – постоянно ставит перед собой все более сложные цели; – берет на себя ответственность за результаты; – может правильно распределить усилия при выполнении работы; – повышает эффективность использования личного времени путем планирования, установления приоритетов и сроков; – сохраняет спокойствие и терпение в ситуации интенсивного давления; – остается сконцентрированным и нацеленным на достижение, несмотря на препятствия, изменения и возникающие сложные ситуации

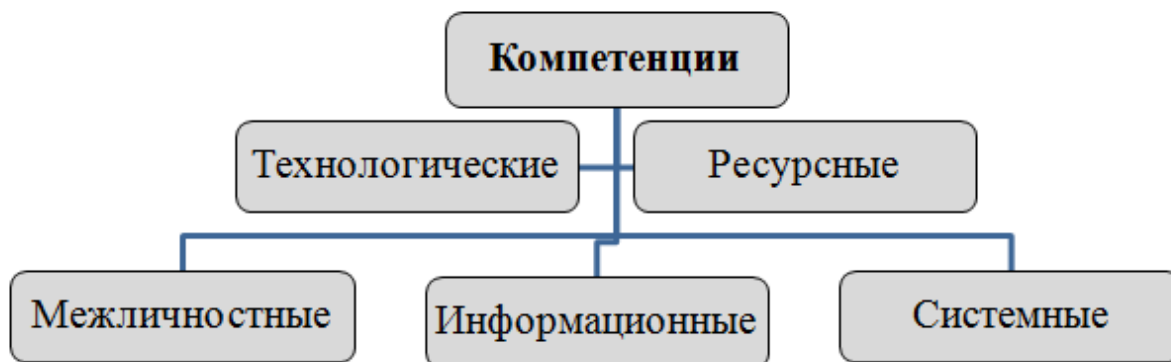


Рис. 1.2. Кластеры компетенции (АМА)

В Великобритании предложена интегративная модель профессиональной компетентности (рис. 1.3), включающая пять групп связанных компетенций, которые имеют пять уровней измерений соответственно.



Рис. 1.3. Интегративная модель профессиональной компетентности (британская традиция) [101]

Компетенция позволяет ответить не только на вопрос «что человек делает?», но также и на вопросы «как он это делает?» и «почему он это делает?». Компетенция позволяет определить, почему человек успешен (компетентен) в той или иной сфере.

Компетенция проявляется на поведенческом уровне, в виде определенных действий и поступков человека. Стандарты поведения, которые наблюдаются в действиях человека, обладающего конкретной компетенцией, называются *поведенческими индикаторами* (см. пример в табл. 1.1).

Немецкая система образования приняла иной подход, который был изначально ориентирован на так называемые компетенции действия (рис. 1.4).



Рис. 1.4. Компетенции действий (немецкий подход) [101]

Полностью все аспекты подготовленности работника к выполнению определенного вида деятельности отражены в *модели компетенций*, представляющей собой набор компетенций, необходимых для эффективности сотрудника на данной должности, ранжированных по значимости и имеющих необходимый уровень выраженности, определяемый шкалированием.

В практике моделирования компетенций широко применяется понятие *кластера компетенций*. Кластер компетенций - это набор тесно связанных между собой компетенций (обычно от трех до пяти в одной связке) [91]. Термин «кластеры» используют в словаре компетенций Спенсер и Спенсер [82], объединяя под этим понятием компетенции на основе базового намерения:

- коммуникацию;
- ориентацию на достижение/результат;
- концентрацию на потребителе;
- работу в команде;
- лидерство;
- планирование и организацию;
- коммерческую и деловую осведомленность;
- гибкость/адаптивность;
- развитие других;
- решение проблем.

Кластерам компетенций, как правило, даются названия, исходя из необходимости понимания всеми сотрудниками организации.

Компетенции, относящиеся ко всем видам деятельности организации или структурного подразделения, часто называют *основной моделью компетенций*. Основная модель не включает компетенции, устанавливающие различия в деятельности профессиональных групп, для которых эта модель предназначена. Пример такой модели (рис. 1.5), разработанной для банковской структуры, приведен в [91].

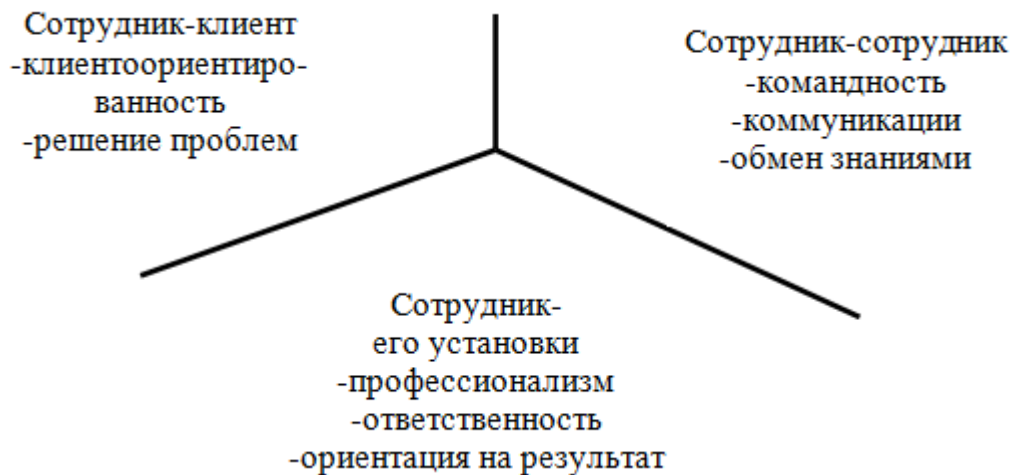


Рис. 1.5. Пример общей модели компетенций

Структура *специальной (профильной)* модели компетенций включает кластеры компетенций, детально описывающие основные элементы и стандарты поведения сотрудников в процессе конкретной деятельности.

Модель компетенций – это эталон профессионально-деловых качеств, отражающий требования к должности или группе должностей. Модель компетенций, составленная для определенной должности с описанием уровня их развития, также может иметь название *профиля компетенций*. Важно понимать, что для каждой должности есть оптимальный уровень шкалы (не обязательно высокий).

1.2. Методология разработки моделей компетенций

В настоящее время исследователи компетенций продолжают активно обсуждать терминологию, классификацию и необходимое для построения моделей количество компетенций, поэтому единого мнения по этим вопросам на данный момент не сложилось. Так, специалисты компании DeTech (Development Technologies ltd.) считают, что оптимальная модель должна со-

держат 5-8 компетенций, а модель компетенций DDA (Director's Development Audit), предназначенная для высших менеджеров и руководителей, включает 23 компетенции. Мы согласны с мнением М. Паркинсона [73], который считает, что включаемые в модель компетенции должны быть:

- исчерпывающими - перечень компетенций должен полностью перекрывать все важные виды рабочей деятельности;

- дискретными - отдельная компетенция должна относиться к определенному виду деятельности, который может быть четко отделен от других; если компетенции перекрываются, будет труднее точно оценивать работу или людей;

- сфокусированными - каждая компетенция должна быть четко определена;

- доступными - каждая компетенция должна быть доступным образом сформулирована, чтобы ее можно было использовать универсально;

- конгруэнтными - компетенции должны укреплять организационную культуру и усиливать долгосрочные цели; если компетенции кажутся слишком абстрактными, они не принесут пользы и не будут приняты менеджерами;

- современными - система компетенций должна обновляться и должна отражать настоящие и будущие (предсказуемые) потребности организации.

Для того чтобы модель компетенций соответствовала данным требованиям, следует соблюдать ряд правил при ее разработке:

- во-первых, привлекать к разработке модели компетенций тех сотрудников, которые в дальнейшем будут ее использовать;

- во-вторых, предоставлять сотрудникам полную информации о целях и процессах разработки модели компетенций в организации;

- в третьих, стараться включать в компетенции те стандарты поведения, которые соответствуют корпоративным интересам и подходят всем пользователям.

Общая технология разработки модели компетенций включает этапы, последовательность которых представлена на рис. 1.6.

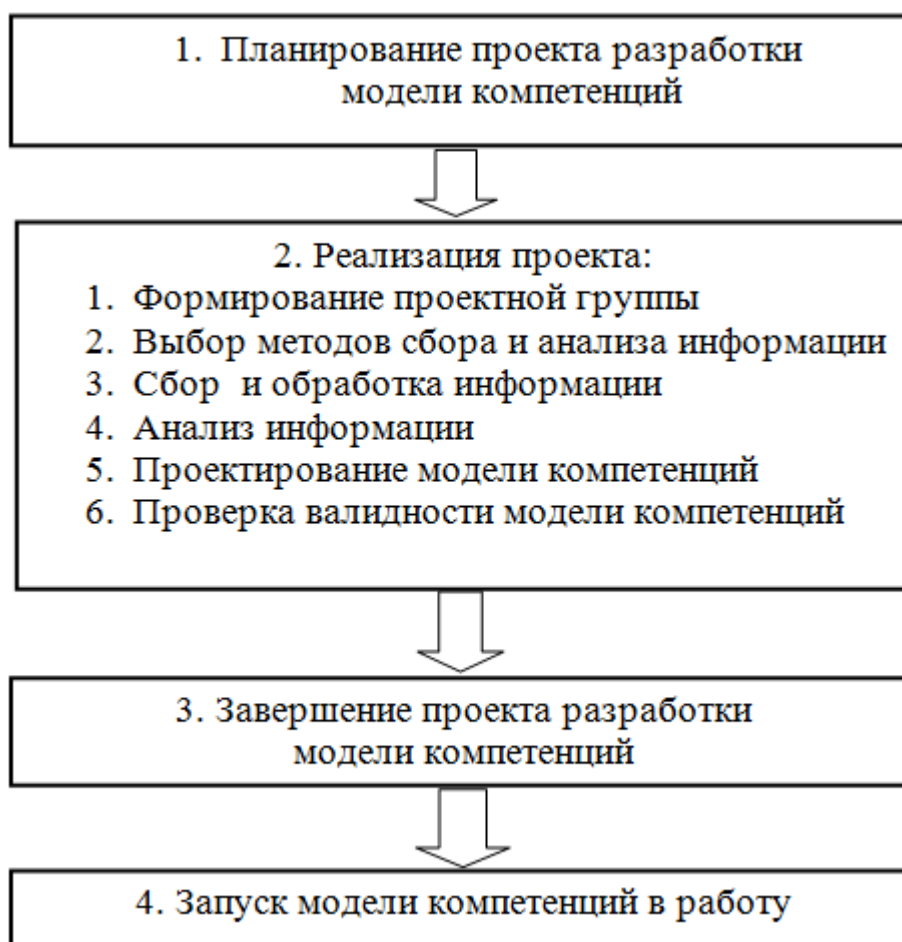


Рис. 1.6. Этапы разработки модели компетенций

При разработке моделей компетенций необходимо учитывать положение организации на рынке (табл. 1.2), стратегии развития организации в целом и человеческих ресурсов в рамках этой стратегии, особенности корпоративной культуры, выполняемой работы и среды, в которой она выполняется.

То же самое можно говорить о требованиях к персоналу в зависимости от того, какой тип корпоративной культуры компания намерена строить или поддерживать. Ориентирами могут быть:

– факторы приоритетов при принятии решений (например, всегда приоритетно стремление к разрешению конфликта, нежели к его избеганию);

- определенные ожидания по предпочитаемому стилю руководства;
- основные мотивации (например, тот факт, что оптимальный кандидат должен быть ориентирован на командную работу и коллектив или, наоборот, предпочитать работу в рамках самостоятельных проектов);
- честность, лояльность и многое другое.

Таблица 1.2

Требования к персоналу, предъявляемые в соответствии с позицией бизнеса на основе матрицы Бостонской консультационной группы

Позиция в бизнесе	Потребность в персонале
Положение «звезды»: высококонкурентный бизнес на быстрорастущих рынках - бизнес активно растет, развивается, расширяется, требует постоянных вложений и новых подходов	Требуются сотрудники: креативные, инициативные, умеющие быстро принимать нестандартные решения
Приносящее устойчивые прибыли положение «дойной коровы»: высококонкурентный бизнес на зрелых, насыщенных, подверженных застою рынках - бизнес стабилен, хорошо структурирован и требует в первую очередь поддержания и системного подхода	Требуются сотрудники: стабильные, хорошо организованные, склонные к соблюдению процедур, а не к изменению их

Компетенции, которые в первую очередь необходимы сотрудникам организации для достижения ее стратегических целей, называются *ключевыми компетенциями*. Ключевые компетенции - это перевод стратегических целей и задач фирмы на язык качеств работников. Существует тесная взаимосвязь между ключевыми компетенциями персонала и ключевыми компетенциями организации.

В современном мире, чтобы выжить или победить в жестокой конкурентной борьбе за покупателя, фирма должна иметь целый ряд конкурентных преимуществ различного характера и ключевую компетенцию. Согласно точке зрения Г. Хамела и К.К. Прахалада, ключевые компетенции являются основой «интеллектуального лидерства» компании в отрасли, опережающего создания, удержания и развития специфических, трудно имитируемых кон-

курентами источников устойчивых конкурентных преимуществ предприятия в современных условиях.

В терминологии К. Прахалада и Г. Хэмела для того чтобы компетенции были «ключевыми», они должны удовлетворять трем критериям: предлагать покупателям реальные выгоды, быть сложно имитируемыми и обеспечивать доступ к множеству рынков [103]. Рассмотрим подробнее требования, предъявляемые к ключевым компетенциям (КК):

– *КК должны быть ценными для потребителей.* При попытке найти ключевые компетенции компания должна постоянно задавать себе вопросы: вносит ли конкретный навык или умение вклад в воспринимаемую ценность? За что фактически платит клиент? Что имеет решающее значение для потребителей? Производственные компетенции, которые приводят к ощутимому снижению издержек или приносят значительную ценовую выгоду клиенту, также можно считать ключевыми;

– *КК должны быть уникальными.* Не имеет смысла определять компетенцию как ключевую, если она присуща всей отрасли и легко копируется конкурентами. Если компетенция, присутствующая в отрасли, недостаточно развита, ее можно расценивать как потенциально ключевую, если, по мнению менеджеров, имеются ресурсы для ее развития;

– *КК должны обеспечивать переход к перспективным в будущем рынкам.* При определении ключевых компетенций необходимо абстрагироваться от внешних параметров продукта и представить, как заключенную в этом продукте компетенцию можно использовать для производства нового продукта.

Анализируя наиболее часто встречающиеся в литературе определения, можно охарактеризовать ключевую компетенцию как комбинацию элементов человеческого и организационного капитала, обеспечивающую создание и рост рыночного капитала и формирование устойчивых конкурентных преимуществ предприятия.

Общие компетенции не отличают конкурентов в отрасли и не дают наилучший результат функционирования предприятия, а обеспечивают лишь его выживание в конкретном виде бизнеса. Только ключевые компетенции (КК) обеспечивают устойчивость конкурентных преимуществ. Например, в [86] выделены следующие виды ключевых компетенций промышленного предприятия:

- *динамичные КК* (ключевые компетенции производственных процессов, процессов снабжения, маркетинга, НИОКР и др.);
- *системные КК* (системы управления информацией, персоналом, инновациями и др.);
- *личностные КК* (компетенции, проявляемые в результате приобретения опыта работы конкретными сотрудниками).

Личностные КК играют особую роль в обеспечении устойчивых конкурентных преимуществ компании, являясь факторами интеллектуального капитала, и поэтому наиболее трудно имитируются конкурентами.

Как уже отмечалось выше, для ключевых компетенций характерна невозможность воспроизведения, что в конечном итоге приводит к созданию новых технологий и уникальных продуктов. Таким образом, в современном мире конкуренция носит характер борьбы за четкое и целенаправленное создание ключевых компетенций.

Со стороны службы управления персоналом построение модели ключевых компетенций позволяет увязать систему развития персонала со стратегическими целями организации, а также скоординировать между собой различные аспекты кадровой работы и обеспечить их преемственность (отбор новых специалистов, оценку персонала, развивающие программы, планирование карьеры и т.п.). Данный процесс нацелен на то, чтобы все сотрудники правильно понимали и выполняли поставленные перед ними задачи в соответствии с миссией и стратегическими приоритетами компании, а также своевременно и планомерно увеличивали багаж знаний, умений, навыков в соответствии с планируемыми изменениями задач в будущем. Поэтому тех-

нология разработки модели компетенций обязательно должна включать три важнейших этапа (рис. 1.7).

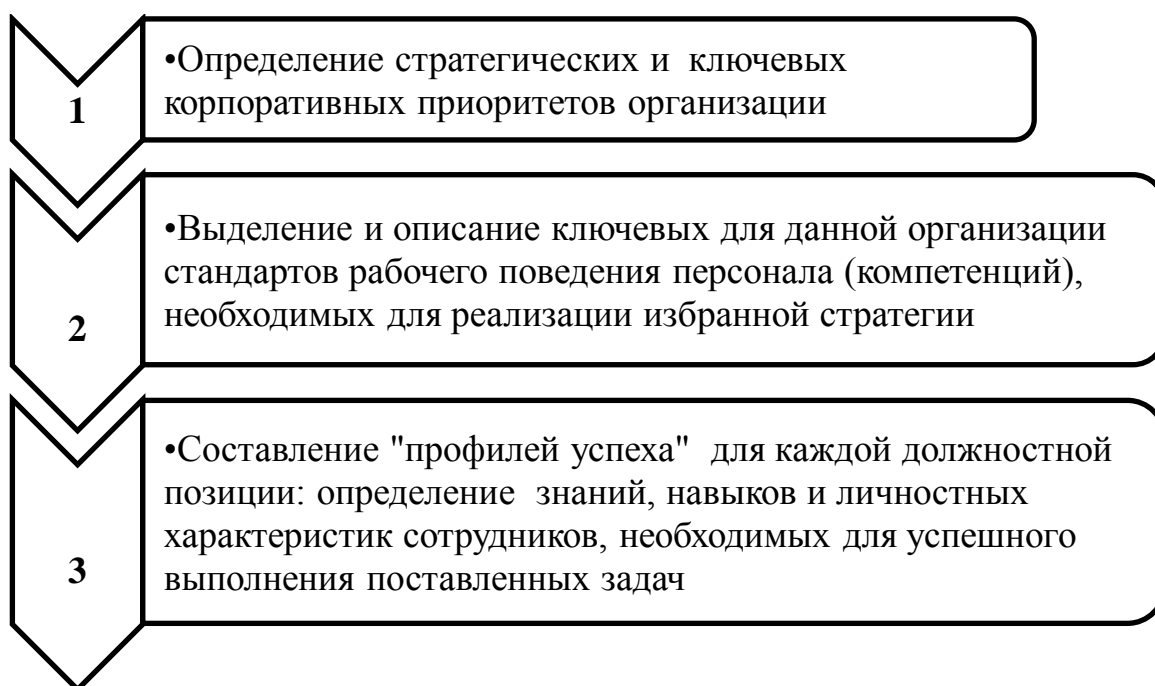


Рис. 1.7. Основные этапы разработки модели компетенций

1.3. Методы и модели оценки компетенций

Рассмотрев мнения авторов [92, 45, 51, 40, 97, 96, 83, 27, 12] о сути и содержании понятия «ключевая компетенция», нужно отметить, что большая часть авторов связывает создание «ключевой компетенции» компании с обязательным наличием у персонала данной компании определенных умений, навыков, знаний, то есть составляющих компетентности.

Исследования [43] показывают, что подбор персонала с помощью модели компетенций приводит к повышению эффективности работы персонала, в сравнении с другими методами подбора. Компетенция, сформулированная в терминах поведения, наблюдаема и измерима по силе проявления. Для оценивания сотрудника необходимо иметь набор поведенческих индикаторов

проявления компетенций и адекватные инструменты их оценки. Различные инструменты оценки, используемые предприятиями для управления персоналом, представлены на рис. 1.8.

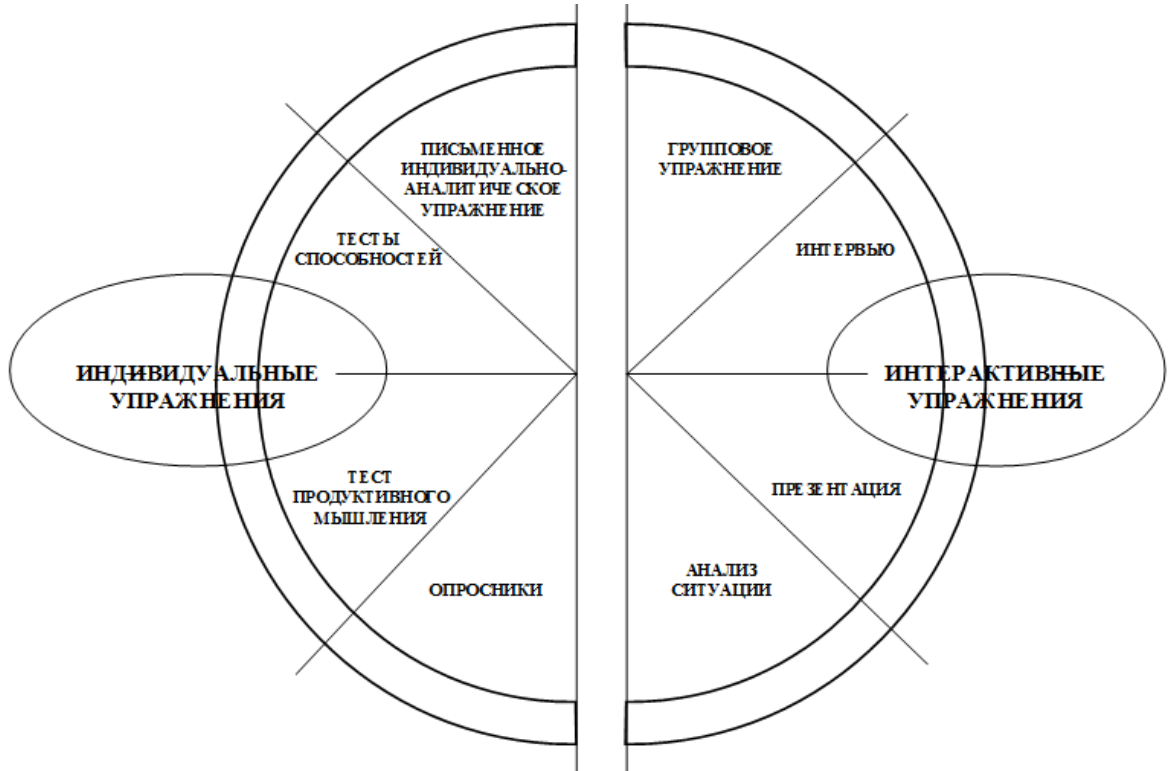


Рис. 1.8. Инструменты оценки компетенций

Наиболее часто для оценки компетенций используются поведенческие шкалы - Behaviorally Anchored Rating Scales (BARS), имеющие градацию от 5 до 10 баллов (табл. 1.3)

Таблица 1.3

Оценочная шкала уровней компетенции

Балл	Уровень	Поведенческие индикаторы
5	Превосходный	Соответствует поведению уровня 3, плюс к этому: сохраняет спокойствие и терпение в ситуации интенсивного давления; остается сконцентрированным и нацеленным на достижение, несмотря на препятствия и изменения

Балл	Уровень	Поведенческие индикаторы
4	Хороший	Соответствует поведению уровня 3, плюс к этому: по крайней мере один образец поведения уровня 5
3	Компетентный	Никогда не бывает доволен достигнутым на все 100 %. Последовательно ориентирует себя на достижение более сложных целей. Увеличивает продуктивность использования личного времени путем планирования, установления приоритетов и сроков
2	Пограничный	Обнаруживает сочетание образцов поведения уровня 1 и уровня 3
1	Неудовлетворительный	Легко удовлетворяется посредственным выполнением и результатами. Не стремится брать на себя ответственность за результаты. Не может должным образом справиться со стрессом. Легко отступает, когда сталкивается с препятствиями - отсутствует терпение и настойчивость. Дезорганизован, не может правильно распределить усилия при выполнении работы

Для того чтобы иметь возможность сопоставлять значения компетенций, измеряемых в шкалах с различным диапазоном измерения, предлагается

использовать полную нормализацию $\bar{x}_i = \frac{x_i - x_i^{\min}}{x_i^{\max} - x_i^{\min}}$, отображающую исход-

ные значения компетенций на отрезок от нуля до единицы, где \bar{x}_i , x_i , x_i^{\min} , x_i^{\max} – нормированное, исходное, минимально возможное и максимально возможное значения компетенции соответственно [39].

Для принятия решения о компетентности сотрудника необходимо перейти от исходного набора частных показателей (компетенций) к комплексной (интегральной или рейтинговой) оценке.

Интегральные показатели при оценке персонала, как правило, определяются в виде алгебраической суммы показателей с учетом их важности:

$z = \sum_{i=1}^n \alpha_i \bar{x}_i$, где z - интегральная оценка; α_i - весовой коэффициент при i -м

показателе; \bar{x}_i - нормированное значение i -го показателя. Недостатком данной модели является тот факт, что аддитивная операция может применяться только тогда, когда выполнено условие взаимной компенсации [24].

Широко распространен при оценке персонала подход, заключающийся в определении расстояния объекта исследования до некоторого «идеального» значения. Так, при оценке компетенций по методу взвешенной абсолютной разницы суммируются взвешенные абсолютные разницы между оценкой и «идеальным» значением по каждой компетенции (табл. 1.4). Наилучшим будет кандидат с наименьшей величиной общей разницы. Однако следует отметить, что данный метод «бракует» кандидата не только за отсутствие необходимого уровня развития компетенции, но и за наличие у него более высокого значения компетенции, чем того требует работа.

Таблица 1.4

Анализ соответствия человека работе
по методу взвешенной абсолютной разницы [82]

Компетенция	Рабочие требования, баллы	Баллы кандидата	Разница, баллы	Вес	Взвешенная абсолютная разница	Процент несоответствия	Процент соответствия
Достижение	90	95	5	3	15		
Техническая экспертиза	90	80	- 10	2	20		
Когнитивная компетенция	95	95	0	3	0		
Влияние	55	45	-10	1	10		
Общая оценка	330				45	13,6	86,4

Интегральная оценка кандидата, следуя [79], может быть получена из соотношения вида: $z = \sqrt{\sum_{i=1}^n \alpha_i (1 - \bar{x}_i)^2}$, где z - интегральная оценка; α_i - весовой коэффициент при i -м показателе; \bar{x}_i - нормированное значение i -го показателя. При этом нормировка показателей осуществляется следующим образом: $\bar{x}_i = \frac{x_i}{x_i^{\max}}$, где x_i^{\max} - максимальное значение i -го показателя по группе аналогичных объектов. Комплексную оценку в этой модели можно интерпретировать как расстояние до точки с координатами $\{1, 1, \dots, 1\}$, характеризующей идеальное состояние объекта с максимальными значениями показателей в фазовом n -мерном пространстве, размерность которого равна числу показателей, включенных в расчет. Данная модель хорошо действует в случае сравнительного анализа нескольких объектов, при этом чем ниже оценка, тем объект лучше в рамках рассматриваемых показателей. Существенным недостатком модели является то, что она может дать несколько одностороннюю завышенную оценку за счет значительного превышения значения одного из показателей над всеми остальными.

В случае оценки персонала, когда недопустимо компенсировать крайне неудовлетворительный уровень одной компетенции сильным уровнем развития другой, представляется целесообразным использование агрегирующей

функции вида: $z = \min_i \left\{ \frac{x_i}{\alpha_i} \right\}$, $\alpha_i \neq 0, i = \overline{1, m}$, обеспечивающей равномерное

«подтягивание» значений всех критериев к их наилучшему уровню [5] или мультипликативной модели агрегирования, обеспечивающей повышенную чувствительность к малым значениям отдельных показателей [76]:

$z = \sqrt[m]{\prod_{i=1}^n x_i^{\alpha_i}}$, $m = \sum_{i=1}^n \alpha_i$, где z - обобщенный рейтинг; n - число частных по-

казателей; x_i - значения частных показателей; α_i - весовой коэффициент, отражающий значимость i -го частного показателя. Следует отметить, что эта

формула отличается от классической формулы мультипликативного агрегирования дополнительной операцией вычисления корня. Авторы [76] оправдывают такую модификацию необходимостью сохранения размерности.

Назначение весовых коэффициентов α_i в приведенных выше формулах осуществляется, как правило, с помощью экспертных оценок, которые несут в себе как узкосубъективные черты, присущие каждому эксперту, так и коллективно-субъективные. При оценке сложных объектов вычисление коэффициентов часто приводит к неверным результатам.

Вариант ухода от экспертных оценок при определении весовых коэффициентов α_i предложен в [79], в его основе лежит идея о том, что весовые коэффициенты должны быть функциями от матрицы потерь, характеризующей потери при выборе конкретного кандидата.

Рассмотрим n кандидатов, каждый из которых обладает m компетенциями. Пусть x_j^* - требуемый уровень развития j -й компетенции в соответствии с моделью компетенций. Обозначим через x_{ij} балльную оценку j -й компетенции i -го кандидата. В случае, когда компетенции измеряются в разных шкалах, необходимо провести предварительную нормировку оценок. Для этих целей наилучшим образом подойдет полная нормировка показателей, ориентированных на максимум: $\overline{x_{ij}} = \frac{x_{ij} - x_{ij}^{\min}}{x_{ij}^{\max} - x_{ij}^{\min}}$, где $\overline{x_{ij}}$ - нормированное

значение показателя; x_{ij}^{\max} , x_{ij}^{\min} - максимально возможное и минимально возможное значения показателя x_{ij} . Тогда исходные данные могут быть заданы

в виде матрицы нормированных показателей: $D = \begin{bmatrix} \overline{x_{11}} & \overline{x_{12}} & \cdots & \overline{x_{1m}} \\ \overline{x_{21}} & \overline{x_{22}} & \cdots & \overline{x_{2m}} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \overline{x_{n1}} & \overline{x_{n2}} & \cdots & \overline{x_{nm}} \end{bmatrix}$,

где все показатели изменяются в диапазоне от 0 до 1.

Модель компетенций дает возможность легко построить вектор Y^* «идеального» кандидата, компоненты которого y_j^* определяются по формуле

$$y_j^* = \frac{x_j^* - x_j^{\min}}{x_j^{\max} - x_j^{\min}}.$$

Используя матрицу исходных данных D , строим вспомо-

гательную матрицу $Q = \|q_{ij}\|$ по следующему правилу: произвольный элемент матрицы q_{ij} есть значение i -го показателя, если выбирается кандидат,

лучший по j -му показателю. На основе вспомогательной матрицы $Q = \|q_{ij}\|$

и вектора Y^* «идеального» кандидата строится матрица потерь

$$P = \|p_{ij}\| = Y^* - Q = \|y_j^* - q_{ij}\|,$$

а для определения весовых коэффициентов используется соотношение вида $\alpha_i P_{ij} = \alpha_j P_{ji}$ и нормировочное соотношение для

весовых коэффициентов $\sum_{j=1}^m \alpha_j = 1$. Следует отметить, что предложенный способ

позволяет построить исходную матрицу нормированных показателей при наличии нескольких кандидатов, но не реализуется при оценке единственного кандидата.

Наименее трудоемким из-за отсутствия весовых коэффициентов методом, позволяющим получить комплексную оценку компетенций отдельных кандидатов, а также сравнить кандидатов между собой и выявить наилучших, представляется, на наш взгляд, метод сравнения профилей [99], основанный на определении коэффициента ранговой корреляции Спирмена:

$$C = 1 - \frac{6 \sum d^2}{n(n^2 - 1)}, \quad (1.2)$$

где C - комплексная оценка компетенций; $\sum d^2$ - сумма квадратов разностей рангов (по возрастанию/убыванию) каждой пары сопоставляемых значений собственных компетенций кандидата и работы, задаваемой моделью компетенций; n - число парных наблюдений, то есть компетенций.

Коэффициент ранговой корреляции Спирмена обладает тем преимуществом, что с его помощью можно измерять и оценивать связи как между количественными, так и между качественными признаками. Метод позволяет получить комплексные оценки компетенций участников проекта, измеряемых в условной шкале и принимающих значения от -1 до 1. При использовании коэффициента ранговой корреляции условно оценивают тесноту связи между признаками, считая значения коэффициента, равные 0,3 и менее, показателями слабой тесноты связи; значения более 0,4, но менее 0,7 - показателями умеренной тесноты связи, а значения 0,7 и более - показателями высокой тесноты связи. Наилучшим, согласно (1.2), считается, кандидат с наибольшей корреляцией ранговых номеров кандидата и работы. Метод основан на скрытой предпосылке: «Чем лучше требования работы соответствуют компетенциям человека, тем выше будет его удовлетворение от работы и ее исполнение» [82].

Таким образом, предлагаемый нами подход к получению комплексной оценки компетенций персонала должен включать следующие этапы:

- 1 этап - построение модели компетенций;
- 2 этап – нормализация шкал компетенций;
- 3 этап - получение поведенческих примеров и оценка степени выраженности каждой компетенции;
- 4 этап - получение комплексной оценки компетенций на основе коэффициентов ранговой корреляции Спирмена.

Такой подход дает возможность использовать для оценки любое количество компетенций, измеряемых в поведенческих шкалах с различными диапазонами измерения. Полученная комплексная оценка компетенций позволяет определить степень соответствия претендента задачам должности и спрогнозировать результаты исполнения задач.

1.4. Компетентностный подход в задачах оценки и подбора персонала

В докладе ЮНЕСКО [26] говорится: «Все чаще предпринимателям нужна не квалификация, которая с их точки зрения слишком часто ассоциируется с умением осуществлять те или иные операции материального характера, а компетентность, которая рассматривается как своего рода коктейль навыков, свойственных каждому индивиду, в котором сочетаются квалификация в строгом смысле этого слова, ...социальное поведение, способность работать в группе, инициативность и любовь к риску». Таким образом, компетентностный подход следует рассматривать как основу для разработки системы, объединяющей требования бизнеса, управления персоналом и цели современного образования.

Все задачи управления персоналом так или иначе связаны с использованием квалификационных требований к сотрудникам, задаваемых профилем должности или моделью компетенций. Поэтому можно говорить, что модель компетенций ложится в основу принятия любых кадровых решений и таких процедур, как найм, аттестация, служебные перемещения, увольнения, повышение квалификации, мотивация, системы оплаты. Рассмотрим в рамках настоящего раздела существующие подходы к оценке и подбору персонала.

В [20] решается *многокритериальная задача подбора кадров*. Исполнение должностных функций, возлагаемых на конкретных сотрудников, требует от них наличия определенных компетенций. Однако кандидаты на соответствующие должности обладают необходимыми компетенциями в различной степени. Поэтому в процессе формирования состава персонала предприятию приходится решать задачу многокритериального выбора: имеется несколько работ, требующих от исполнителя определенных компетенций, которые объединяются в m требований, и имеется некоторое количество исполнителей, каждый из которых удовлетворяет этим требованиям в какой-то мере, то есть не полностью, а частично. Необходимо укомплектовать персонал

предприятия таким образом, чтобы каждый сотрудник максимально эффективно подходил для выполнения возлагаемых на него функций.

Данная задача допускает декомпозицию, при этом число задач будет равно числу работ, для которых необходимо подобрать исполнителей. Таким образом, не нарушая общности рассуждений, будем считать, что требуется подобрать исполнителей для выполнения одной работы со списком требуемых компетенций, состоящим из m пунктов.

Таким образом, имеется n кандидатов-исполнителей, которые могут выполнить требуемую работу. Каждый из исполнителей характеризуется m компетенциями, позволяющими оценивать степень его соответствия квалификационным требованиям, предъявляемым для выполнения работы (модели компетенций или профессиональному стандарту). Обозначим через x_{ij} оценку j -й компетенции у i -го исполнителя. Тогда исходные данные для задачи могут быть заданы в виде матрицы [77]:

$$D = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nm} \end{bmatrix}$$

Фактическое определение элементов матрицы D достаточно просто: компетенции исполнителей оцениваются в балльной шкале. Для того чтобы иметь возможность сопоставлять значения компетенций, измеряемых в шкалах с различным диапазоном измерения, необходимо провести предварительную нормировку показателей, например, вида:

- для показателей ориентированных на максимум, то есть чем больше показатель, тем лучше: $y_{ij} = \frac{x_{ij} - x_{ij}^{\min}}{x_{ij}^{\max} - x_{ij}^{\min}}$,

- для показателей ориентированных на минимум, то есть чем меньше показатель, тем лучше: $y_{ij} = 1 - \frac{x_{ij} - x_{ij}^{\min}}{x_{ij}^{\max} - x_{ij}^{\min}}$,

где x_{ij}^{\max} , x_{ij}^{\min} - минимально возможное и максимально возможные значения показателей; y_{ij} - нормированное значение показателя x_{ij} .

Данная нормировка позволяет свести все показатели к диапазону изменения от 0 до 1 и привести все показатели к одному типу, то есть к показателям, ориентированным на максимум. Это дает возможность легко построить вектор Y^* идеального соответствия требованиям, предъявляемым к исполнителю. Компоненты этого вектора находятся в общем случае по формуле $y_j = \max_i y_{ij}$.

Учитывая, что согласно условиям нормировки самое лучшее значение, принимаемое любым показателем, равно 1, получаем, что все компоненты вектора Y^* идеального соответствия требованиям, предъявляемым к исполнителю, будут равны 1, то есть $Y^* = \{1, 1, \dots, 1\}$.

Используя матрицу нормированных исходных данных, строим вспомогательную матрицу $A = \|\alpha_{ij}\|$, по следующему правилу: произвольный элемент матрицы α_{ij} есть значение i -го показателя, если выбирается исполнитель, лучший по j -му показателю. На основе вспомогательной матрицы $A = \|\alpha_{ij}\|$ и вектора Y^* идеального соответствия требованиям, предъявляемым к исполнителю, строится матрица потерь: $P = \|p_{ij}\| = Y^* - A = \|y_j^* - \alpha_{ij}\| = \|1 - \alpha_{ij}\|$.

Матрица потерь $P = \|p_{ij}\|$ будет характеризовать потери при выборе конкретного исполнителя.

Для построения интегральной оценки каждого из специалистов необходимо получить весовые коэффициенты каждой из компетенций. Это можно сделать, используя идею о том, что весовые коэффициенты должны быть функциями от матрицы потерь. Для этого можно использовать соотношение вида $q_i P_{ij} = q_j P_{ji}$ и нормировочное соотношение для весовых коэффициентов

$$\sum_{j=1}^n q_j = 1.$$

Определив значимость показателей, находим рейтинг каждого специалиста, умножив значение показателя на его значимость.

Применим изложенную методику подбора персонала для высшего учебного заведения. Необходимо отобрать 6 специалистов на должность старшего преподавателя из имеющихся 20 кандидатов, характеризующихся различным уровнем компетентности. Уровень соответствия претендентов требованиям должности будем оценивать по четырем ключевым компетенциям:

- владение содержанием преподаваемой дисциплины (оценивается по количеству некорректных ответов на тестовые вопросы);
- способность к эффективному проведению занятий всех форм (оценивается по доле положительных оценок студентов при итоговом контроле успеваемости по дисциплине);
- способность к осуществлению педагогического проектирования образовательной среды (оценивается по количеству имеющихся учебно-методических разработок);
- способность самостоятельно осуществлять научное исследование с использованием современных методов науки (оценивается по количеству научных публикаций за определенный период).

Данные о кандидатах представлены в табл. 1. 5. С целью возможности сопоставления несопоставимых параметров все оценки приводятся к безразмерному виду и нормируются (табл. 1.6). Здесь уже учтено, что показатель компетенции «владение содержанием преподаваемой дисциплины» относится в данном случае к типу «чем меньше, тем лучше».

Учитывая, что согласно условиям нормировки лучшее значение, принимаемое любым показателем, равно 1, получаем, что все компоненты вектора Y^* идеального соответствия требованиям, предъявляемым к исполнителю, будут равны 1, то есть $Y^* = \{1, 1, \dots, 1\}$.

Данные о кандидатах

Порядковый номер кандидата	Владение содержанием преподаваемой дисциплины	Способность к эффективному проведению занятий всех форм	Способность к осуществлению педагогического проектирования образовательной среды	Способность осуществлять научное исследование с использованием современных методов науки
1	15	0,9	12	5
2	15	0,89	14	4
3	15	0,91	11	5
4	15	0,9	12	4
5	12	0,89	11	6
6	12	0,92	15	5
7	12	0,87	14	3
8	12	0,88	12	4
9	12	0,86	12	1
10	10	0,9	8	0
11	10	0,89	9	1
12	10	0,91	10	0
13	10	0,96	10	1
14	10	0,91	8	0
15	8	0,93	2	0
16	8	0,9	8	0
17	8	0,94	7	0
18	8	0,95	5	0
19	8	0,95	4	0
20	8	0,92	9	0

Таблица 1.6

Пронормированные данные

Порядковый номер кандидата	Владение содержанием преподаваемой дисциплины	Способность к эффективному проведению занятий всех форм	Способность к осуществлению педагогического проектирования образовательной среды	Способность осуществлять научное исследование с использованием современных методов науки
1	0	0,40	0,77	0,83
2	0	0,30	0,92	0,67

Порядковый номер кандидата	Владение со-держанием преподаваемой дисциплины	Способность к эффективному проведению занятий всех форм	Способность к осуществлению педагогического проектирования образовательной среды	Способность осуществлять научное исследование с использованием современных методов науки
3	0	0,50	0,69	0,83
4	0	0,40	0,77	0,67
5	0,43	0,30	0,69	1,00
6	0,43	0,60	1,00	0,83
7	0,43	0,10	0,92	0,50
8	0,43	0,20	0,77	0,67
9	0,43	0,00	0,77	0,17
10	0,71	0,40	0,46	0,00
11	0,71	0,30	0,54	0,17
12	0,71	0,50	0,62	0,00
13	0,71	1,00	0,62	0,17
14	0,71	0,50	0,46	0,00
15	1	0,70	0,00	0,00
16	1	0,40	0,46	0,00
17	1	0,80	0,38	0,00
18	1	0,90	0,23	0,00
19	1	0,90	0,15	0,00
20	1	0,60	0,54	0,00

Используя матрицу нормированных исходных данных, строим вспомогательную матрицу $A = \|\alpha_{ij}\|$ по следующему правилу: произвольный элемент матрицы α_{ij} есть значение i -го показателя, если выбирается исполнитель, лучший по j -му показателю:

	I	II	III	IV
I	1	0,71	0,43	0,43
II	0,9	1	0,6	0,3
III	0,54	0,62	1	0,69
IV	0	0,17	0,83	1

На основе вспомогательной матрицы $A = \|\alpha_{ij}\|$ и вектора \underline{Y}^* идеального соответствия требованиям, предъявляемым к исполнителю, строится матрица потерь $P = \|p_{ij}\| = Y^* - A = \|y_j^* - \alpha_{ij}\| = \|1 - \alpha_{ij}\|$.

	I	II	III	IV
I	0	0,29	0,57	0,57
II	0,1	0	0,4	0,7
III	0,36	0,38	0	0,31
IV	1	0,83	0,17	0

Для построения интегральной оценки каждого из специалистов необходимо получить весовые коэффициенты каждого из критериев. Это можно сделать, используя идею о том, что весовые коэффициенты должны быть функциями от матрицы потерь. Для этого можно использовать соотношение вида $q_i P_{ij} = q_j P_{ji}$ и нормировочное соотношение для весовых коэффициентов

$$\sum_{j=1}^n q_j = 1.$$

Для решения поставленной задачи придадим параметру i произвольное значение и будем менять значение индекса j от 1 до n (в нашем случае до четырех). В итоге получим следующую систему алгебраических уравнений:

$$\begin{cases} 0,9q_2 = 0,71q_1, \\ 0,69q_2 = 0,62q_1, \\ 0,3q_2 = 0,17q_1, \\ q_1 + q_2 + q_3 + q_4 = 1. \end{cases} \quad (1.3)$$

Решая систему (1.3), получаем: $q_1 = 0,23$; $q_2 = 0,3$; $q_3 = 0,17$; $q_4 = 0,3$.

Определив значимость показателей, находим рейтинг каждого кандидата, умножив значение показателя на его значимость.

Результат представлен в табл. 1.7.

Таблица 1.7

Рейтинг специалистов

Порядковый номер кандидата	Владение содержанием преподаваемой дисциплины	Способность к эффективному проведению занятий всех форм	Способность к осуществлению педагогического проектирования образовательной среды	Способность осуществлять научное исследование с использованием современных методов науки	Рейтинг кандидата
Значимость	0,23	0,3	0,17	0,3	
1	0	0,40	0,77	0,83	0,4999
2	0	0,30	0,92	0,67	0,4474
3	0	0,50	0,69	0,83	0,5163
4	0	0,40	0,77	0,67	0,4519
5	0,43	0,30	0,69	1,00	0,6062
6	0,43	0,60	1,00	0,83	0,6979
7	0,43	0,10	0,92	0,50	0,4353
8	0,43	0,20	0,77	0,67	0,4908
9	0,43	0,00	0,77	0,17	0,2808
10	0,71	0,40	0,46	0,00	0,3615
11	0,71	0,30	0,54	0,17	0,3961
12	0,71	0,50	0,62	0,00	0,4187
13	0,71	1,00	0,62	0,17	0,6197
14	0,71	0,50	0,46	0,00	0,3915
15	1	0,70	0,00	0,00	0,44
16	1	0,40	0,46	0,00	0,4282
17	1	0,80	0,38	0,00	0,5346
18	1	0,90	0,23	0,00	0,5391
19	1	0,90	0,15	0,00	0,5255
20	1	0,60	0,54	0,00	0,5018

Таким образом, на должность старшего преподавателя рекомендованы кандидаты под номерами 5, 6, 13, 17, 18, 19.

Рассмотренная выше многокритериальная задача подбора кадров предполагает количественное задание критериев, что не всегда оказывается возможным, так как человек во многих случаях предпочитает использовать понятия нечеткой логики, к которым относятся так называемые лингвистические переменные, то есть утверждения типа «отличное знание», «слабое знание» и т.п. В этом случае оказывается возможным построение эффективных алгоритмов решения задачи на основе понятий теории нечетких множеств [20].

На базе фундаментальной теории нечетких множеств разработан ряд достаточно эффективных алгоритмов решения слабоформализованных задач многокритериального выбора, то есть задач, в которых невозможно один или несколько критериев описать однозначными понятиями бинарной логики. Даже если критерии и имеют числовое выражение, не всегда удается четко провести границу между хорошими и неудовлетворительными значениями исследуемых параметров. В данном случае оказываются эффективными алгоритмы, построенные на понятиях теории нечетких множеств [1]. Наиболее наглядным среди методов, использующих теории нечетких множеств в задачах многокритериального выбора, представляется метод аддитивных сверток, который является прямым обобщением построения интегральных оценок для традиционных задач.

Пусть имеется n сотрудников (или претендентов на должность), каждый из которых оценивается по m компетенциям. Причем компетенции сформулированы на основе нечетких множеств в виде высказываний типа: «высокий уровень», «средний уровень» и т. д., то есть заданы функции принадлежности для каждой из компетенций. Важность каждой компетенции также оценивается нечетким числом («очень значимая», «значимая», «не очень значимая»). При применении традиционного подхода с использованием точно заданных чисел интегральная оценка сотрудника находилась в виде линейной комбинации произведений значений оцениваемых компетенций на соответствующие веса, то есть если y_{ij} - оценка i -й компетенции j -го сотруд-

ника, а ω_i - важность i -й компетенции в общей системе оценок, то интегральная оценка j -го сотрудника [1]:

$$R_j = \sum_{i=1}^m \omega_i y_{ij}. \quad (1.4)$$

Распространяя действие этой формулы на область нечетких множеств, получаем алгоритм аддитивной свертки. То есть представляя, что ω_i и y_{ij} - нечеткие множества, и определив для них операции умножения и сложения, получаем возможность оценивания различных альтернатив. Очевидно, предпочтительнее окажется тот сотрудник (претендент на должность), у которого интегральное нечеткое множество, построенное на основе формулы (1.4), имеет функцию принадлежности, располагаемую по оси абсцисс в крайнем правом положении.

Если задача многокритериального выбора сформулирована в лингвистических переменных, то есть компетенции и их значимость определяются понятиями «высокий», «низкий», «важный», «не очень важный» и т. п., то в этом случае возможно использовать понятие расстояния Хемменга, имеющее важное прикладное значение. Расстояние Хемменга является расстоянием между двумя нечеткими множествами A и B и определяется по формуле [22]:

$$d(A, B) = |\mu_A(x_1) - \mu_B(x_1)| + |\mu_A(x_2) - \mu_B(x_2)| + \dots + |\mu_A(x_n) - \mu_B(x_n)| \quad (1.5)$$

Расстояние Хемменга определяет степень близости между двумя нечеткими множествами при их сравнении. Эта формула дает ключ к построению алгоритмов многокритериального выбора при отсутствии формализованных критериев оптимальности. С этой целью может быть сформировано нечеткое множество, характеризующее идеальный выбор. А затем определяется расстояние каждой из выбираемых альтернатив от этого эталона.

При этом следует отметить, что построение эталонного нечеткого множества будет в данном случае гораздо легче, чем в случае конкретных числовых параметров: достаточно принять все показатели на уровне «очень высокие», а значимость их оставить уже заданную. Это позволит построить

нечеткое множество – эталон, расстояние до которого и будет определяться при дальнейшем решении. Лучшим будет тот вариант, у которого найденное расстояние до эталона будет наименьшим. Возможен и обратный процесс: построение на основе лингвистических переменных самого худшего варианта, и естественно, что в таком случае лучшим будет вариант с наибольшим расстоянием Хемменга.

Таким образом, решение задачи в лингвистических переменных сводится к определению расстояний Хемменга для каждого из исполнителей до идеального множества, характеризующего полное соответствие исполнителя требованиям, предъявляемым профилем должности или моделью компетенций.

Все рассмотренные выше алгоритмы основаны на том, что известна функция принадлежности нечеткого множества. Естественно, возникает вопрос о том, как же получить эту функцию. Основная критика метода, базирующегося на использовании нечетких множеств, как раз и использует трудности построения функции принадлежности.

Существует несколько методов построения функции принадлежности. Рассмотрим некоторые из них [1].

В основе всех алгоритмов лежит метод экспертного опроса, то есть значения функции принадлежности получаются после обработки результатов экспертного опроса. Наиболее распространенным является метод парных сравнений.

Каждому эксперту предлагается оценить степень принадлежности элементов к некоторому множеству, используя при этом шкалу, представленную в табл. 1.8.

Свои оценки эксперт представляет в виде матрицы парных сравнений, элементы которой a_{ij} показывают степень принадлежности элемента, стоящего в i -й строке и j -м столбце, к рассматриваемому множеству по сравнению с элементом, стоящим в j -й строке и i -м столбце.

Шкала принадлежности

Оценка	Качественная оценка	Описание принадлежности
1	Одинаковая значимость	Степень принадлежности одинакова
3	Слабое превосходство	Аргументы о предпочтении одного элемента над другим малоубедительны
5	Существенное превосходство	Имеются надежные доказательства предпочтительности одного элемента над другим
7	Очевидное превосходство	Убедительные свидетельства предпочтения
9	Абсолютное превосходство	Свидетельства о превосходстве одного элемента над другим бесспорны
2, 4, 6, 8	Промежуточные значения между соседними оценками	Компромисс

Если эксперт в своих оценках нигде не противоречил, то элементы матрицы будут связаны соотношением $a_{ij} = 1/a_{ji}$.

Теперь необходимо найти собственный вектор λ алгебраической системы уравнений $Aw = \lambda w$ или иначе записанной в виде $(A - \lambda E)w = 0$, где E - единичная матрица, то есть матрица, главная диагональ которой заполнена единицами, а все остальные члены равны нулю. Полученная однородная система алгебраических уравнений (так как правая часть равна нулю) имеет ненулевое решение только тогда, когда определитель матрицы $A - \lambda E$ равен нулю. Таким образом, отыскание собственного значения матрицы сводится к решению алгебраического уравнения степени n относительно λ , где n - число элементов, для которых определяется принадлежность к нечеткому множеству. Найдя λ , вычисляют составляющие собственного вектора w , которые и принимаются в качестве степени принадлежности рассматриваемых элементов нечеткому множеству. Нахождение собственного вектора сводится к решению однородной системы алгебраических уравнений вида $(A - \lambda E)w = 0$, в которую подставили собственное значение λ . При этом очень часто оказывается, что данная система имеет тривиальное, то есть нулевое решение. В целях

получения ненулевого решения обычно производят замену одного из уравнений системы на условие нормировки компонент собственного вектора w , то есть вводят в систему уравнение вида $w_1 + w_2 + w_3 + w_4 = 1$. Как правило, этого оказывается вполне достаточным для получения искомых решений. В целях проверки осуществляют поочередную замену уравнений системы на условие нормировки. Решение при этом не должно изменяться.

Известно, что в алгебре всегда выполняется соотношение вида $Aw = nw$, отсюда следует, что $\lambda_{\max} \approx n$. Таким образом, чем ближе найденное значение собственного вектора к n , тем точнее будут результаты экспертного опроса, то есть приведенное выше соотношение служит мерой согласованности экспертов при проведении парного сравнения, результатом которого будет являться матрица A . Если это равенство выполняется точно, то матрица A полностью согласована и, следовательно, эксперты в определении степени принадлежности элементов к рассматриваемому множеству нигде не противоречили друг другу.

Следует отметить, что аддитивный метод получения комплексной оценки имеет ряд существенных недостатков, в частности оценки нелинейны, не учитывают особенностей оценочных критериев, зависят от набора критериев и зависимы между собой. Ввиду этого предлагается подход к измерению обобщенной оценки профессиональной пригодности работников, основанный на методе Раша оценки латентных переменных [50, 98, 104]. Предпосылки применения метода Раша к модели получения комплексной оценки профессиональной пригодности работников основаны на следующих свойствах метода:

1. Модель Раша превращает измерения, сделанные в дихотомических, атрибутивных или непрерывных шкалах, в линейные измерения, в результате качественные данные можно анализировать с помощью количественных методов;
2. Так как шкала измерения параметров модели Раша является линейной, то это позволяет использовать широкий спектр статистических процедур;

3. Оценка степени профессиональной пригодности работников не зависит от набора оценочных критериев и является индивидуальной характеристикой каждого работника;

4. Наряду с оценками профессиональной пригодности работников, модель позволяет получать оценки выполнимости оценочных критериев, что дает возможность провести мониторинг основных показателей эффективности работы всего трудового коллектива. Причем оценки критериев также не зависят от множества оцениваемых работников и являются индивидуальными свойствами критериев;

5. Благодаря структуре модели существуют удобные вычислительные процедуры для получения оценок, которые могут быть реализованы на ЭВМ в рамках различных программных продуктов.

Математическая модель. Пусть имеется N работников, профессиональная пригодность которых подлежит оценки: A_1, A_2, \dots, A_N . Оценивание производится по M критериям: K_1, K_2, \dots, K_M , например, компетенциям, задаваемых профилем должности.

Используется вероятностный подход [50, 54]. Рассмотрим возможный выбор работодателем работников с номерами n и m . Обозначим P_{nj} - вероятность или меру того, что n -й работник устраивает работодателя по j -му критерию. Понятие «устраивает» надо понимать не как то, что работодатель выберет именно этого работника, а как возможность его выбора, то есть он приемлем для работодателя. Таким образом, вероятность того, что этот же работник не устраивает работодателя, равна $(1-P_{nj})$. Для m -го работника приемлем аналогичные обозначения.

Обозначим: N_{11} – число критериев, по которым работодателя устраивают оба работника; N_{10} – число критериев, по которым устраивает только m -й работник; N_{01} – число критериев, по которым устраивает n -й работник; N_{00} – число критериев, по которым не устраивают оба работника.

С точки зрения сравнения указанных двух работников, информативными можно считать только показатели N_{10} и N_{01} . В свою очередь, показатели

N_{11} и N_{00} не дают представления о том, у какого из работников показатели предпочтения выше. При этом параметр N_{10} , отражающий степень предпочтения работника A_m , согласно теореме умножения вероятностей, будет прямо пропорционален произведению вероятностей $P_{mj}(1-P_{nj})$. Аналогично параметр N_{01} прямо пропорционален произведению вероятностей $(1-P_{mj})P_{nj}$. Таким образом, было получено выражение, определяющее отношение параметров N_{10} к N_{01} :

$$\frac{N_{10}}{N_{01}} \sim \frac{P_{mj}(1-P_{nj})}{P_{nj}(1-P_{mj})}. \quad (1.6)$$

Если взять бесконечное число критериев L , то оно поможет определить разницу в уровне оценок работников n и m . Из-за того, что не было наложено никаких условий на критерии, полученное выражение не зависит от важности самих критериев. При рассмотрении другого работника с номером k будет получено аналогичное выражение. При этом соотношение оценок работников останется неизменным. Из этого следует, что для критериев k и j можно записать:

$$\frac{P_{mj}(1-P_{nj})}{P_{nj}(1-P_{mj})} = \frac{P_{mk}(1-P_{nk})}{P_{nk}(1-P_{mk})}. \quad (1.7)$$

В свою очередь, из этого выражения можно записать следующее:

$$\frac{P_{nj}}{1-P_{nj}} = \frac{P_{nk}}{1-P_{nk}} \cdot \frac{1-P_{mk}}{P_{mk}} \cdot \frac{P_{mj}}{1-P_{mj}}. \quad (1.8)$$

Для использования вышеописанного метода на практике необходимо, чтобы результаты сравнения уровня привлекательности объектов n и m были объективны. А для этого нужно, чтобы для любых критериев было справедливо соотношение любого набора работников k и j . С целью обеспечения выполнения этого требования в качестве исходных точек для проведения сравнительного анализа были приняты степени оценки некоторого работника с индексом 0 и некоторого критерия с индексом 0. Помимо этого, необходима единая шкала измерения, объединяющая в себе уровень профпригодности работников и уровень важностей (выполнимости) критериев, при этом за

точку отсчета в ней удобно принять эти показатели с индексом 0 и считать их эквивалентными. Таким образом, значение параметра P_{00} будет равно 0,5. Применяя это, получим выражение:

$$\frac{P_{nj}}{1 - P_{nj}} = \frac{P_{n0}}{1 - P_{n0}} \cdot \frac{1 - P_{00}}{P_{00}} \cdot \frac{P_{0j}}{1 - P_{0j}} = \frac{P_{n0}}{1 - P_{n0}} \cdot \frac{P_{0j}}{1 - P_{0j}}. \quad (1.9)$$

Необходимо отметить, в выражении (1.9) величина $\left(\frac{P_{n0}}{1 - P_{n0}} \right) = d_n$ — это показатель профпригодности n -го работника, являющийся его уникальным показателем; $\frac{P_{0j}}{1 - P_{0j}} = \frac{1}{b_j}$ — величина, обратная степени выполнимости, важности для j -го критерия, являющаяся уникальным свойством этого критерия. Таким образом, получаем:

$$\frac{P_{nj}}{1 - P_{nj}} = \frac{d_n}{b_j}. \quad (1.10)$$

Исходя из этого, можно вычислить вероятность или степень того, что j -й работник устраивает работодателя, проводящего оценивание по n -му критерию. Эта вероятность будет определяться соотношением уровня профпригодности работника к степени важности, выполнимости критерия.

Используя записанное выше уравнение (1.10), и прологарифмировав его части, получим:

$$\ln \frac{P_{nj}}{(1 - P_{nj})} = \ln \frac{P_{n0}}{1 - P_{n0}} + \ln \frac{P_{0j}}{1 - P_{0j}} = \ln(d_n) - \ln(b_j).$$

Обозначив $\ln d_n = \ln \frac{P_{n0}}{1 - P_{n0}} = \theta$, а $\ln \frac{P_{0j}}{1 - P_{0j}} = \ln b_j = \beta_j$, получим

$$\ln \frac{P_{nj}}{(1 - P_{nj})} = \theta_n - \beta_j. \text{ Что аналогично } \frac{P_{nj}}{1 - P_{nj}} = e^{\theta_n - \beta_j}.$$

Исходя из этого, переименовав для удобства индексы, можно вычислить вероятность P_{nj} :

$$P_{ij} = \frac{e^{\theta_i - \beta_j}}{1 + e^{\theta_i - \beta_j}}. \quad (1.11)$$

Эти вероятности можно интерпретировать как нормализованные комплексные оценки работников по критериям u_{ij} .

Полученное выражение аналогично формуле Г. Раша, полученной им при оценки латентных переменных [98, 104].

Практическая реализация модели. Для применения (1.11) на практике необходимо найти оценки профессиональной пригодности работников θ_i и степени выполнения оценочных критериев β_j на основании известных оценок объектов по критериям u_{ij} , которые получены эмпирически с помощью анкетирования или экспертного оценивания работников.

Для этих целей рационально использовать метод наименьших квадратов, применение которого для решения подобных задач описано в [9, 55, 54]: параметры θ_i и β_j модели (1.11) выбираются так, чтобы сумма квадратов отклонений эмпирических данных u_{ij} от расчетных вероятностей была наименьшей. Математически это сводится к минимизации остаточной суммы:

$$S(\theta_i, \beta_j) = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M (u_{ij} - P_{ij})^2 = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M \left(u_{ij} - \frac{e^{\theta_i - \beta_j}}{1 + e^{\theta_i - \beta_j}} \right)^2 \rightarrow \min. \quad (1.12)$$

Оценки θ_i и β_j , полученные по данной модели, будут измеряться по линейным шкалам и начало отсчета в них будет неопределенным. Нулевой отсчет шкал можно выбрать так, чтобы значения обеих оценок были неотрицательными. Тогда целевая функция (1.12) будет дополняться условием нормировки:

$$\theta_i \geq 0; \beta_j \geq 0; i = 1, 2, \dots, N; j = 1, 2, \dots, M. \quad (1.13)$$

Для сравнения полученных результатов их можно нормировать на шкалу, при которой значение обобщенного показателя профпригодности работника будет равно доле в единичной сумме всех оценок. Нормированные оценки $\tilde{\theta}_i$ получаются из рассчитанных θ_i по формуле:

$$\tilde{\theta}_i = \frac{\theta_i}{\sum_{i=1}^N \theta_i}. \quad (1.14)$$

На основании данных оценок можно провести ранжирование работников по степени их профессиональной пригодности, а также ранжирование критериев по степени их выполнимости.

Модель, основанная на методе Раша, имеет следующие основные преимущества:

- оценки профессиональной пригодности работников являются их уникальными свойствами и не зависят от набора критериев, по которым проводится оценка;
- оценки профессиональной пригодности работников измеряются по линейной безразмерной шкале, которую можно легко перевести в любую другую оценочную шкалу;
- кроме оценок профессиональной пригодности работников удастся получить оценки критериев β , которые также являются их уникальными свойствами и линейны. Эти оценки позволяют осуществлять мониторинг оценочных критериев по всему трудовому коллективу, выявляя те производственные показатели, по которым необходимо в первую очередь проводить профилактические меры для их улучшения.

1.5. Компетентность персонала как основа трудового потенциала организации

Трудовой потенциал предприятия представляет собой максимальную величину участия работников в производственном процессе, учитывая их психофизиологические способности, уровень профессиональных знаний и накопленный опыт.

Составляющие трудового потенциала предприятия представлены на рис. 1.9.



Рис. 1.9. Составляющие трудового потенциала предприятия

А. Лысенко [84], учитывая идею В. Трапезникова, суть которой состоит в том, что требуется учитывать имеющуюся на предприятии производительность труда и уровень фондовооруженности при оценке трудового потенциала, предлагает следующую формулу, учитывающую компетентность персонала:

$$ТПП = ПР \times КФВ \times ККТП, \quad (1.15)$$

где $ТПП$ - трудовой потенциал предприятия; $КФВ$ – уровень фондовооруженности, который обусловлен соотношением фондовооруженности на предприятии и в определенном виде экономической деятельности; $ККТП$ – коэффициент качества трудового потенциала предприятия.

Оценка качества трудового потенциала должна включать следующие компоненты: количество штатных сотрудников, половозрастной состав работников, уровень стабильности кадров, уровень доходов и состояние здоровья работников, соотношение специалистов и рабочих, уровень образования,

подготовку и переподготовку работников, их профессионально-квалификационный состав. Формула (1.16) учитывает все вышеназванные компоненты.

$$ККТП = \sqrt[3]{K_{\kappa} \times ПВ \times K_{ск} \times K_{уд} \times CЗ_n \times КС \times УО_n \times ППК \times ПКС_n}. \quad (1.16)$$

В табл. 1.9 представлена методика расчета показателей, входящих в формулу (1.16).

Таблица 1.9

Методика расчета трудового потенциала предприятия

Показатель	Методика расчета	Условные обозначения
K_{κ} – коэффициент среднегодового количества штатных работников предприятия	$K_{\kappa} = \frac{\Phi_{\text{ч}}}{O_{\text{ч}}}$	$\Phi_{\text{ч}}$ – фактическая численность промышленно-производственных работников предприятия; $O_{\text{ч}}$ – общая численность работников предприятия (штатных, внештатных, совместителей)
$ПВ$ – коэффициент половозрастного состава работников предприятия	$ПВ = K_n \times K_{\text{в}}$ $K_n = \frac{K_{\text{ч}}}{K_{\text{жс}}}$ $K_{\text{в}} = \frac{Ч_n}{\Phi_{\text{ч}}}$	K_n – коэффициент, характеризующий укомплектованность персонала по половому признаку; $K_{\text{в}}$ – коэффициент, характеризующий укомплектованность персонала по возрастному признаку; $K_{\text{м}}$ – количество работающих мужчин; $K_{\text{жс}}$ – количество работающих женщин; $Ч_n$ – среднегодовое количество работников предприятия работоспособного возраста
$K_{ск}$ – коэффициент стабильности кадров на предприятии	$K_{ск} = 1 - \frac{ОК_{\text{уб}}}{\Phi_{\text{ч}}}$	$ОК_{\text{уб}}$ – общее количество работников предприятия, уволенных за исследуемый период по всем причинам
$K_{уд}$ – коэффициент, характеризующий уровень доходов работников предприятия	$K_{уд} = \frac{ЗП_n}{ЗП_{\text{ср}}}$	$ЗП_n$ – средняя заработная плата на предприятии; $ЗП_{\text{ср}}$ – средняя заработная плата в определенном виде экономической деятельности в стране (регионе)

Показатель	Методика расчета	Условные обозначения
$CЗ_n$ – коэффициент, характеризующий состояние здоровья работников предприятия	$CЗ_n = 1 - \frac{K_{бчч}}{K_{чч}}$	$K_{бчч}$ – количество человеко-часов болезни работников предприятия; $K_{чч}$ – общее количество обработанных человеко-часов за исследуемый период
$КС$ – коэффициент, характеризующий кадровый состав предприятия	$КС = \frac{\Phi_{чсп}}{\Phi_{чр}}$	$\Phi_{чсп}$ – численность специалистов на предприятии; $\Phi_{чр}$ – численность рабочих на предприятии
$УО_n$ – коэффициент, характеризующий уровень образования работников предприятия	$УО_n = \frac{\Phi_{чо}}{\Phi_{ч}}$	$\Phi_{чо}$ – количество работников предприятия, имеющих высшее или среднее специальное образование
$ППК$ – коэффициент подготовки и переподготовки работников предприятия	$ППК = \frac{\Phi_{пнк}}{\Phi_{ч}}$	$\Phi_{пнк}$ – количество работников предприятия, которые прошли подготовку и переподготовку за период
$ПКС_n$ – коэффициент, характеризующий профессионально-квалификационный состав работников предприятия	$ПКС_n = \frac{(\Phi_{cni} + \Phi_{pi})}{\Phi_{ч}}$	Φ_{cni} – численность специалистов предприятия i -й категории; Φ_{pi} – численность рабочих предприятия i -го разряда

Формула (1.16) расчета трудового потенциала предприятия отражает способность производить определенный объем продукции при заданном качестве и технико-техническом оснащении с учетом профессиональных и личностных компетенций каждого работника. Если трудовой потенциал предприятия выше производительности труда персонала $ТПП > ПР$, то у предприятия есть дополнительные условия для повышения эффективности своей деятельности, если $ТПП < ПР$, то предприятию необходимо наращивать свой потенциал в зависимости от факторов, которые его ограничивают.

Относительную величину трудового потенциала предприятия можно проанализировать, используя формулу

$$I = \sum_{j=1}^n (k_i \cdot J_j), \quad (1.17)$$

где I – комплексный показатель трудового потенциала; n - количество учитываемых показателей трудового потенциала; j - показатель структурной составляющей трудового потенциала, $j = 1; n$ - порядковый номер учитываемого показателя; k_i - вес степени значимости показателя для достижения корпоративной цели в долях единицы.

Достоинствами данной формулы являются:

- полнота оценки - позволяет оценить все значимые структурные составляющие трудового потенциала предприятия;
- достаточная степень надежности, точности и объективности измерения;
- учитывает значимость структурных составляющих трудового потенциала для достижения целей предприятия;
- простота расчета, оптимальное соотношение трудозатрат и результатов применения;
- легкость интерпретации полученных данных, возможность практического применения результатов расчета при разработке рекомендаций по формированию и развитию трудового потенциала предприятия.

1.6. Выводы и постановка задач исследования

Современные предприятия находятся в условиях динамично изменяющейся экономической среды, что предъявляет повышенные требования к качеству их функционирования. Это, как правило, определяется факторами конкурентоспособности организации. Не составляют исключения и высшие учебные заведения, которым в настоящее время предоставлено право на свободное осуществление предпринимательской и иной приносящей доход деятельности. Учитывая специфику высших учебных заведений, можно утверждать, что основной их потенциал сосредоточен в сфере компетенции профессорско-преподавательского состава.

Анализ существующего положения показал, что основой конкурентоспособности высшего учебного заведения является его трудовой потенциал, залогом повышения, которого является рост компетентности его профессорско-преподавательского состава.

К сожалению, современное состояние проблемы не позволяет смоделировать оптимальную траекторию повышения компетентности персонала в рамках существующих для конкретной организации ограничений. В этой связи актуальной будет являться разработка модельного обеспечения процесса оценки и повышения уровня компетентности профессорско-преподавательского состава вуза.

Достижение цели работы потребовало решения следующих основных задач:

- провести анализ возможностей применения моделей и механизмов управления программами с целью обеспечения процесса повышения уровня компетентности профессорско-преподавательского состава;
- разработать механизм комплексного оценивания уровня компетентности профессорско-преподавательского состава вуза;
- предложить методы формирования программ повышения уровня компетентности, обеспечивающих требуемый уровень компетентности с минимальными затратами с учетом наличия многоцелевых и взаимозависимых проектов;
- разработать модели и методы управления рисками на основе качественных оценок рисков;
- предложить методы формирования календарных планов реализации программ повышения уровня компетентности;
- разработать систему управления развитием компетенций;
- дать постановки оптимизационных задач повышения уровня компетентности профессорско-преподавательского состава на основе стратегий обучения, найма-увольнения и переназначения и предложить методы их решения.

2. ФОРМИРОВАНИЕ ПРОГРАММЫ ПОВЫШЕНИЯ УРОВНЯ КОМПЕТЕНТНОСТИ ПЕРСОНАЛА ОРГАНИЗАЦИИ

Управление персоналом относится к одной из важных функциональных областей в управлении проектами [37 и др.]. Одной из задач управления персоналом является задача повышения уровня компетентности персонала организации. Под компетентностью понимается совокупность знаний, навыков и практического опыта, требуемых для эффективной работы в данной области деятельности. Уровень компетентности - это определенная оценка степени владения знаниями, навыками и опытом данного сотрудника организации. Для оценки уровня компетентности используются как объективные показатели (резюме, научные степени и звания, стаж работы и т. д.), так и субъективные (интервью, собеседование и др.). В главе рассматривается задача повышения уровня компетентности персонала организации. В основе подхода лежит технология разработки систем управления развитием (технология СУР), созданная в Институте проблем управления РАН с участием ведущих консультантов по стратегическому управлению. Эта технология была успешно применена при разработке стратегий и программ развития предприятий и регионов. Рассматриваются основные этапы технологии СУР применительно к задаче повышения уровня компетентности организации, такие как определение целей с учетом приоритетов различных подразделений организации, выявление ключевых проблем и узких мест, оценка потенциала роста уровня компетентности, отбор наиболее эффективных проектов, построение календарного плана реализации программы.

2.1. Комплексная оценка уровня компетентности организации

Рассмотрим организацию, состоящую из n подразделений. Для определенности пусть это будет университет, состоящий из n институтов (факультетов).

тетов). Каждый сотрудник (преподаватель) вуза имеет определенный уровень компетентности. Для оценки этого уровня используются методики (если они есть), формальные показатели (резюме, научные степени, стаж работы и др.), субъективные (экспертные) оценки, в том числе собеседования и интервью, результаты аттестации. Примем, что уровень компетентности оценивается по трехбалльной шкале: нормальный уровень – 1, повышенный – 2, высокий – 3. Уровень компетентности персонала института будем оценивать следующим образом. Пусть n – число профессорско-преподавательского состава (ППС); n_1 – число ППС, имеющих нормальный уровень компетентности; n_2 – число ППС, имеющих повышенный уровень компетентности; n_3 – число ППС, имеющих высокий уровень компетентности. Обозначим

$$Y = n_1 + 2n_2 + 3n_3$$

сумму уровней компетентности ППС института. Введем граничные значения

$$A_0 = q_0 n, \quad A_1 = q_1 n, \quad A_2 = q_2 n, \quad \text{где } q_1 < q_2 < 1.$$

Если $Y < A_0$, то это низкий уровень компетентности и требуются организационные меры.

Если $A_0 \leq Y < A_1$, то институт имеет нормальный уровень компетентности ППС.

Если $A_1 \leq Y < A_2$, то институт имеет повышенный уровень компетентности.

Если $Y \geq A_2$, то институт имеет высокий уровень компетентности.

Для оценки уровня компетентности ППС в целом применим аппарат матричных сверток. Определим дихотомическую структуру (бинарное дерево) попарного агрегирования уровней компетентности ППС институтов. На рис. 2.1 показан пример такой структуры для случая четырех институтов.

Сначала определяется интегральная оценка уровня компетентности институтов 1 и 2, а также 3 и 4. Затем определяется комплексная оценка уровня компетентности объединенных институтов I и II. В принципе бинарное дерево может быть любым, хотя желательно объединять близкие в каком-то

смысле институты (по направленности, по числу студентов или по числу ППС и др.).

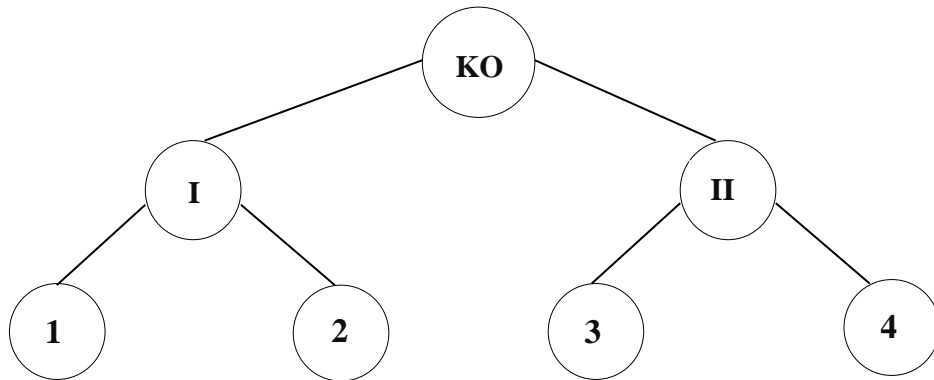


Рис. 2.1

Определение агрегированных оценок производится на основе матриц 3×3 . Пример такой матрицы агрегирования оценок институтов 1 и 2 приведен ниже (рис. 2).

3	2	3	3
2	1	2	3
1	1	2	2
2 1	1	2	3

Рис. 2.2

Выбор матриц определяется политикой университета (приоритетами институтов). Так, из матрицы на рис. 2.2 видно, что институт 1 имеет определенный приоритет перед институтом 2. Действительно, при оценке 2 первого института и 1 второго интегральная оценка равна 2, а при обратной картине (оценка 1 из первого института и оценка 2 из второго) интегральная оценка равна 1. Имея метод оценки уровня компетентности вуза в целом, можно решать задачу повышения этой оценки.

2.2. Оценка потенциала роста уровня компетентности

Оценка потенциала роста уровня компетентности персонала института (ППС) основана на генерации множества мероприятий, направленных на повышение уровня компетентности. Эти мероприятия могут быть различного типа. Приведем примеры возможных мероприятий:

1. Участие в конференциях;
2. Стажировки в других вузах или научных центрах с целью повышения уровня компетентности;
3. Приглашение ведущих ученых;
4. Написание методических пособий, учебников и монографий;
5. Подготовка диссертаций;
6. Создание в вузе центра компетентностей, задача которого состоит в повышении уровня компетентности ППС;
7. Разработка механизма мотивации роста уровня компетентности.

Каждое мероприятие будем оценивать двумя характеристиками – затраты на мероприятие и эффект от мероприятия (то есть увеличение показателя Y подразделения). Обозначим c_i - затраты, a_i – эффект i -го мероприятия. Отношение

$$q_i = \frac{a_i}{c_i} \quad (2.1)$$

определяет эффект от i -го мероприятия.

Составляем таблицу, в которой мероприятия пронумерованы в порядке убывания эффективности. Пример такой таблицы приведен ниже для пяти мероприятий (числа затрат и эффекта условные) (табл. 2.1.).

На основе таблицы можно решать две задачи. Если требуется увеличить уровень компетентности Y на величину Δ , то на основе таблицы можно определить, какая минимальная сумма для этого потребуется. И наоборот, если имеется определенная сумма, выделенная на повышение уровня компетентности, то на основе таблицы можно определить, какой максимальный рост уровня ком-

петентности можно получить. Так, при $\Delta = 10$ потребуются 3 единицы затрат, а при имеющейся сумме 6 единиц, можно обеспечить рост $\Delta = 15$.

Таблица 2.1

Потенциал роста уровня компетентности

Мероприятие	Затраты	Эффект	Эффективность, %	Затраты н/и	Эффект н/и
1	1	4	400	1	4
2	2	5	250	3	9
3	3	6	200	6	15
4	4	4	100	10	19
5	6	3	50	16	22

Обозначим Y_0 - существующий уровень компетентности ППС института. Пусть $Y_0 < A_1$. Разность $\Delta_1 = A_1 - Y_0$ определяет минимальное увеличение уровня компетентности, требуемое для перехода в группу 2 (повышенный уровень), а $\Delta_2 = A_2 - Y_0$ определяет минимальное увеличение уровня компетентности, требуемое для перехода в группу 3 (высокий уровень). Теперь по табл. 2.1 можно определить соответствующие затраты c_2 и c_3 . Решая эту задачу для каждого института, получаем таблицу затрат (c_{ij}) , $i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, 3}$, где c_{ij} – минимальные затраты, требуемые для перехода i -го института в группу j (c_{i1} - это затраты для того, чтобы остаться в группе 1, поскольку требования к уровню компетентности со временем увеличиваются).

2.3. Разработка программы повышения уровня компетентности

Рассмотрим задачу формирования программы повышения уровня компетентности. Без ограничения общности примем, что существующий уровень компетентности равен 1 и определена матрица минимальных затрат (s_{ij}) .

Определение. Вариантом повышения уровня компетентности называется совокупность $x = (x_i)$ оценок уровня компетентности институтов, которым соответствует комплексная оценка $\pi(x)$.

Задача. Определить вариант x , обеспечивающий требуемую величину комплексной оценки $\pi(x)$ с минимальными затратами.

Алгоритм решения задачи основан на методе дихотомического программирования И.В. Бурковой [18]. Описание алгоритма приведено на примере четырех институтов с системой комплексного оценивания рис. 2.1. Для упрощения расчетов примем, что все матрицы системы комплексного оценивания имеют вид рис. 2.2. Пусть таблица затрат (s_{ij}) имеет вид табл. 2.2.

Таблица 2.2

$i \backslash j$	1	2	3
1	5	9	13
2	7	11	15
3	3	8	19
4	4	12	21

1 шаг. Рассматриваем институты 1 и 2. Решение приведено ниже.

3;13	2;20	3;24	3;28
2;9	1;16	2;20	3;24
1;5	1;12	2;16	2;20
1			
	2	1;7	2;11
		3;15	

Результаты сведены в табл. 2.3. Первое число - это оценка, второе – затраты. Из всех клеток с одинаковым первым числом выбираем клетку с минимальным вторым числом.

Таблица 2.3

Объединенный институт I

Оценка	1	2	3
Затраты	12	16	24

2 шаг. Рассматриваем институты 3 и 4. Решение приведено ниже.

3;19	2;23	3;31	3;40
2;8	1;12	2;20	3;29
1;3	1;7	2;15	2;24
3 4	1;4	2;12	3;21

Результаты сведены в табл. 2.4.

Таблица 2.4

Объединенный институт II

Оценка	1	2	3
Затраты	7	15	29

3 шаг. Рассматриваем объединенные институты I и II. Решение приведено ниже.

3;24	2;31	3;39	3;53
2;16	1;23	2;31	3;45
1;12	1;19	2;29	2;41
I II	1;7	2;15	3;2

Для повышения компетентности персонала вуза до уровня 2 оптимальное решение определяется клеткой (2;29), которой соответствует вариант (1, 1, 1, 2), т.е. повышение компетентности персонала четвертого института до уровня 2.

Для повышения компетентности персонала вуза до уровня 3 оптимальное решение определяется клеткой (3;39), которой соответствует вариант (3, 2, 1, 2), т. е. повышение компетентности ППС института 1 до уровня 3, институтов 2 и 4 до уровня 2 и сохранение компетентности института 3 на уровне 1.

Описанный выше алгоритм не учитывает ряда возможных ситуаций. Выше предполагалось, что для каждого института имеется свое множество

мероприятий по повышению уровня компетентности ППС и эти множества не пересекаются (одноцелевые мероприятия). В действительности могут существовать так называемые многоцелевые мероприятия, реализация которых дает эффект сразу для нескольких институтов. К таким мероприятиям относятся, например, организация конференций, приглашение ведущих ученых с лекциями и др. Рассмотрим два подхода к решению задачи при наличии многоцелевых мероприятий.

1 подход. Если число многоцелевых мероприятий не велико, то можно рассмотреть все варианты вхождения в программу многоцелевых мероприятий (таких вариантов 2^q , где q – число многоцелевых мероприятий). При фиксированном варианте вхождения в программу многоцелевых мероприятий получаем рассмотренную выше задачу с одноцелевыми мероприятиями. Из всех вариантов затем выбирается лучший.

Пример 1. Дадим иллюстрацию подхода на примере двух институтов. Данные об одноцелевых мероприятиях по повышению уровня компетентности приведены ниже.

Институт I

Мероприятие	Затраты	Эффект	Эффективность	Затраты н/и	Эффект н/и
1	2	6	3	2	6
2	3	8	2,7	5	14
3	5	10	2	10	24

Институт II

Мероприятие	Затраты	Эффект	Эффективность	Затраты н/и	Эффект н/и
1	3	6	2	3	6
2	6	9	1,5	9	15
3	8	10	1,2	17	25

Имеются также два многоцелевых мероприятия, данные о которых приведены ниже.

Мероприятие	Затраты	Эффект (институт I)	Эффект (институт II)
4	6	9	7
5	5	7	10

Примем $A_1 = 50$, $A_2 = 70$, $Y_0 = 40$, $\Delta_1 = 10$, $\Delta_2 = 30$ для обоих институтов.

Поскольку имеются два многоцелевых мероприятия, то необходимо рассмотреть четыре варианта их включения в программу.

Вариант 1. Ни одно из многоцелевых мероприятий не входит в программу. Определяем минимальные затраты S_{1j} , $j=1,2,3$ для первого института. Имеем $S_{11} = 3$ (экспертная оценка), $S_{12} = 5$. Оценка 3 не достижима. Определяем минимальные затраты для второго института. Имеем $S_{21} = 2$ (экспертная оценка), $S_{22} = 9$. Оценка 3 не достижима. Для получения комплексной оценки возьмем матрицу (см. рис. 2.2).

2;9	1;12	2;14
1;2	1;5	2;7
2 / 1	1;3	2;5

Получаем, что для сохранения оценки 1 требуется 5 единиц затрат, а для достижения оценки 2 требуется 7 единиц затрат.

Вариант 2. Многоцелевое мероприятие 4 входит в программу, а мероприятие 5 не входит.

Корректируем целевые установки для одноцелевых мероприятий с учетом эффекта от мероприятий 1:

- для первого института: $\Delta_1 = 10 - 9 = 1$, $\Delta_2 = 30 - 9 = 21$;
- для второго института: $\Delta_1 = 10 - 7 = 3$, $\Delta_2 = 30 - 10 = 20$.

Определяем минимальные затраты для первого института: $S_{11} = 0$, $S_{12} = 2$, $S_{13} = 10$.

Определяем минимальные затраты для второго института: $S_{21} = 0$, $S_{22} = 3$, $S_{23} = 17$.

Подставляя в матрицу комплексного оценивания, получаем:

3;17	2;17	3;19	3;27
2;3	1;3	2;5	3;13
1;0	1;0	2;2	2;10
2			
1	1;0	2;2	3;10

Получаем, что для достижения оценки 2 требуется $2+6 = 8$ единиц затрат, а для достижения оценки 3 требуется 19 единиц затрат.

Вариант 3. Многоцелевое мероприятие 5 входит в программу, а мероприятие 4 не входит.

Корректируем целевые установки для одноцелевых мероприятий с учетом эффекта от мероприятия 5.

Для первого института: $\Delta_1 = 10 - 7 = 3$, $\Delta_2 = 30 - 7 = 23$.

Для второго института: $\Delta_1 = 10 - 10 = 0$, $\Delta_2 = 30 - 10 = 20$.

Определяем минимальные затраты для первого института: $S_{11} = 0$, $S_{12} = 2$, $S_{13} = 10$. Определяем минимальные затраты для второго института: $S_{21} = 0$, $S_{22} = 0$, $S_{23} = 17$.

Подставляем в матрицу комплексного оценивания:

3;17	2;17	3;19	3;27
2;0	1;0	2;2	3;10
1;0	1;0	2;2	2;10
2			
1	1;0	2;2	3;10

Для достижения оценки 2 требуется $2+5 = 7$ единиц затрат, а для достижения оценки 3 требуется $10+5 = 15$ единиц затрат.

Вариант 4. Оба многоцелевых мероприятия входят в программу. Корректируем целевые установки.

Для первого института: $\Delta_1 = 0$, $\Delta_2 = 30 - 16 = 14$.

Для второго института: $\Delta_1 = 0$, $\Delta_2 = 30 - 17 = 13$.

Определяем минимальные затраты для первого института: $S_{11} = 0$, $S_{12} = 0$, $S_{13} = 5$. Определяем минимальные затраты для второго института: $S_{21} = 0$, $S_{22} = 0$, $S_{23} = 9$.

Подставляем в матрицу комплексного оценивания:

3;9	2;9	3;9	3;14
2;0	1;0	2;0	3;5
1;0	1;0	2;0	2;5
2			
1	1;0	2;0	3;5

Для достижения оценки 2 требуется 11 единиц затрат, а для достижения оценки 3 требуется $5+11 = 16$ единиц затрат.

Сравнивая все четыре варианта, получаем, что для оценки 2 оптимальными являются первый и третий варианты с затратами 7, а для оценки 3 оптимальным является третий вариант с затратами 15.

При большом числе многоцелевых мероприятий метод перебора всех вариантов их вхождения в программу становится трудоемким.

2 подход. Применим метод ветвей и границ с получением нижних оценок на основе метода сетевого программирования И. В. Бурковой [18] Для этого разделим затраты каждого многоцелевого мероприятия произвольным образом на несколько частей по числу институтов, в которых это мероприятие дает эффект. После этого получим задачу с одноцелевыми мероприятиями.

Теорема 1. Решение задачи с одноцелевыми мероприятиями дает оценку снизу для исходной задачи.

Задача определения деления затрат многоцелевых мероприятий, при котором нижняя оценка затрат максимальна, называется обобщенной двойственной задачей.

Полученную оценку используем в методе ветвей и границ. При этом после каждого ветвления можно попытаться улучшить оценку, корректируя разбиение затрат. Этот прием в ряде случаев позволяет уменьшить число ветвлений.

Пример 2. Возьмем данные предыдущего примера. Поскольку каждое многоцелевое мероприятие дает эффект для двух институтов, то положим $c_i = d_i + h_i$, где d_i - доля затрат для первого института, h_i - доля затрат для второго института. Возьмем $d_4 = d_5 = 3$, $h_4 = 3$, $h_5 = 2$.

1 шаг. Решаем задачу для первого института. Таблица потенциала приведена ниже.

Мероприятие	Затраты	Эффект	Эффективность	Затраты н/и	Эффект н/и
1	2	6	3	2	6
4	3	9	3	5	15
2	3	8	2,7	8	23
5	3	7	2,3	11	30
3	5	10	2	16	40

Для достижения оценки 2 требуется 5 единиц затрат с мероприятиями 1 и 4, а для достижения оценки 3 требуется 11 единиц затрат с мероприятиями 1, 4, 2, 5.

Решаем задачу для второго института. Таблица потенциала приведена ниже.

Мероприятие	Затраты	Эффект	Эффективность	Затраты н/и	Эффект н/и
5	2	10	5	2	10
4	3	7	2,3	5	17

1	3	6	2	8	23
2	6	9	1,5	14	32
3	8	10	1,2	22	42

Для достижения оценки 2 требуется 2 единицы затрат (проект 5), а для достижения оценки 3 требуется 14 единиц затрат (проекты 5, 4, 1,2).

Подставляем в матрицу комплексного оценивания.

3;14	2;17	3;19	3;25
2;2	1;5	2;7	3;13
1;2	1;5	2;7	2;13
2			
	1	1;3	2;5
		2;5	3;11

Для достижения комплексной оценки 2 требуется 7 единиц затрат, а для достижения комплексной оценки 3 требуется 13 единиц затрат. Для оценки 2 в программу включаются проекты 1 и 2 первого института и проекты (5, 4) или (5, 1) второго института. Это решение не является допустимым, поскольку проект 5 и проект 4 входят в программу второго института, но не входят в программу первого института.

Для оценки 3 в программу включаются проекты 1, 4, 2, 5 для первого института и проект 5 для второго института. Это решение также не является допустимым для исходной задачи. Применяем метод ветвей и границ. Для ветвления выберем проект 5.

Делим множество всех решений на два подмножества. В первом подмножестве $x_5 = 1$, а во втором $x_5 = 0$. Оценка первого подмножества ($x_5 = 1$).

Корректируем целевые установки с учетом эффектов от проекта 5.

Имеем для первого института: $\Delta_1 = 10 - 7 = 3$, $\Delta_2 = 30 - 7 = 23$. Для второго института: $\Delta_1 = 10 - 10 = 0$, $\Delta_2 = 30 - 10 = 20$.

Определяем минимальные затраты для первого института: $S_{12} = 2$, $S_{13} = 8$.

Для второго института: $S_{22} = 0$, $S_{23} = 12$.

Подставим в матрицу комплексного оценивания.

3;12	2;12	3;14	3;20
2;0	1;0	2;2	3;8
1;0	1;0	2;2	3;8
2			
	1	1;0	2;2
		2;2	2;8

Для достижения комплексной оценки требуется $2+5 = 7$ единиц (проект 1 для первого института и проект 5 для обеих). Это решение является допустимым для исходной задачи и, следовательно, оптимальным.

Для достижения комплексной оценки 3 требуется $8+5 = 13$ единиц (проекты 1, 4, 2) для первого института и проект 5. Это решение не является допустимым. Применим операцию корректировки разбиения эффектов на две части. Возьмем $d_4 = 4,5$, $h_4 = 1,5$. В этом случае для первого института появляется еще одно решение с затратами 15 (проекты 1, 2, 3), для первого института и проект 5 для обеих. Это решение является допустимым, и, следовательно, оптимальным в своем подмножестве. Оценка второго подмножества: ($x_3 = 0$).

Определяем минимальные затраты для первого института: $S_{11} = 3$, $S_{12} = 6$, $S_{13} = 14$. Для второго института: $S_{21} = 2$, $S_{22} = 6$, $S_{23} = 20$.

Подставляем в матрицу комплексного оценивания:

3;20	2;23	3;26	3;34
2;6	1;9	2;12	3;20
1;2	1;5	2;8	3;16
2			
	1	1;3	2;6
		2;6	3;14

Для достижения оценки 2 требуется 8 единиц, а для достижения оценки 3 требуется 20 единиц. В обоих случаях выбираем первое подмножество.

Дерево ветвлений для оценки 3 приведено на рис. 2.3 (операция корректировки разбиения эффекта четвертого проекта показана пунктиром). Заметим, что применение операции корректировки позволило ограничиться всего одним ветвлением. Однако метод «затраты – эффект» дает приближенное решение задачи включения мероприятий в программу. При большом числе мероприятий ошибка не значительна, но при малом может быть существенной. В этом случае целесообразно применять точный алгоритм дихотомического программирования [18].

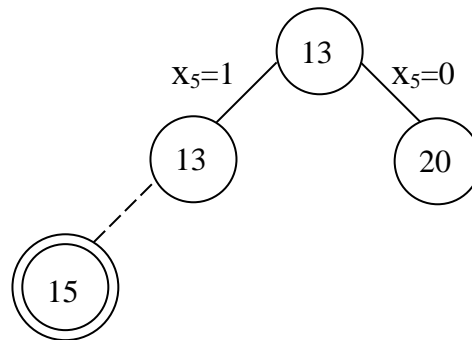


Рис. 2.3

Пример 3. Рассмотрим простой пример, иллюстрирующий сказанное. Имеются три мероприятия, данные о которых приведены ниже.

Мероприятие	Затраты	Эффект	Затраты н/и	Эффект н/и
1	4	12	4	12
2	12	18	16	30
3	8	8	24	38

Пусть $\Delta = 20$. Согласно методу «затраты – эффект» в программу включаются проекты 1 и 2 с затратами 16. Оптимальное решение состоит в том, что в программу включаются проекты 1 и 3 с затратами 12.

Взаимозависимые мероприятия

Еще один фактор, который следует учитывать, связан с так называемыми взаимозависимыми мероприятиями. При включении пары взаимозави-

симых мероприятий в программу возникает дополнительный (синергетический) эффект (эффект от пары мероприятий превышает сумму эффектов этих мероприятий). Определим граф взаимозависимостей. Вершины графа соответствуют мероприятиям, две вершины i, j соединены ребром, если соответствующие мероприятия взаимозависимы. Длина ребра равна дополнительному эффекту d_{ij} .

Сначала рассмотрим частный случай задачи, когда взаимозависимый граф является паросочетанием (граф, у которого никакие два ребра не имеют общей вершины). В этом случае задача эффективно решается методом дихотомического программирования (при целочисленных значениях параметров).

На рис. 2.4 приведен пример графа взаимозависимостей из пяти вершин, который является паросочетаемым.

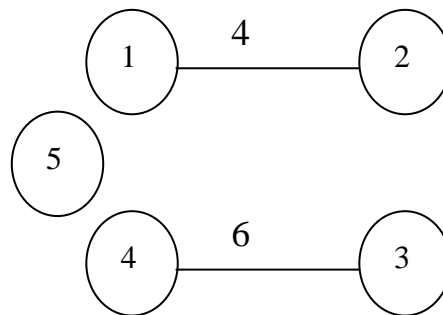


Рис. 2.4

Для решения задачи возьмем структуру дихотомического представления задачи, такую что вершины, соединенные ребром, рассматриваются на нижних уровнях дерева дихотомического представления (рис. 2.5).

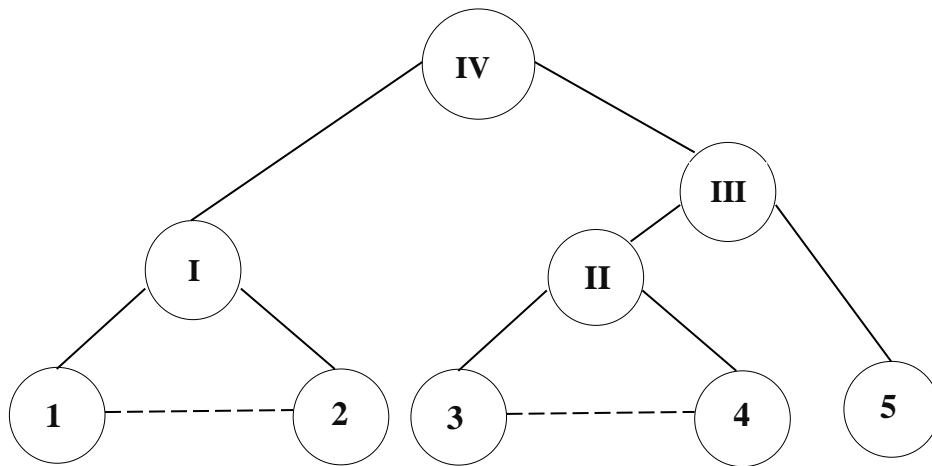


Рис. 2.5

Пример 4. Имеются пять мероприятий, данные о которых приведены ниже.

i	1	2	3	4	5
a_i	5	7	9	8	12
c_i	8	7	6	4	3

Граф взаимозависимостей имеет вид (рис. 2.4). Примем $\Delta = 30$.

1 шаг. Рассматриваем мероприятия 1 и 2. Решение приведено ниже.

1	7;7	16;15
0	0	5;8
2 1	0	1

Результаты сведены в таблицу.

Объединенное мероприятие

Вариант	0	1	2
Эффект	0	7	16
Затраты	0	7	15

2 шаг. Рассматриваем мероприятия 3 и 4. Решение приведено ниже.

1	8;4	23;10
0	0	9;6
4 3	0	1

Результаты сведены в таблицу.

Объединенное мероприятие II

вариант	0	1	2	3
эффект	0	8	9	23
затраты	0	4	6	10

3 шаг. Рассматриваем объединенные мероприятия II и мероприятие 5. Решение приведено ниже.

1	12;3	20;7	21;9	35;13
0	0	8;4	9,6	23;10
5 II	0	1	2	3

Результаты сведены в таблицу.

Объединенное мероприятие III

Вариант	0	1	2	3	4	5
Эффект	0	12	20	21	23	35
Затраты	0	3	7	9	10	13

4 шаг. Рассматриваем объединенное мероприятие III и объединенное мероприятие I. Решение приведено ниже.

2	16;15	28;18	36;22	-	-	-
1	7;7	19;10	27;14	28;16	30;17	-
0	0	12;3	20;7	21;9	23;10	35;13
I III	0	1	2	3	4	5

Оптимальное решение определяется клеткой (35;13). Ей соответствует включение в программу проектов 3, 4 и 5 с затратами 13.

Рассмотрим общий случай.

Парграфом называется подграф графа, который является паросочетаемым. Парграф с максимальным числом вершин называется максимальным парграфом.

Идея алгоритма состоит в следующем. Удалим из графа взаимозависимостей некоторое число вершин так, чтобы получить парграф. Далее, как и в случае многоцелевых мероприятий, рассматриваем все варианты включения в программу удаленных вершин. Для каждого варианта решаем задачу для случая парграфа. Из всех вариантов выбираем лучший.

Естественно, желательно получить парграф с максимальным числом вершин, то есть максимальный парграф.

Задача. Задан граф G . Определить максимальный парграф.

Обозначим $x_i = 1$, если вершина i принадлежит максимальному парграфу, $x_i = 0$ в противном случае. Задача заключается в максимизации $\sum_i x_i$ при

ограничениях $x_i \sum_{j \in Q_i} x_j \leq 1$, $i = \overline{1, n}$, где Q_i - множество вершин, смежных с вершиной i . Задача является сложной задачей дискретной оптимизации, которая не имеет эффективных точных методов решения.

Опишем простой эвристический алгоритм.

1 шаг. Для каждого ребра графа определяем число вершин r_{ij} , смежных с граничными вершинами ребра.

2 шаг. Определяем ребро (i, j) с минимальным r_{ij} и включаем его в парграф.

3 шаг. Удаляем все вершины, смежные с ребром (i, j) , и повторяем шаги 1, 2, 3.

Пример 5. Рассмотрим граф (рис. 2.6).

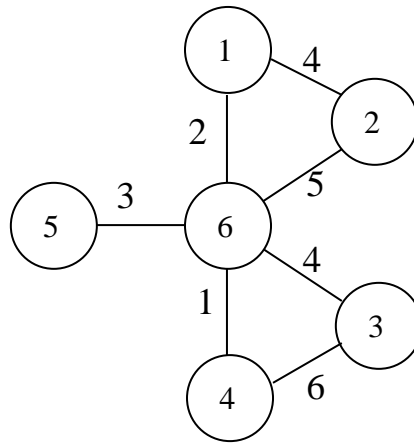


Рис. 2.6

Легко убедиться, что ребра (1,2) и (3,4) имеют минимальные $r_{12} = r_{34} = 1$.

Включаем, например, ребро (1,2) в парграф, удаляя вершину 6. Получаем парграф (см. рис. 2.4). Поскольку удалена одна вершина, то необходимо рассмотреть два варианта (берем данные примера 4).

1 вариант. Мероприятие 6 не входит в программу. Этот случай был рассмотрен в примере 4. Минимальные затраты равны 13.

2 вариант. Мероприятие 6 входит в программу. Примем $a_6 = 4$, $c_6 = 2$. Значения d_{i_6} , $i = \overline{1,5}$, указаны на рис. 2.6. Добавляем к эффектам вершин дополнительные эффекты d_{i_6} , $i = \overline{1,5}$.

Корректируем целевую установку $\Delta = 30 - a_6 = 26$.

1 шаг. Рассматриваем мероприятия 1 и 2. Решение приведено ниже.

1	12;7	19;15
0	0	7;8
2		
1	0	1

Результаты сведены в таблицу.

Объединенное мероприятие I

Вариант	0	1	2
Эффект	0	12	19
Затраты	0	7	15

2 шаг. Рассматриваем мероприятия 3 и 4. Решение приведено ниже.

1	9;4	22;10
0	0	13;6
4 3	0	1

Результаты сведены в таблицу.

Объединенное мероприятие II

Вариант	0	1	2	3
Эффект	0	9	13	22
Затраты	0	4	6	10

3 шаг. Рассматриваем объединенное мероприятие II и мероприятие 5.

Решение приведено ниже.

Объединенное мероприятие III

1	15;3	24;7	28;9	37;13
0	0	9;4	13;6	22;10
5 II	0	1	2	3

4 шаг. Рассматриваем объединенные мероприятия I и III. Решение приведено ниже.

2	19;15	34;18	-	-	-
1	12;7	27;10	36;14	-	-
0	0	15;3	24;7	28;9	37;13
I III					

Оптимальное решение определяется клеткой (37;13) с затратами $13+2 = 15$. Выбираем первый вариант.

2.4. Учет рисков

Каждое мероприятие программы имеет определенный риск его невыполнения. То есть неполучение планируемого эффекта. На практике риски оценивают в качественных шкалах. Наиболее распространены двухбалльная (низкий риск и высокий риск) и трехбалльная (низкий, средний и высокий риск) шкалы. Ограничимся рассмотрением двухбалльной шкалы. Одним из способов уменьшения риска программы является ограничение на финансирование высокорисковых мероприятий. Рассмотрим постановку соответствующей задачи.

Обозначим Q – множество высокорисковых мероприятий института (номер института опускаем), R_e – ограничение на финансирование высокорисковых мероприятий.

Описание алгоритма. Применяя метод «затраты - эффект», строим график (таблицу потенциала) отдельно для низкорисковых и высокорисковых мероприятий.

На основе полученных графиков (таблиц) определяем зависимость минимального объема финансирования низкорисковых мероприятий от получаемого от них эффекта и минимального объема финансирования высокорисковых мероприятий от получаемого от них эффекта.

Решаем задачу с двумя переменными (эффект, получаемый от низкорисковых мероприятий, и эффект, получаемый от высокорисковых мероприятий) по критерию минимизации затрат на получение того или иного суммарного эффекта.

Пример 6. Имеются 7 мероприятий, данные о которых приведены ниже.

i	1	2	3	4	5	6	7
a_i	3	7	6	9	4	5	12
c_i	10	26	23	36	17	22	55

Первые три проекта являются высокорисковыми. Поставим задачу увеличить уровень компетентности на 20. При этом финансирование высокорисковых проектов не должно превышать $R_e = 50$.

1 шаг. Решаем задачу определения минимальных затрат в зависимости от эффекта для высокорисковых мероприятий. Решение приведено ниже.

Вариант	0	1	2
Эффект	0	3	10
Затраты	0	10	36

2 шаг. Решаем задачу определения минимальных затрат для низкорисковых мероприятий. Решение приведено ниже.

Вариант	0	1	2	3	4
Эффект	0	9	13	18	30
Затраты	0	36	53	75	130

3 шаг. Решаем задачу определения минимальных суммарных затрат на финансирование увеличения эффекта на 20. Решение приведено ниже.

2	10;36	19;72	23;89	-	-
1	3;10	12;46	16;63	21;85	-
0	0	9;36	13;53	18;75	30;130
R_e / R_n	0	1	2	3	4

Оптимальное решение определяется клеткой (21;85). Ей соответствует включение в программу высокорискового проекта 1 и низкорисковых проектов 4, 5 и 6.

Описанный алгоритм нетрудно обобщить на качественные шкалы с тремя и более градациями. Рассмотрим трехбалльную шкалу риска: малый (1), средний (2) и высокий (3). Обозначим Q_k – множество проектов с уровнем риска k , R_k – ограничение на финансирование проектов Q_k , $k = 2, 3$.

Описание алгоритма совпадает с приведенным выше для двухоченочных шкал. Отличие в том, что решаются три независимые задачи отдельно для каждого множества $Q_k, k = 1, 2, 3$. Далее на этапе 3 решаем задачу с тремя переменными $Y_k, k = 1, 2, 3$, где Y_k – величина финансирования проектов множества Q_k . Задачу решаем методом дихотомического программирования.

Пример 7. Возьмем данные примера 6. Пусть $Q_1 = (5, 6, 7)$, $Q_2 = (3, 4)$, $Q_3 = (1, 2)$. Примем $R_2 = 40$, $R_3 = 30$.

I этап. Строим графики (таблицы) потенциала отдельно для множеств $Q_k, k = 1, 2, 3$.

Таблицы потенциала приведены ниже.

Низкий риск

Вариант	0	1	2	3
Y_1	0	17	39	94
A_1	0	4	9	21

Средний риск

Вариант	0	1
Y_2	0	23
A_2	0	6

Высокий риск

Вариант	0	1
Y_3	0	10
A_3	0	4

II этап. Решаем задачу минимизации

$$Y_1(A_1) + Y_2(A_2) + Y_3(A_3)$$

при ограничении

$$A_1 + A_2 + A_3 \geq 20.$$

Задачу решаем методом дихотомического программирования.

3	9; 43	13; 60	18; 82	-
2	6; 23	10; 40	15; 62	-
1	3; 10	7; 27	12; 49	24;104
0	0	4; 17	9; 39	21; 94
(2,3) 1	0	1	2	3

Оптимальное решение определяется клеткой (24;104). Ей соответствует включение в программу всех проектов с низким уровнем риска и проекта 1 с высоким уровнем риска.

Выше уже отмечалось, что метод «затраты - эффект», применяемый при построении таблицы потенциала, при малом числе проектов может давать большую погрешность. В этих случаях целесообразно применить точный метод дихотомического программирования. Рассмотрим его на предыдущем примере.

1 этап

1 шаг. Решаем задачу минимизации

$$17x_5 + 22x_6 + 55x_7$$

при ограничении

$$4x_5 + 5x_6 + 12x_7 \geq 20.$$

Решение приведено ниже.

Вариант	0	1	2	3	4	5	6	7
Y_1	0	17	22	39	55	72	77	94
A_1	0	4	5	9	12	16	17	21

2 шаг. Решаем задачу минимизации

$$22x_3 + 36x_4$$

при ограничениях

$$6x_3 + 9x_4 \geq 20,$$

$$23x_3 + 36x_4 \leq 40.$$

Решение приведено ниже.

Вариант	0	1	2
Y_2	0	23	36
A_2	0	6	9

3 шаг. Решаем задачу минимизации.

$$10x_1 + 26x_2$$

при ограничениях

$$3x_1 + 7x_2 \geq 20,$$

$$10x_1 + 26x_2 \leq 30.$$

Решение приведено ниже.

Вариант	0	1	2
Y_3	0	10	26
A_3	0	3	7

II этап. Решаем задачу минимизации.

$$Y_1(A_1) + Y_2(A_2) + Y_3(A_3)$$

при ограничении

$$A_1 + A_2 + A_3 \geq 20.$$

Задачу решаем методом дихотомического программирования. Структура дихотомического представления задачи приведена на рис. 2.7.

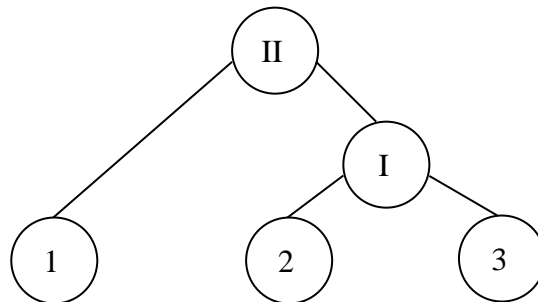


Рис. 2.7

1 шаг. Рассматриваем множества Q_2 и Q_3 . Решение приведено ниже.

2	7;26	13; 49	16; 62
1	3;10	9; 33	12; 46
0	0	6; 2	9; 36
3 / 2	0	1	2

Результаты сведены в таблицу.

Объединенное множество I

Вариант	0	1	2	3	4	5	6	7
Y_{23}	0	10	23	26	33	46	49	62
A_{23}	0	3	6	7	9	12	13	16

2 шаг. Рассматриваем объединенное множество I и множество Q_1 . Решение приведено ниже.

7	21; 94	–	–	–	–	–	–	–
6	17; 77	20;87	–	–	–	–	–	–
5	16; 72	19; 82	22;95	–	–	–	–	–
4	12; 55	15; 65	18; 78	19; 81	21; 88	–	–	–
3	9; 39	12; 49	15; 62	16; 65	18; 72	21; 85	–	–
2	5; 22	8; 32	11; 45	12; 48	14; 55	17; 68	18; 71	21; 84
1	4; 17	7; 27	10; 40	11; 43	13; 50	16; 63	17; 66	20; 79
0	0	3; 10	6; 23	7; 26	9; 33	12; 46	13; 49	16; 62
I / I	0	1	2	3	4	5	6	7

В программу входят проекты 5 (низкий риск), 4 (средний риск) и 2 (высокий риск) с затратами 79, что существенно меньше 104.

Недостатком предложенного подхода является необходимость выбора ограничений на финансирование среднерисковых и высокорисковых проектов. Величины R_2 и R_3 определяются, как правило, экспертным путем, и здесь

многое зависит от склонности к риску руководителя программы и ректората. Для более точной оценки влияния рисков проектов на риски программы рассмотрим основные характеристики рисков проекта. Риск характеризуется вероятностью, ущербом и степенью влияния (как правило, это ожидаемый ущерб, то есть произведение вероятности и ущерба).

Обозначим v_1, v_2 – граничные величины вероятности. Если вероятность $p \leq v_1$, то проект имеет низкий риск, если $v_1 < p \leq v_2$, то проект имеет средний риск, если $p > v_2$, то проект имеет высокий риск. Поскольку о распределении вероятностей для проектов с низким, средним и высоким уровнями рисков ничего неизвестно, то естественно принять, что эти распределения являются равномерными. Поэтому определяем базовые уровни вероятностей следующим образом:

$$v_k = \frac{v_1}{2}, v_c = v_1 + \frac{(v_2 - v_1)}{2} = \frac{v_1 + v_2}{2}, v_b = v_2 + \frac{1 - v_2}{2} = \frac{v_2 + 1}{2}.$$

Аналогично определим (экспертным путем) граничные уровни ущерба U_1 и U_2 (на единицу стоимости проекта). Если риск признан низким (по ущербу), то ущерб $U \leq U_1$. Если риск средний по ущербу, то $U_1 < U \leq U_2$. Если риск высокий по ущербу, то $U > U_2$. Далее определяем базовые уровни:

$$U_h = \frac{U_1}{2}, U_c = \frac{U_1 + U_2}{2}.$$

Для определения базового уровня U_b следует задать максимальный ущерб U_{max} . Далее вычисляем:

$$U_b = U_2 + \frac{U_m - U_2}{2} = \frac{U_m + U_2}{2}.$$

Далее для упрощения примем $U_{max} = 1$, то есть считаем, что ущерб не превышает стоимости проекта (хотя это и не всегда имеет место). Теперь можно определить степень влияния рисков проекта.

Заметим, что существует девять возможных типов проектов: (Н; Н), (Н; С), (Н; В), (С; Н), (С; С), (С; В), (В; Н), (В; С), (В; В). Соответственно по-

лучаем девять возможных степеней влияния. Так, например, для типа (Н; В) имеем степень влияния $W = v_n \times U_b$. Аналогично для других типов.

Граничные уровни степени влияния определяем естественным образом:

$$W_1 = v_1 \times U_1, \quad W_2 = v_2 \times U_2.$$

Соответственно базовые уровни

$$W_n = v_n \times U_n, \quad W_c = v_c \times U_c, \quad W_b = v_b \times U_b.$$

Перейдем к получению качественных оценок сложных рисков. Рассмотрим программу, состоящую из n независимых проектов. Заданы типы всех проектов. Необходимо определить тип программы, то есть качественные оценки риска по вероятности, ущербу и степени влияния. Примем, что ущербы отдельных проектов суммируются. Степень влияния рисков программы равна сумме степеней влияния отдельных проектов (математическое ожидание суммы независимых случайных величин равно сумме математических ожиданий этих величин). Имеем ущерб от рисков программы:

$$U = \sum_{i=1}^n U_i.$$

Степень влияния рисков программы:

$$W = \sum_{i=1}^n w_i \lambda_i, \quad \text{где} \quad \lambda_i = \frac{c_i}{\sum_j c_j} = \frac{c_i}{c}.$$

Вероятность рисков программы:

$$P = \frac{W}{U}.$$

Заметим, что величины U_i и W_i определяются типом проекта. Например, если тип проекта (С; В), то $U_i = U_b$, $w_i = U_b \times v_c$.

Соотнося полученные величины U , W и P с граничными уровнями, определяем тип программы.

Пример 8. Программа состоит из 6 проектов, типы которых приведены ниже.

<i>i</i>	1	2	3	4	5	6
Вероятность	В	С	Н	С	Н	Н
Ущерб	С	С	С	Н	Н	Н

Примем следующие значения граничных уровней:

$$v_1 = 0,2, v_2 = 0,6; U_1 = 0,3, U_2 = 0,8; W_1 = 0,06, W_2 = 0,48.$$

Определяем базовые уровни:

$$V_n = 0,1, v_c = 0,4, v_b = 0,8; U_n = 0,15, U_c = 0,55, U_b = 0,9;$$

$$W_n = 0,015, W_c = 0,22, W_b = 0,72.$$

Заметим, что ущерб проектов, входящих в программу, определяется на единицу стоимости программы. Если ущерб от рисков проекта равен Uc_i , где c_i - стоимость проекта i , $C = \sum_i c_i$ - стоимость программы, то $Uc_i = \lambda_i U \times C$,

где $\lambda_i = \frac{c_i}{C}$ - удельная стоимость проекта i .

Стоимость проектов и их удельные стоимости приведены ниже.

<i>i</i>	1	2	3	4	5	6
c_i	5	10	15	10	5	5
λ_i	0,1	0,2	0,3	0,2	0,1	0,1

Вычисляем ущерб от рисков программы:

$$U = 5 \times 0,55 + 10 \times 0,55 + 15 \times 0,55 + 10 \times 0,15 + 5 \times 0,15 + 5 \times 0,15 = 19,5.$$

Вычисляем степень влияния:

$$W = 5 \times 0,8 \times 0,55 + 10 \times 0,4 \times 0,55 + 15 \times 0,1 \times 0,55 +$$

$$+ 10 \times 0,4 \times 0,15 + 5 \times 0,1 \times 0,15 + 5 \times 0,1 \times 0,15 = 5,975.$$

Вычисляем вероятность рисков события:

$$P = \frac{W}{U} = \frac{5,975}{19,5} \approx 0,36.$$

По граничным уровням определяем тип программы (С; С; С), то есть программа имеет средний уровень риска по всем характеристикам.

Умея оценивать качественные характеристики программы, можно решать задачи управления рисками. Рассмотрим две стратегии управления рисками: снижение риска и уклонение от рисков.

Стратегия снижения риска

Стратегия снижения риска заключается в том, что проводятся мероприятия, снижающие либо вероятность, либо ущерб, либо и то и другое со среднего уровня до низкого, с высокого уровня до среднего или низкого.

В зависимости от типа проекта существуют различные варианты снижения риска. Для проектов типа (Н; С) или (С; Н) имеется всего по одному варианту снижения риска от среднего до низкого уровня (по ущербу или по вероятности). Для проектов типа (С; С) существует уже три варианта. Первые два варианта связаны со снижением риска до низкого уровня либо по вероятности, либо по ущербу. Третий вариант связан со снижением риска до низкого уровня и по вероятности, и по ущербу. Для проектов типа (В; Н) или (Н; В) существует два варианта снижения риска с высокого до среднего или низкого. Для проектов типа (С; В) или (В; С) существует пять вариантов снижения риска. Два из них связаны со снижением риска с высокого до среднего или низкого. Один вариант связан со снижением риска со среднего до низкого. Еще два варианта связаны со снижением риска со среднего до низкого с одновременным снижением риска с высокого до среднего или низкого. Наконец, для проектов типа (В; В) существует восемь вариантов. Четыре варианта связаны со снижением риска с высокого до среднего или низкого либо по вероятности, либо по ущербу. Еще четыре варианта связаны со снижением риска с высокого до среднего уровня по вероятности (либо по ущербу) с одновременным снижением риска с высокого до среднего или низкого по ущербу (либо по вероятности).

Каждый вариант снижения риска будем оценивать по величине снижения степени влияния, которую он обеспечивает. Эта величина равна разности степени влияния проектов данного типа и степени влияния проектов, к типу которых принадлежит проект после снижения риска.

Поставим задачу определения вариантов снижения риска для каждого типа проектов, включенных в программу, обеспечивающих снижение степени влияния рисков программы до низкого уровня с минимальными затратами.

Задачу будем решать в два этапа. На первом этапе для проектов каждого типа решается задача определения зависимости минимальных затрат от величины снижения степени влияния. Для формальной постановки задачи обозначим S_{ij} затраты на реализацию j -го варианта проекта $i \in Q_k$:

$$\sum_j x_{ij} = 1, i \in Q_k, \quad \sum_{i \in Q_k} c_i \sum x_{ij} b_{kj} \geq B_k c,$$

где B_k - параметр, $0 \leq B_k \leq W_0 - W_1$; W_0 - существующий уровень степени влияния рисков программы; b_{kj} - уменьшение степени влияния рисков программы (на единицу стоимости), которое обеспечивает j -й вариант проекта $i \in Q_k$. В результате решения этой задачи получаем для каждого типа зависимость минимальных затрат $S_k(B_k)$ от величины уменьшения степени влияния $B_k \times C = Y_k$.

На втором этапе решается задача минимизации затрат: $\sum_k S_k(Y_k)$,

при ограничении $\sum_k Y_k \geq C(W_0 - W_1) = \Delta$.

Пример 9. Имеются шесть проектов в программе с типами из примера 8. Проект 1 имеет пять вариантов снижения степени влияния, проект 2 – три варианта, а проекты 3 и 4 – по одному.

I этап. Решаем задачу (1)-(3) для проекта 1. Затраты S_1 и значения Y_1 приведены ниже.

j	1	2	3	4	5
S_1	6	7	8	12	9
Y_1	1,1	1,8	1,925	2,125	1,9
$Тип$	СС	ВН	НС	НН	СН

Последняя строка таблицы показывает конечный тип проекта, Заметим, что вариант 5 можно исключить, поскольку он доминируется вариантом 3 (при меньших затратах получаем большее уменьшение степени влияния).

Решаем задачу (1)-(3) для проекта 2. Результат приведен ниже.

j	1	2	3
S_2	4	8	5
Y_2	1,65	2,05	1,6
Tun	НС	НН	СН

В данном случае можно исключить вариант 3, поскольку он доминируется вариантом 1.

Для проектов 3 и 4 задачу решать не нужно, так как они имеют всего по одному варианту. Для проекта 3 это вариант с затратами $S_3 = 3$ и величиной $Y_3 = 0,6$, а для проекта 4 это вариант $S_4 = 2$ и $Y_4 = 0,675$.

II этап. На этом этапе решаем задачу (4), (5) методом дихотомического программирования. Возьмем структуру дихотомического представления задачи (рис. 2.8).

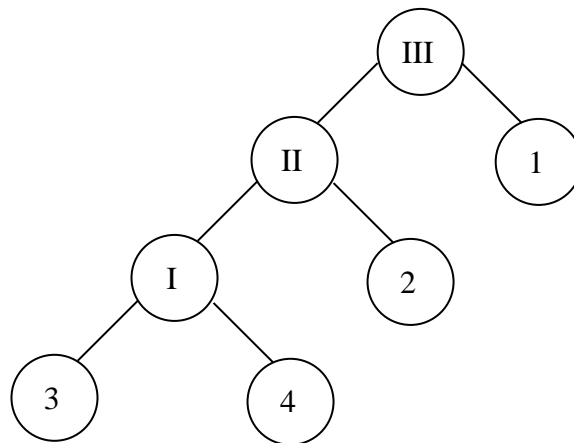


Рис. 2.8

Вычислим $\Delta = (W_0 - W_1) \times 50 = 2,975$.

Для удобства вычислений все эффекты уменьшения степени влияния умножаем на 100.

1 шаг. Рассматриваем типы 3 и 4. Решение приведено ниже.

1	67,5; 2	127,5; 5
0	0	60; 3
4 / 3	0	1

Вариант (60; 3) исключаем, поскольку он доминируется вариантом (67,5; 2).

Результаты приведены в таблице.

Объединенный тип I

Вариант	0	1	2
Эффект	0	67,5	127,5
Затраты	0	2	5

2 шаг. Рассматриваем объединенный тип I и тип II. Решение приведено ниже.

2	205; 8	272,5; 10	323,5; 13
1	165; 4	232,5; 6	292,5; 9
0	0	67,5; 2	127,5; 5
2 / I	0	1	2

Результат представлен в таблице.

Объединенный тип II

Вариант	0	1	2	3	4	5
Эффект	0	67,5	165	232,5	292,5	332,5
Затраты	0	2	4	6	9	13

3 шаг. Рассматриваем объединенный тип II и тип I. Решение приведено ниже.

4	212,5; 12	279,5; 14	–	–	–	–
3	192,5; 8	259,5; 10	–	–	–	–
2	180; 7	247,5; 15	345; 11	–	–	–
1	110; 6	177,5; 8	275; 10	342,5; 12	–	–
0	0	67,5; 2	165; 4	232,5; 6	292,5; 9	332,5; 13
2 / I	0	1	2	3	4	65

Оптимальное решение определяется клеткой (345; 11). Ей соответствует снижение оценки ущерба проекта 1 до низкого уровня и снижение оценки вероятности проекта 2 до низкого уровня.

Стратегия уклонения от риска

Суть стратегии уклонения от риска состоит в том, что ряд высокорисковых и (или) среднерисковых проектов не включаются в программу, так чтобы степень влияния рисков программы не превышала W_1 . Обозначим $x_i = 1$, если проект i включен в программу, $x_i = 0$ в противном случае, a_i – эффект от i -го проекта, если он включен в программу, R – величина финансирования программы.

Задача. Определить x_i , $i = \overline{1, n}$, максимизирующее

$$\sum_i a_i x_i, \quad (2.2)$$

при ограничениях

$$\sum_i c_i x_i \leq R, \quad (2.3)$$

$$\sum_i b_i x_i \leq W_1, \quad (2.4)$$

где b_i - степень влияния i -го проекта.

Если проект $i \in Q_k$, $k = \overline{1, 9}$, то

$$b_i = \alpha_k W_k x_i,$$

где $\alpha_i = \frac{c_i x_i}{\sum c_j x_j}$; W_k - степень влияния проекта k -го типа (на единицу стоимости программы), т. е. $k = H$, или C , или B .

Неравенство (2.4) принимает вид

$$\sum_i c_i w_k x_i \leq W_1 \sum_i c_i x_i$$

или

$$\sum_k \sum_{i \in Q_k} c_i \Delta_k x_i \leq 0, \quad (2.5)$$

где $\Delta_k = W_k - W_1$.

Задача (2.2), (2.3), (2.5) является задачей целочисленного линейного программирования. Опишем приближенный алгоритм и решения на основе метода множителей Лагранжа.

Вычислим лангранжиан:

$$\lambda(\alpha, x) = \sum_k \sum_{i \in Q_k} (a_i - \alpha c_i \Delta_k) x_i, \quad (2.6)$$

где λ - множитель Лагранжа.

Заметим, что при фиксированном λ задача максимизации (2.6) при ограничении (2.3) является задачей о ранце. Будем ее решать приближенно на основе метода «затраты – эффект». Эффективность проекта $i \in Q_k$ при заданном λ определяется выражением

$$q_i(x) = \frac{a_i - \lambda c_i \Delta_k}{c_i} = \frac{a_i}{c_i} - \lambda \Delta_k.$$

Задача свелась к определению λ , при котором достигается минимум величины:

$$N(\lambda) = \max_x L(\alpha, x).$$

Эту задачу можно решить простым перебором (например, делением отрезка возможных значений λ пополам), учитывая, что $N(\lambda)$ - выпуклая функция λ .

Пример 10. Возьмем проекты из примера 9. Данные о величинах a_i , c_i , Δ_k и $q_i(0)$ приведены ниже (величины $c_i\Delta_k$ умножены на 100).

i	1	2	3	4	5	6
a_i	12	21	6	10	14	9
c_i	5	10	15	10	5	5
$c_i\Delta_k$	90	60	-7,5	0	-22,5	-22,5
$q_i(0)$	4	3,5	3	2,5	2	1,5

Возьмем $R = 30$.

1 шаг. $\lambda = 0$.

В программу включаются проекты 1, 2, 3. Вычисляем:

$$\Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3 + \Delta_4 = 342,5 > 0.$$

2 шаг. $\lambda = 0,05$.

Значения $q_i(0,05)$ приведены ниже.

i	1	2	3	4	5	6
$q_i(0,05)$	-9,5	-4,5	3,375	0	3,125	2,625

В программу включаются проекты 3, 5 и 6 с затратами 25.

3 шаг. Берем $\lambda = 0,02$.

Значения $q_i(0,02)$ приведены ниже.

i	1	2	3	4	5	6
$q_i(0,02)$	0,2	0,3	3,15	2,5	2,45	2,45

В программу входят проекты 3, 4 и 5 с затратами 30 и эффектом 20. Это решение является оптимальным. Действительно, ни один из первых двух проектов не может входить в программу.

Если ректорат и руководитель программы решили пойти на средний уровень риска, то значения Δ_k меняются, то есть уменьшаются на $W_2 - W_1 = 0,48 - 0,06 = 0,42$ (на единицу стоимости). В этом случае, как легко про-

верить, все проекты будут иметь отрицательные Δ_k и в программу войдут первые три проекта с эффектом 39, что значительно больше, чем 20.

2.5. Построение календарного плана

Последний этап формирования программы заключается в построении календарного плана ее реализации. Пусть задан интегральный график финансирования программы (ИГФ). Задача заключается в определении моментов начала каждого мероприятия (проекта), так чтобы требуемое финансирование мероприятий в любой момент времени не превышало выделенных к этому моменту средств. В качестве критерия оптимальности примем величину упущенной выгоды, которую определим как

$$\phi = \sum_i a_i t_i,$$

где t_i – момент завершения мероприятия i .

Сначала необходимо проверить финансовую реализуемость программы. Для этого построим правосдвинутый план реализации (все мероприятия завершаются в момент T завершения всей программы) и интегральный график его финансирования (ИПГ).

Условие финансовой реализуемости программы: интегральный правосдвинутый график финансирования должен быть не выше ИГФ в любой момент времени.

Задача является сложной задачей оптимизации, не имеющей эффективных точных методов решения. Поэтому предложим эвристический алгоритм, в основе которого лежат правила приоритета мероприятий.

Чтобы обосновать предлагаемые далее правила приоритета мероприятий рассмотрим две частных ситуации.

1 ситуация. Интегральный график финансирования такой, что мероприятия могут выполняться только последовательно. Получаем известную задачу определения последовательности выполнения мероприятий, миними-

зирующую упущенную выгоду. Доказано, что в этом случае оптимальным является выполнение мероприятий в очередности убывания приоритетов:

$$\tau_i = \frac{a_i}{\tau_i},$$

где τ_i - продолжительность мероприятия i .

2 ситуация. Финансирование ведется по периодам, причем каждое мероприятие может быть полностью выполнено в одном периоде ($\tau_i \leq \Theta$, где Θ – длительность одного периода). В этом случае решение, близкое к оптимальному, получается на основе метода «затраты - эффект», то есть выполнения мероприятий в очередности приоритетов:

$$q_i = \frac{a_i}{c_i}, i = \overline{1, n}.$$

Итак, мы имеем два правила приоритета мероприятий. В работе [17] предложен эвристический алгоритм, в котором предлагается линейная комбинация этих правил:

$$p_i(\lambda) = \lambda r_i + (1 - \lambda)q_i,$$

где $0 \leq \lambda \leq 1$.

Величина α выбирается произвольно, что может привести к потере ряда вариантов. Предлагаем рассмотреть все варианты приоритетов (их число не превышает $1 + c_n^2$ (c_n^2 - число сочетаний из n по 2)).

Для определения этих приоритетов для каждой пары мероприятий определим граничное значение i из уравнения

$$\alpha r_i + (1 - \alpha)q_i = \alpha r_j + (1 - \alpha)q_j.$$

Получаем (если $q_i > q_j$):

$$\alpha_{ij} = \frac{q_i - q_j}{(r_j - r_i) + (q_i - q_j)}.$$

Если $q_i = q_j$, то приоритет больше у мероприятия с большим r , независимо от величины α . При переходе α граничных точек α_{ij} происходит смена приоритетов.

Пример 11. В программу входят четыре проекта, данные о которых приведены ниже.

i	1	2	3	4
a_i	12	15	10	3
c_i	4	6	5	3
τ_i	8	7	4	3
q_i	3	2,5	2	1,0
r_i	1,5	2,2	2,5	3

Примем продолжительность программы $T = 12$ месяцев, причем ИГФ такой, что вначале поступает половина средств, т. е. 9 единиц, а вторая половина поступает через 3 месяца. Проверяем финансовую реализуемость программы. Правосдвинутый интегральный график приведен ниже в виде таблицы. Там же приведен ИГФ (интегральный график финансирования).

t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ИГФ	9	9	9	18	18	18	18	18	18	18	18	18
ИПГ	0	0	0	0	4	10	10	10	15	18	18	18

Программа финансово реализуема.

Определяем приоритеты мероприятий, вычисляя граничные значения α_{ij} :

$$\alpha_{12} = \frac{q_1 - q_2}{(r_2 - r_1) + (q_1 - q_2)} = \frac{0,5}{0,7 + 0,5} = \frac{0,5}{1,2} \approx 0,42; \quad \alpha_{13} = \frac{3 - 2}{1 + 1} = 0,5;$$

$$\alpha_{14} = \frac{2}{1,5 + 2} = \frac{2}{3,5} \approx 0,57,$$

$$\alpha_{23} = \frac{0,5}{0,3 + 0,5} = \frac{0,5}{0,8} \approx 0,63, \quad \alpha_{24} = \frac{1,5}{0,8 + 1,5} = \frac{1,5}{2,3} \approx 0,65,$$

$$\alpha_{34} = \frac{1}{0,5 + 1} = \frac{1}{1,5} \approx 0,67.$$

Имеем:

$$0 \leq \alpha < 0,42: 1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 4; \quad 0,42 < \alpha < 0,5: 2 \rightarrow 1 \rightarrow 3 \rightarrow 4;$$

$$0,5 < \alpha < 0,57: 2 \rightarrow 3 \rightarrow 1 \rightarrow 4; \quad 0,57 < \alpha < 0,63: 2 \rightarrow 3 \rightarrow 4 \rightarrow 1;$$

$$0,63 < \alpha < 0,65: 3 \rightarrow 2 \rightarrow 4 \rightarrow 1; \quad 0,65 < \alpha < 0,67: 3 \rightarrow 4 \rightarrow 2 \rightarrow 1;$$

Имеем $t_2 = 7$, $t_2 \times a_2 = 105$.

2 шаг. Строим ИПГ без мероприятия 1 с учетом финансирования мероприятия 2.

t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ИГФ 2	3	3	3	12	12	12	12	12	12	12	12	12
ИПГ 3,4	0	0	0	0	0	0	0	0	5	8	8	18
ГФ 3	0	0	0	4	4	4	4	4	4	4	4	4

Имеем $t_1 = 11$, $t_1 \times a_1 = 132$.

3 шаг. Вычисляем $t_3 = 7$, $t_3 \times a_3 = 70$. $t_4 = 3$, $t_4 \times a_4 = 9$.

Упущенная выгода равна 316.

Вариант 3. Приоритеты мероприятий $2 \rightarrow 3 \rightarrow 1 \rightarrow 4$.

1 шаг. Строим ИПГ без мероприятия 2.

t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ИГФ	9	9	9	18	18	18	18	18	18	18	18	18
ИПГ 2	0	0	0	0	4	4	4	4	9	12	12	12
ГФ 2	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6

Имеем $t_2 = 7$, $t_2 \times a_2 = 105$.

2 шаг. Строим ИПГ для мероприятий 1 и 4 с учетом финансирования мероприятия 2.

t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ИГФ 2	3	3	3	12	12	12	12	12	12	12	12	12
ИПГ 1,4	0	0	0	0	4	4	4	4	4	7	7	7
ГФ 3	0	0	0	5	5	5	5	5	5	5	5	5

Имеем $t_3 = 7$, $t_3 \times a_3 = 70$.

Вычисляем $t_1 = 11$, $t_1 \times a_1 = 132$

$t_4 = 3$, $t_4 \times a_4 = 9$.

Упрощенная выгода равна $\phi_3 = 316$.

Вариант 4. Приоритеты мероприятий $2 \rightarrow 3 \rightarrow 4 \rightarrow 1$.

Первые два типа совпадают с вариантом 3, то есть $t_2 = t_3 = 7$. Далее также имеем $t_1 = 11$, $t_4 = 3$. Упущенная выгода также равна 316.

Вариант 5. Приоритеты мероприятий $3 \rightarrow 2 \rightarrow 4 \rightarrow 1$.

1 шаг. Строим ИПГ без мероприятия 3.

t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ИГФ 3	4	4	4	13	13	13	13	13	13	13	13	13
ИПГ 1,4	0	0	0	0	4	4	4	4	4	7	7	7
ГФ 2	0	0	0	6	6	6	6	6	6	6	6	6

Имеем $t_2 = 10$, $t_2 \times a_2 = 150$; $t_4 = 3$, $t_4 \times a_4 = 150$; $t_1 = 11$, $t_1 \times a_1 = 132$.

Упрощенная выгода равна $\phi_5 = 331$.

Вариант 6. Приоритеты мероприятий $3 \rightarrow 4 \rightarrow 2 \rightarrow 1$.

1 шаг. Строим ИПГ без учета мероприятия 3.

t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ИГФ 3,4	1	1	1	10	10	10	10	10	10	10	10	10
ИПГ 1	0	0	0	0	4	4	4	4	4	4	4	4
ГФ 2				6	6	6	6	6	6	6	6	6

Имеем $t_2 = 10$, $t_2 \times a_2 = 150$; $t_1 = 11$, $t_1 \times a_1 = 132$.

Упущенная выгода равна $\phi_6 = 331$.

Вариант 7. Приоритеты мероприятий $4 \rightarrow 3 \rightarrow 2 \rightarrow 1$.

1 шаг. Строим ИПГ без мероприятия 4.

t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ИГФ 3,4	9	9	9	18	18	18	18	18	18	18	18	18
ИПГ 1	0	0	0	0	4	10	10	10	15	15	15	15
ГФ 2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Имеем $t_4 = 3$, $t_4 \times a_4 = 9$.

Далее вычисляем $t_3 = 4$, $t_3 \times a_3 = 40$, $t_2 = 10$, $t_2 \times a_2 = 150$, $t_1 = 11$, $t_1 \times a_1 = 132$.

Упущенная выгода $\phi_7 = 331$, что совпадает с вариантами 5 и 6. Сравнивая, получаем лучший вариант 1 с величиной упущенной выгоды 304.

Выше предполагалось, что мероприятие не начинается до тех пор, пока не получены все средства, необходимые для его реализации. Это оправдано в условиях нестабильного финансирования. Однако если есть гарантии поступления средств, то можно начинать мероприятие на имеющиеся средства. Это позволяет улучшить решение. В этих условиях хорошие результаты дает применение метода «затраты - эффект» при дополнительном условии начала мероприятий не позже моментов позднего начала ($T - \tau_i$).

Описание алгоритма

Выделяем множество мероприятий M , у которых продолжительность больше интервала между поступлениями средств. Для этих мероприятий строится интегральный правосдвинутый график финансирования.

Применяем метод «затраты - эффект», начиная с первого периода. При этом объем финансирования мероприятия i в рассматриваемом периоде, в случае если продолжительность мероприятия превышает длительность периода $\Delta (i \in M)$, определяется выражением

$$c(\Delta) = \frac{c_i \times \Delta}{\tau_i}.$$

Мероприятие i при этом исключается из множества M с корректировкой ИПГ финансирования. Применим этот алгоритм к мероприятиям предыдущего примера.

Пример 12. Множество M содержит четыре мероприятия - 1, 2, 3 и 4.

1 шаг. Берем мероприятие 1, имеющее наивысший приоритет. Его финансирование в первом периоде составляет

$$c_1(3) = \frac{4 \times 3}{8} = \frac{12}{8} = 1,5.$$

Берем мероприятие 2. Его финансирование в первом периоде составляет

$$c_2(3) = \frac{6 \times 3}{7} = 2\frac{4}{7}.$$

Берем мероприятие 3. Его финансирование в первом периоде составляет

$$c_3(3) = \frac{5 \times 3}{4} = 3\frac{3}{4}.$$

Берем мероприятие 4, поскольку еще остались средства в размере

$$9 - 1\frac{1}{2} - 2\frac{4}{7} - 3\frac{3}{4} = 1\frac{5}{28} \approx 1,17.$$

На эти средства можно частично выполнить проект 4. Продолжительность проекта 4 в первом периоде составит (в предположении равномерного использования средств):

$$\tau_{41} = \frac{3 \times 1,17}{3} = 1,17 \approx 2 \text{ мес.}$$

Во втором периоде все проекты завершаются. При этом

$$t_1 = 8, \quad t_1 a_1 = 96, \quad t_2 = 7, \quad t_2 a_2 = 105,$$

$$t_3 = 4, \quad t_3 a_3 = 40, \quad t_4 \approx 4, \quad t_4 a_4 = 12.$$

Величина упущенной выгоды равна $\phi = 253$, что значительно меньше, чем 304.

3. ЗАДАЧИ ПОВЫШЕНИЯ УРОВНЯ КОМПЕТЕНТНОСТИ ПЕРСОНАЛА ОРГАНИЗАЦИИ

3.1. Задачи распределения объемов работ

Рассматривается задача повышения уровня компетентности персонала организации (подразделения, кафедры, факультета и т.д.) путем назначения распределения работ по специалистам. Каждый специалист может выполнять некоторое множество работ. Ряд работ он может выполнять с высоким уровнем компетентности, а другие - с нормальным уровнем компетентности. Задача заключается в распределении объемов работ по специалистам, так чтобы объем работ, выполняемый специалистами с высоким уровнем компетентности, был максимален. Предложен метод решения задачи, в основе которого лежит алгоритм определения потока максимальной величины. Каждого работника организации будем оценивать по двухбалльной шкале уровней компетентности: нормальный уровень – 1, высокий уровень – 2. Уровень компетентности персонала организации в целом будем оценивать по доле объема работ организации в целом, выполняемых сотрудниками с высоким уровнем компетентности. Рассмотрим постановку задачи.

В организации n сотрудников, которые должны выполнять за планируемый период m видов работ. Обозначим a_i – объем i -й работы; b_j – максимальный объем работ, который может выполнять сотрудник j ; Q_j – множество работ, которые может выполнять сотрудник j ; R_j – множество работ, которые сотрудник j выполняет с высоким уровнем компетентности; P_j – множество работ, которые сотрудник j выполняет с нормальным уровнем компетентности, $R_j \cup P_j = Q_j, j = \overline{1, m}$.

Обозначим далее x_{ij} – часть объема работы i , выполняемой сотрудником j . Имеем ограничения

$$\sum_j x_{ij} = a_i, i = \overline{1, n}, \quad (3.1)$$

$$\sum_i x_{ij} \leq b_j, j = \overline{1, m}. \quad (3.2)$$

Объем работ, выполняемый сотрудниками с высоким уровнем компетентности, равен

$$K(x) = \sum_j \sum_{i \in R_j} x_{ij}. \quad (3.3)$$

Задача 1. Определить $x = \{x_{ij}\}$, максимизирующие (3.3) при ограничениях (3.1) и (3.2).

Постановленная задача, с одной стороны, является частным случаем задачи максимизации по ценности потока заданной величины (что эквивалентно известной задаче оптимизации потока по стоимости), а с другой стороны, это частный случай задачи транспортного типа. [17]

Определим двудольный граф из n вершин первого уровня и m вершин второго уровня. Вершину i первого уровня соединяем дугой (i, j) с вершиной j второго уровня, если $i \in Q_j$. Вершины первого уровня соответствуют работам, а вершины второго уровня - сотрудникам. Превратим двудольный граф в сеть, добавив две вершины – вход 0 и выход Z . На рис. 3.1 приведен пример сети для $n=6, m=3$. Если $i \in R_j$, то дугу (i, j) помечаем цифрой 2, а если $i \in P_j$, то цифрой 1. Пропускные способности дуг $(0, i)$ равны объемам работ a_i , а пропускные способности дуг (j, z) равны b_j . Заметим, что любое допустимое решение x определяет поток в сети, насыщающий входные дуги, и определяет допустимое решение задачи.

Для решения поставленной задачи рассмотрим модификацию алгоритма решения задачи о назначениях, описанного в [4].

1 шаг. Максимально назначаем работы сотрудникам, которые могут их выполнять с высоким уровнем компетентности, не обращая внимания на ограничения $b_j, j = \overline{1, m}$.

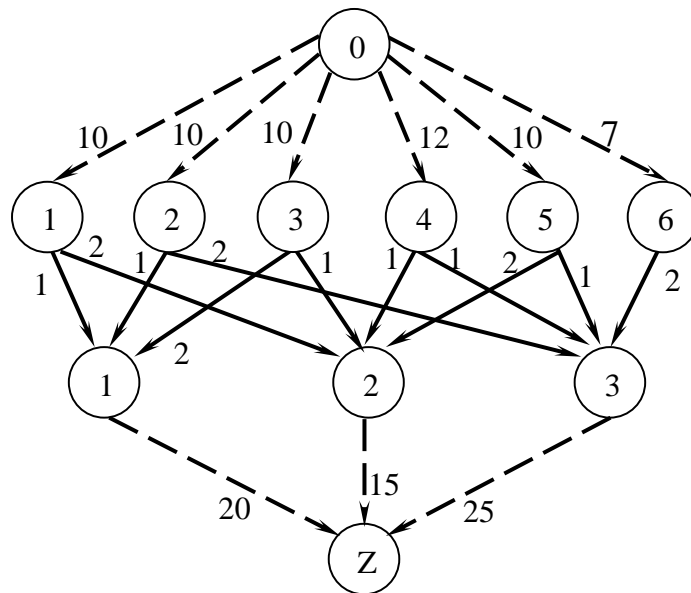


Рис. 3.1

2 шаг. Определяем поток максимальной величины для еще не назначенных работ с учетом ограничений $b_j, j = \overline{1, m}$.

3 шаг. Если все работы назначены, то переходим к шагу 4. В противном случае назначаем еще не распределенные объемы произвольным образом, не обращая внимания на ограничения $b_j, j = \overline{1, m}$.

4 шаг. Определяем подмножество перегруженных сотрудников и подмножество недогруженных сотрудников. Определим новую сеть следующим образом. Вершины первого подмножества являются входами сети, а второго – выходами сети. Длины дуг с цифрой 1 полагаем равными 0. Длины дуг с цифрой 2 полагаем равными 1. Если для дуги (i, j) имеет место $x_{ij} > 0$, то вводим обратную дугу (j, i) , длина которой равна 0, если дуга с цифрой 1, и равна (-1), если это дуга с цифрой 2. В полученной сети определяем путь M кратчайшей длины от входов к выходам. По этому пути производим корректировку назначений работ. Если обратная дуга $(j, i) \in M$, то уменьшаем x_{ij} на определенную величину Δ . Величина Δ определяется из условия неотри-

цательности потоков по дугам. Если прямая дуга $(i, j) \in M$, то увеличиваем x_{ij} на ту же величину Δ .

Далее определяем новые входы и выходы и повторяем процедуру до тех пор, пока в сети не будет перегруженных вершин.

Обоснование алгоритма следует из того, что при выбранном способе корректировки потоков в полученном на последнем шаге решении не будет чередующих циклов положительной длины, что является необходимым и достаточным условием оптимальности полученного решения.

Пример 1. Рассмотрим сеть на рис. 3.1. Пропускные способности входных и выходных дуг указаны у дуг.

1 шаг. Рассмотрим объемы работ по дугам с цифрой 2. Имеем

$$x_{12} = 10, x_{23} = 10, x_3 = 10, x_{52} = 10, x_{63} = 7.$$

Заметим, что сотрудник 2 перегружен, так как

$$x_{12} + x_{52} = 20 > c_2 = 15.$$

2 шаг. Определяем поток максимальной величины для оставшихся работ с учетом ограничений на пропускные способности выходных дуг. Алгоритм определения потока максимальной величины известен [2]. Поэтому приведем результат: $x_{43} = 8$.

3 шаг. Осталась нераспределенной 4 ед. работы 4. Назначаем ее сотруднику 2, $x_{42} = 4$. Имеем

$$x_1 = 10 < 20, x_{2Z} = 24 > 15, x_{3Z} = 25 = 25.$$

4 шаг. Принимаем вершину 2 второго уровня за вход сети, а вершину 1 второго уровня за выход сети (рис. 3.2).

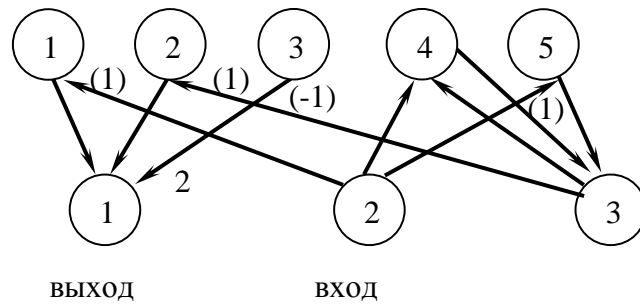


Рис. 3.2

Длины дуг с цифрой 2 указаны у дуг. Длины остальных дуг равны 0. Вершина 6 исключена, поскольку нет ни одного пути из входа в выход, проходящего через вершину 6.

Существует три пути из вершины 2 в вершину 1: $\mu_1 = (2,1,1)$ длины 1, $\mu_2 = (2,4,3,2,1)$ длины 1 и $\mu_3 = (2,5,3,2,1)$ длины 2. По пути μ_1 можно переназначить все 9 единиц работы 1. Поэтому выбираем путь μ_1 . Имеем оптимальное решение:

$$x_{11} = 9, x_{12} = 1, x_{23} = 10, x_{32} = 10, x_{42} = 4, x_{43} = 8, x_{52} = 10, x_{63} = 7.$$

Объем работ, выполненный с высоким уровнем компетентности, равен 28 единицам, что составляет $\frac{28}{59} \approx 47\%$, что свидетельствует о достаточно высоком уровне компетентности организации.

3.2. Стратегии повышения уровня компетентности персонала

Существуют различные стратегии повышения уровня компетентности персонала организации [37]. Рассмотрим три из них. Первая – это стратегия обучения, при которой организация тратит определенные средства для повышения уровня компетентности сотрудников в той или иной области деятельности. Вторая – это стратегия найма и увольнения, при которой организация принимает на работу сотрудника, имеющего высокий уровень компетентности в той или иной области деятельности, увольняя соответствующего

сотрудника, не имеющего высокого уровня компетентности. И третья – это стратегия переназначения, при которой организация меняет местами сотрудников. Рассмотрим эти стратегии.

Рассмотрим стратегию обучения, которая заключается в определении множества сотрудников, уровень компетентности которых желательно повысить, и в определении тех областей деятельности, в которых желательно повышение уровня компетентности работающих в них сотрудников.

Примем, что структура распределения объемов работ не меняется при росте уровня компетентности сотрудников. В этом случае повышение уровня компетентности сотрудника в области работ, которые ему назначены, повысит уровень выполнения именно этих работ. Для формальной постановки задачи обозначим K_{ij} - затраты на обучение сотрудника j (на повышение уровня его компетентности) в области работ i -го типа. Очевидно, это увеличит объем работ, выполняемых сотрудниками с высоким уровнем компетентности, на величину x_{ij} . Обозначим $y_{ij} = 1$, если сотрудник i , которому назначены работы j -го типа в объеме x_{ij} , направлен на обучение, $y_{ij} = 0$ в противном случае; $T(x)$ - множество пар (i, j) , таких что $x_{ij} > 0$ и сотрудник j имеет нормальный уровень компетентности в области деятельности j .

Задача. Определить y_{ij} , $(i, j) \in T(x)$, максимизирующие

$$\Delta(x, y) = \sum_{(i, j) \in T(x)} x_{ij} y_{ij} \quad (3.4)$$

при ограничении

$$\sum_{(i, j) \in T(x)} K_{ij} y_{ij} \leq H, \quad (3.5)$$

где H – средства, выделенные на обучение.

Это классическая задача о ранце, эффективно решаемая при целочисленных значениях параметров методом дихотомического программирования.

Пример 2. Рассмотрим распределение работ, полученное в примере 1. Множество $T(x)$ состоит из трех пар (1,1), (4,2) и (4,3) с объемами $x_{11} = 9$, $x_{42} = 4$, $x_{43} = 8$. Значения затрат на обучение приведены ниже.

(i, j)	(1,1)	(4,2)	(4,3)
h_{ij}	10	6	3

Принимаем $H = 4$.

Решаем задачу максимизации:

$$9y_{11} + 4y_{42} + 8y_{43},$$

при ограничении

$$10y_{11} + 6y_{42} + 3y_{43} \leq 4.$$

Ее решение очевидно: $y_{43} = 1$.

Увеличение уровня компетентности составляет $\frac{800}{59} \approx 13,5\%$.

Пусть, однако, осуществляется обучение сотрудника 1 работе в области деятельности 2. Однако существует оптимальное распределение $x_{11} = 5$, $x_{12} = 5$, $x_{23} = 10$, $x_{21} = 4$, $x_{23} = 6$, $x_{43} = 12$, $x_{52} = 10$, $x_{63} = 7$, в котором сотрудник 1 задействован в области деятельности 2. В этом случае оптимальная стратегия обучения - это $y_{43} = 1$ и $y_{12} = 1$ с увеличением уровня компетентности на $\frac{1200}{59} \approx 20,3\%$.

Рассмотренный пример подсказывает простое эвристическое правило: при решении задачи определения оптимального потока следует рассматривать увеличение потоков по дугам в очередности возрастания величины h_{ij} , то есть затрат на обучение. Заметим, однако, что задача определения оптимальной стратегии обучения с учетом возможности перераспределения объемов работ ждет своего решения.

Перейдем к анализу стратегии найма-увольнения, особенностью которой является рост напряженности в коллективе, связанной с увольнениями.

Понимая это, руководитель ограничивает действие этой стратегии. Обозначим d_{ij} увеличение уровня напряженности в коллективе, вызванное увольнением сотрудника j . Обозначим далее $z_j = 1$, если сотрудник j увольняется, а вместо него принимается специалист со стороны, $z_j = 0$ в противном случае, r_j – увеличение объема работ, выполняемых с высоким уровнем компетентности при приеме на работу внешнего специалиста вместо сотрудника j . Наконец, обозначим L – множество сотрудников, у которых имеются работы, выполняемые с уровнем компетентности ниже высокого.

Задача. Определить z_j , $j \in L$, максимизирующие

$$\sum_{j \in L} r_j z_j \quad (3.6)$$

при ограничении

$$\sum_{j \in L} z_j d_j \leq D \quad (3.7)$$

где D – допустимый с точки зрения руководителя рост уровня напряженности.

Если нанимаемый специалист идет на более высокую зарплату, то следует учитывать еще одно ограничение на фонд оплаты.

Рассмотрим стратегию переназначения. Необходимость данной стратегии обусловлена тем, что с течением времени уровни компетенции сотрудников меняются. Молодые сотрудники активно повышает свой уровень компетентности в различных областях деятельности. Пожилым сотрудникам труднее успевать за быстрыми изменениями, и они могут снизить свой уровень компетентности, тем более что учиться им также не легко. Если не применять стратегии обучения или найма-увольнения, то можно попытаться применить стратегию переназначения. Смысл этой стратегии состоит в том, что происходит переназначение сотрудников на должности.

Безусловно, стратегия переназначения повышает уровень напряженности в коллективе, также как стратегия найма-увольнения. Поэтому руководитель ограничивает число операций переназначения.

Ограничимся рассмотрением случая элементарных переназначений, когда стратегия переназначения затрагивает двух человек, которые меняются должностями (один назначается на место другого, и наоборот).

Таких элементарных переназначений может быть несколько по решению руководителя, но не слишком много, иначе возрастет напряженность в коллективе. Поясним стратегию переназначения на простом примере. Имеется четыре работы (должности) и четыре сотрудника (рис. 3.3). Сотрудник i занимает должность i с опытом работы x_i (указаны у соответствующих вершин). Предполагается, что все сотрудники могут занимать любую должность. Пунктиром указаны пары (i, j) , в которых сотрудник j имеет высокий уровень компетентности.

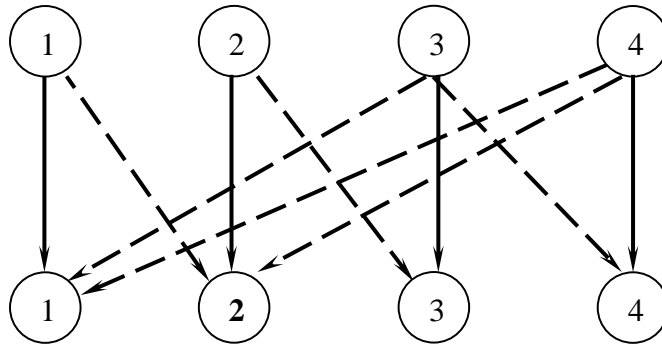


Рис. 3.3

Заметим, что в исходном распределении работ уровень компетентности равен 0.

Возможны 6 элементарных переназначений. Рассмотрим их:

1. Переназначение (1, 2). Уровень компетентности 35;
2. Переназначение (1, 3). Уровень компетентности 45;
3. Переназначение (1, 4). Уровень компетентности 30;
4. Переназначение (2, 3). Уровень компетентности 40;
5. Переназначение (2, 4). Уровень компетентности 30;
6. Переназначение (3, 4). Уровень компетентности 45.

Определим m -вершинный граф. Вершины i, j графа соединим ребром, если возможно переназначение соответствующих сотрудников. Длина ребра l_{ij} равна увеличению объема работ, выполняемых сотрудниками с высоким уровнем компетентности. Этот граф назовем графом переназначений.

Пусть руководитель считает допустимым k элементарных переназначений. Задача сводится к определению k ребер, не имеющих общих вершин, так что сумма длин максимальна. Множество ребер, не имеющих общих вершин, называется паросочетанием.

Задача. Определить паросочетание из k ребер с максимальной суммой длин.

При малом числе k эту задачу можно решить простым перебором. Однако более эффективным является целенаправленный перебор, к которому относится, в частности, метод ветвей и границ. Дадим иллюстрацию метода на данных предыдущего примера. Граф переназначений приведен на рис. 3.4.

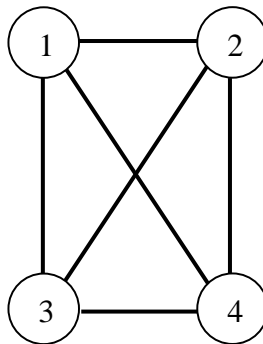


Рис. 3.4

Рассмотрим следующий алгоритм.

1 шаг. Берем ребро с максимальной длиной – это ребро (4, 3). Делим множество всех решений на два подмножества. В первом подмножестве ребро (4, 3) входит в решение, а во втором – не входит.

Оценка первого подмножества.

Поскольку $k = 2$, то к ребру $(4, 3)$ добавляем одно ребро максимальной длины из оставшихся ребер, не имеющих общих вершин с ребрами $(4, 3)$, это ребро $(1, 2)$. Оценка этого подмножества равна $45+35 = 80$.

Оценка второго подмножества.

Берем два ребра с максимальными длинами, не учитывая ребро $(4, 3)$. Оценка равна $45+40 = 85$. Выбираем второе подмножество.

2 шаг. Берем следующее ребро максимальной длины. Это ребро $(1, 3)$. Делим подмножество, в котором ребро $(4, 3)$ не входит в решение на два. В первом ребро $(1, 3)$ входит в решение, а во втором не входит. Оценка первого подмножества равна $45+30 = 75$. Оценка второго подмножества равна $40+3 = 70$. Выбираем подмножество $(3, 4)$, то есть в решение входит ребро $(3, 4)$ и ребро $(1, 2)$ с приростом уровня компетентности 80.

Это решение является оптимальным. Дерево ветвлений приведено на рис. 3.5.

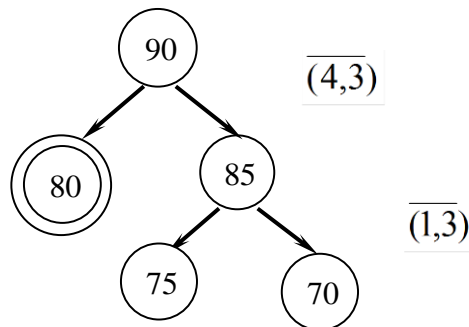


Рис. 3.5

Описанный алгоритм можно обобщить на случай любого k и любого графа назначений

3.3. Задачи назначения в управлении персоналом

Рассмотрим постановки ряда задач управления персоналом, заключающиеся в назначении персонала по критерию максимума среднего уровня

компетентности работников подразделения при ограничении на фонд заработной платы. Для частного случая задача сведена к определению потока заданной величины и минимальной стоимости. В общем случае предложен приближенный алгоритм на основе метода множителей Лагранжа.

Каждого работника организации будем оценивать по двухбалльной или трехбалльной шкале уровней компетентности (квалификации): нормальный уровень – 1, высокий уровень – 2 или нормальный уровень - 1, повышенный уровень – 2, высокий уровень – 3. Эти оценки формируются на основе ряда показателей: профессиональное образование, стаж работы и др. Это происходит либо на основе методик оценки уровня компетентности, либо экспертным путем на основе интервью. Таким образом, каждый претендент на определенную должность в организации характеризуется уровнем компетентности и уровнем заработной платы, на которую он претендует.

Уровень компетентности персонала подразделения в целом будем оценивать по суммарному уровню

$$K = 1 \cdot n_1 + 2 \cdot n_2 + 3 \cdot n_3,$$

где n_1 - число сотрудников с нормальным уровнем компетентности; n_2 - с повышенным; n_3 - с высоким.

Зададим граничные значения уровня компетентности:

$$N_1 = q_1 \cdot n, \quad N_2 = q_2 \cdot n,$$

где $q_2 > q_1$; n – число сотрудников.

Если $K < N_1$, то подразделение имеет нормальный уровень компетенции, если $N_1 \leq K < N_2$, то подразделение имеет повышенный уровень компетенции, если $K \geq N_2$, то подразделение имеет высокий уровень компетенции. В случае двухбалльной шкалы задается один граничный уровень.

Рассмотрим случай, когда уровень компетентности персонала оценивается по двухоценочной шкале.

Пусть в подразделении n сотрудников и соответственно n должностей (работ). Обозначим Q_i – множество должностей, которые может занимать сотрудник i ; R_i – множество должностей, на которых сотрудник i имеет высо-

кий уровень компетентности; $P_i = Q_i - R_i$ – множество должностей, на которых сотрудник i имеет нормальный уровень компетентности.

Обозначим далее a_j, b_j – заработная плата сотрудника, соответственно нормального и высокого уровня компетентности на должности j ; $\Delta_j = b_j - a_j, j = \overline{1, n}$.

Поставим задачу: обеспечить уровень компетенции M персонала подразделения с минимальными затратами фонда заработной платы.

Для формальной постановки задачи определим двудольный граф назначения персонала (рис. 3.6).

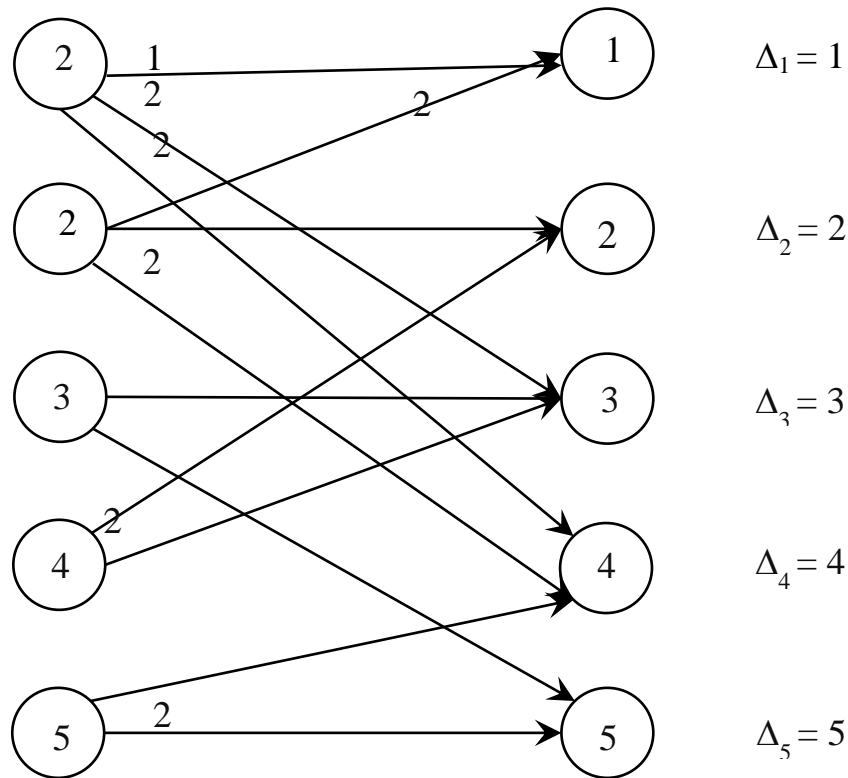


Рис. 3.6

Вершины первого (левого) уровня соответствуют сотрудникам, вершины второго уровня соответствуют должностям. Вершина i первого уровня соединена дугой (i, j) с вершиной j второго уровня, если сотрудник i может занимать должность j .

Числа у дуг равны уровню 2 компетентности сотрудника на соответствующей должности.

Обозначим $x_{ij} = 1$, если сотрудник i назначен на должность j , $x_{ij} = 0$ в противном случае.

Задача 1. Определить $x = (x_{ij})$, $i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, n}$, минимизирующие

$$B(x) = \sum_{i,j} x_{ij} c_{ij}, \quad (3.8)$$

где $c_{ij} = \begin{cases} a_{ij}, & \text{если } i \in P_i, \\ b_{ij}, & \text{если } i \in R_i, \end{cases}$

при ограничениях

$$\sum_i x_{ij} = 1, \quad (3.9)$$

$$\sum_j x_{ij} \leq 1, \quad (3.10)$$

$$\sum_{i,j} x_{ij} K_{ij} \geq M, \quad (3.11)$$

где $K_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } i \in P_i, \\ 2, & \text{если } i \in R_i. \end{cases}$

Если бы не было ограничения (3.11), то это была бы обычная задача назначения [4]. С учетом (3.11) задача становится сложной задачей дискретной оптимизации.

Рассмотрим сначала частный случай, когда при любом назначении на должность сотрудников с высоким уровнем компетентности на остальные должности всегда можно назначит сотрудников с нормальным уровнем компетенции. В этом случае задача сводится к задаче назначения сотрудников с высоким уровнем компетенции, то есть к задаче минимизации:

$$\sum_i \sum_{i \in R_i} x_{ij} \Delta_j \quad (3.12)$$

при ограничениях (3.9)

$$\sum_j x_{ij} \leq 1, \quad (3.13)$$

$$\sum_i \sum_{i \in R_i} x_{ij} k_{ij} = M - n = N. \quad (3.14)$$

Эта задача определения потока заданной величины и минимальной стоимости.

Сначала удаляем из графа все дуги, соответствующие нормальному уровню компетенции. При этом исключаем вершины первого уровня, из которых не исходит ни одной дуги с $k_{ij} = 2$, и вершины второго уровня, в которые не заходит ни одна дуга с $k_{ij} = 2$. Полученный граф приведен на рис. 3.7.

Пусть вершины пронумерованы в порядке возрастания Δ_j .

Определение. Чередующейся цепью (i, j) называется цепь, соединяющая вершину i первого уровня с вершиной j второго уровня, причем длины ребер (k, s) , где k – вершина второго уровня, а s – вершина первого уровня, равны $(-\Delta_k)$.

Лемма 1. Длина любой чередующейся цепи $\mu(i, j)$ равна Δ_j .

Доказательство. Пусть $(s, k), (k, r)$ два смежных ребра цепи, причем k – вершина второго уровня.

Длина в цепи (s, k, r) равна $l(s, k, r) = \Delta_k + (-\Delta_k) = 0$.

Поэтому длина всей цепи $\mu(i, j)$ равна Δ_j .

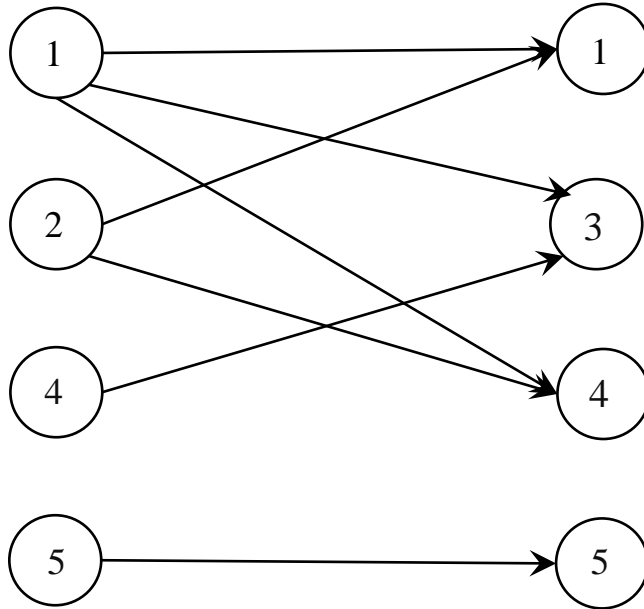


Рис. 3.7

Описание алгоритма

Рассматриваем вершины второго уровня в порядке возрастания номеров. Пусть уже рассмотрены m вершин, причем число назначенных специалистов второго уровня компетентности равно $N_m < N$.

$(k + 1)$ -шаг. Рассматриваем вершину $(m + 1)$. Находим любую чередующуюся цепь из вершин первого уровня в вершину $(m + 1)$. Если такая цепь существует, то величина N_m увеличивается на 1, а затраты увеличиваются на Δ_j . Если $N_m + 1 < N$, то переходим к следующему шагу. Если такой цепи нет, то переходим к следующему шагу.

За конечное число шагов q либо будет получено $N_q = N$, либо после рассмотрения всех вершин числа N достичь не удастся. В этом случае задача не имеет решения. Меняя N , можно получить зависимость минимального фонда заработной платы от числа специалистов с высоким уровнем компетентности.

Пример 3. Рассмотрим граф (рис. 3.7).

Пусть $N = 3$.

1 шаг. Рассматриваем вершину 1.

Цепь (1, 1) существует: $N_1 = 1 < 3$.

2 шаг. Рассматриваем вершину 3.

Цепь (2, 1, 1, 3) существует: $N_3 = 2 < 3$.

3 шаг. Рассматриваем вершину 4.

Цепь (4, 3, 1, 4) существует: $N_4 = 3 = N$.

Задача решена. Минимальные затраты составила 8 единиц.

Рассмотрим трехбалльную шкалу оценок компетентности и соответственно трехставочную систему оплаты труда. Обозначим a_j, b_j, d_j ставки оплаты при уровнях компетентности 1, 2 и 3 соответственно. Определим также три уровня компетентности подразделения (организации) в целом.

Пусть A_1, A_2 граничные значения взвешенной суммы компетентностей:

$$N = n_1 + 2n_2 + 3n_3.$$

Рассмотрим приближенный алгоритм решения задачи, в основе которого лежит метод множителей Лагранжа. Обозначим λ – множитель Лагранжа и рассмотрим функцию Лагранжа:

$$\Phi(x, \lambda) = \sum_{i,j} \left[c_{ij} x_{ij} - \lambda \left(\sum_{i,j} k_{ij} x_{ij} - N \right) \right], \quad (3.15)$$

где $N = A_1$, если поставлена задача обеспечить повышенный уровень компетентности персонала подразделения, и $N = A_2$, если поставлена задача обеспечить высокий уровень компетентности персонала подразделения.

Рассмотрим задачу максимизации:

$$\mathfrak{F}(\lambda) = \min_x \Phi(x, \lambda) \quad (3.16)$$

при ограничениях (3.9), (3.10).

Как известно, $\mathfrak{F}(\lambda)$ является оценкой снизу для исходной задачи. Наилучшую оценку дает решение задачи максимизации $\mathfrak{F}(\lambda)$. Заметим теперь, что при фиксированном λ мы получаем обычную задачу назначения [4].

Лемма 2. $\mathfrak{F}(\lambda)$ - кусочно-линейная вогнутая функция λ .

Доказательство. Рассмотрим все решения задачи назначения в зависимости от λ .

Оптимальные решения определяются нижней огибающей всех линейных графиков решений.

Очевидно, что это кусочно-линейная вогнутая функция λ .

Лемма 3. Если при $\lambda = 0$ в оптимальном решении задачи назначения выполняется неравенство (3.11), то полученное решение является оптимальным для исходной задачи.

Доказательство очевидно, поскольку увеличение λ приводит только к уменьшению $\mathcal{L}(\lambda)$. Поэтому нижняя оценка совпадает с целевой функцией задачи, является достижимой, а само решение является оптимальным.

Обозначим $\Delta_{j1} = b_j - a_j$; $\Delta_{j2} = \frac{1}{2}(d_j - a_j)$; $\Delta_{j3} = d_j - b_j$.

При $\lambda = \Delta_{j1}$ имеет место $a_j - \lambda = b_j - 2\lambda$.

При $\lambda = \Delta_{j2}$ имеет место $a_j - \lambda = d_j - 3\lambda$.

При $\lambda = \Delta_{j3}$ имеет место $b_j - 2\lambda = d_j - 3\lambda$.

При этих значениях λ происходит смена приоритетов. Так, при $\lambda > \Delta_{j1}$ на должность j становится более выгодным назначать сотрудника с повышенным уровнем компетентности, чем с нормальным. При $\lambda > \Delta_{j2}$ становится более выгодным назначать сотрудника с высоким уровнем компетентности, чем с нормальным, а при $\lambda > \Delta_{j3}$ выгоднее назначать сотрудника с высоким уровнем компетентности, чем с повышенным.

Описание алгоритма

1 шаг. Решаем задачу назначения при $\lambda = 0$.

Если ограничение (3.11) выполнено, то задача решена. В противном случае переходим к шагу 2.

2 шаг. Пусть все Δ_{j1} , Δ_{j2} , Δ_{j3} упорядочены по возрастанию. Обозначим

$$Y(0) = \sum_{i,j} k_{ij} x_{ij}, \quad (3.17)$$

где $x(0)$ - оптимальное решение задачи назначения при $\lambda_1 = 0$.

Определяем $\delta = N - Y_0$. Рассматриваем упорядоченный по возрастанию ряд Δ_j и определяем сумму s_i , добавляя 1, если это Δ_{j1} или Δ_{j3} , и добавляя 2, если это Δ_{j2} .

Пусть k - минимальный номер в упорядоченном ряде Δ_j , такой, что $s_k \geq \delta$. Полагаем λ_2 равной соответствующей Δ_j .

Замечание. Вычислительные эксперименты показали, что такой выбор λ обеспечивает достаточно быстрое определение оптимального λ . Во многих примерах полученная величина λ была оптимальной.

Если $Y(\lambda_2) \geq \delta$, то задача решена.

Если $Y(\lambda_2) < \delta$, то полагаем λ равной следующей величине Δ_j и повторяем шаг 2. За конечное число шагов либо будет получено оптимальное решение, либо будет показано, что требуемый уровень компетентности недостижим.

Пример 4. Рассмотрим граф возможных назначений (рис. 3.8).

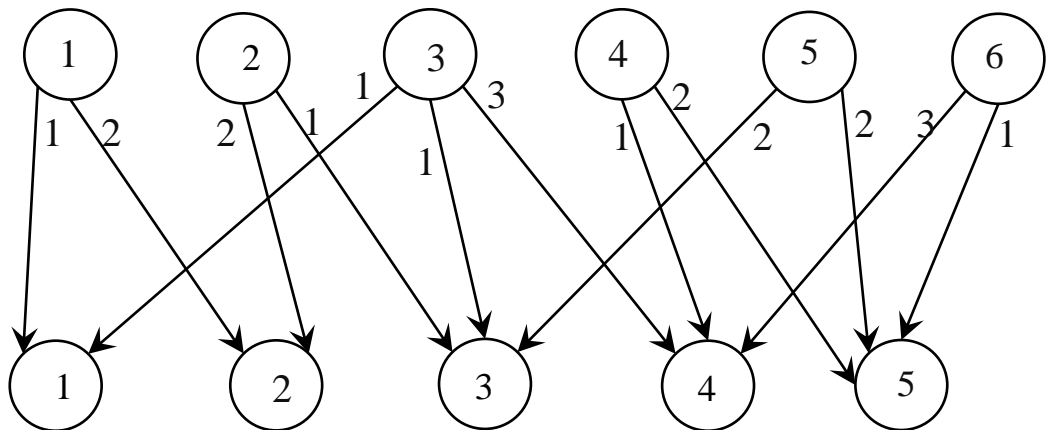


Рис. 3.8

У дуг указаны уровни компетентности. Таблица ставок оплаты приведена ниже (табл. 3.1).

Таблица 3.1

j	1	2	3	4	5
a_j	1	2	3	4	2
b_j	3	4	5	6	3
d_j	6	5	7	8	4

Примем $N = 9$.

1 шаг. Решаем задачу назначения при $\lambda_1 = 0$.

Первый шаг решения представлен в табл. 3.2.

Таблица 3.2

$j \backslash i$	1	2	3	4	5	6
1	1н		1			
2	4	4н				
3		3	3н		5	
4			8	4н		8
5				3	3	2н

В клетках таблицы записаны ставки оплаты. Буквой «н» обозначены назначения первого шага. Сразу получено оптимальное решение. Вычисляем:

$$Y(0) = 1 + 2 + 1 + 1 + 1 = 6 < 9.$$

Вычисляем Δ_{j1} , Δ_{j2} , Δ_{j3}

2 шаг. Из табл. 3.3 выбираем $\lambda_2 = 1$. Значения $c_{ij} - k_{ij}$ для всех i, j приведены в табл. 3.4.

Таблица 3.3

$k \backslash j$	1	2	3	4	5
Δ_{j1}	2	2	2	2	1
Δ_{j2}	2,5	1,5	2	2	1
Δ_{j3}	3	1	2	2	1

Таблица 3.4

$j \backslash i$	1	2	3	4	5	6
1	0н		0			
2	2	2н				
3		2	2н		3	
4			5	3н		5
5				1	1н	1

Оптимальное решение также получено на первом шаге. Вычисляем:
 $Y(1) = 1 + 2 + 1 + 1 + 2 = 7 < 9$.

3 шаг. Берем $\lambda_3 = 1,5$. Однако при этом λ_3 только на одну работу 2 выгоднее назначать специалиста с высоким уровнем компетентности. Но таких специалистов нет. Поэтому берем $\lambda_3 = 2$. Значения $c_{ij} - 2k_{ij}$ для всех i, j приведены в табл. 3.5.

Таблица 3.5

$j \backslash i$	1	2	3	4	5	6
1	-1н		-1			
2	0	0н				
3		1	1н		1	
4			2	2		2н
5				-1	-1н	0

Вычисляем: $Y(2) = 1 + 2 + 1 + 3 + 2 = 9$.

Поскольку $\sum_{i,j} k_{ij} x_{ij} = 9$, то получено оптимальное решение.

Рассмотрим непрерывный случай, когда x_{ij} могут принимать значения от 0 до 1. Содержательно это соответствует работе специалиста на определенную долю ставки. В этом случае задача становится задачей линейного программирования и может быть решена стандартными программами. Однако описанный выше подход к приближенному решению целочисленной задачи на основе применения метода множителей Лагранжа и решения небольшого числа задач назначения можно использовать для определения решения непрерывной задачи.

Опишем соответствующий алгоритм. Пусть λ^* - оптимальное значение λ в задаче нахождения максимума функции Лагранжа, а $x_1(\lambda^*)$ - соответствующее решение задачи назначения.

Если $K(x_1(\lambda^*)) = (\lambda^*) = \sum_{i,j} k_{ij} x_{ij}(\lambda^*) = N$, то задача решена и $x_1(\lambda^*)$ - оптимальное решение исходной задачи. Пусть $K(x_1(\lambda^*)) > N$. Тогда в силу леммы 2 найдется второе решение $x_2(\lambda^*)$, такое что либо $K(x_2(\lambda^*)) = N$, либо $K(x_2(\lambda^*)) < N$.

В первом случае задача решена.

Рассмотрим второй случай.

Возьмем выпуклую линейную комбинацию:

$$X(\lambda^*) = \alpha x_1(\lambda^*) + (1 - \alpha)x_2(\lambda^*),$$

где α выбирается из условия

$$\alpha \left(K(x_1(\lambda^*)) + (1 - \alpha)K(x_2(\lambda^*)) \right) = N$$

или

$$\alpha = \frac{N - K(x_2(\lambda^*))}{K(x_1(\lambda^*)) - K(x_2(\lambda^*))}.$$

Очевидно, что $0 < \alpha < 1$.

Решение $X(\lambda^*)$ также определяет оценку снизу для исходной задачи. При этом ограничение (4) выполняется как строгое равенство. Поэтому оценка является достижимой, а решение $X(\lambda^*)$ - оптимальным.

Пример 5. Рассмотрим пример 4 для случая $N = 8$.

В примере было получено приближенное решение задачи назначения при $\lambda^* = 2$. Это решение $x_1(\lambda^*)$:

$$x_{11} = 1, x_{22} = 1, x_{33} = 1, x_{55} = 1, x_{64} = 1$$

(остальные $x_{ij} = 0$) с величиной $K(x_1(\lambda^*)) = 9$.

Рассмотрим табл. 3.5. Существует еще одно оптимальное решение $x_2(\lambda^*)$:

$$x_{11} = 1, x_{22} = 1, x_{33} = 1, x_{44} = 1, x_{55} = 1$$

с величиной $K(x_2(\lambda^*)) = 7$.

Вычисляем: $\alpha = \frac{8 - 7}{9 - 7} = 0,5$.

Получаем решение $x(\lambda^*)$:

$$x_{11} = 1, x_{22} = 1, x_{33} = 1, x_{44} = 0,5, x_{55} = 1, x_{64} = 0,5,$$

для которого $K(x(\lambda^*)) = 8 = N$, и поэтому оно является оптимальным.

Попробуем улучшить оценку, изменив деление a_i на две части. Новый вариант приведен ниже.

i	1	2	3	4	5	6
a_i	12	15	14	9	13	8
d_i	6	5	5	5	7	4
h_i	6	10	9	4	6	4

Решаем оценочную задачу 1.

Максимизировать $6x_1 + 5x_2 + 5x_3 + 5x_4 + 7x_5 + 4x_6$.

4. СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЕМ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ (СУРКО)

4.1. Структура и функции СУРКО

Система управления развитием компетентностей состоит из трех подсистем (рис. 4.1).

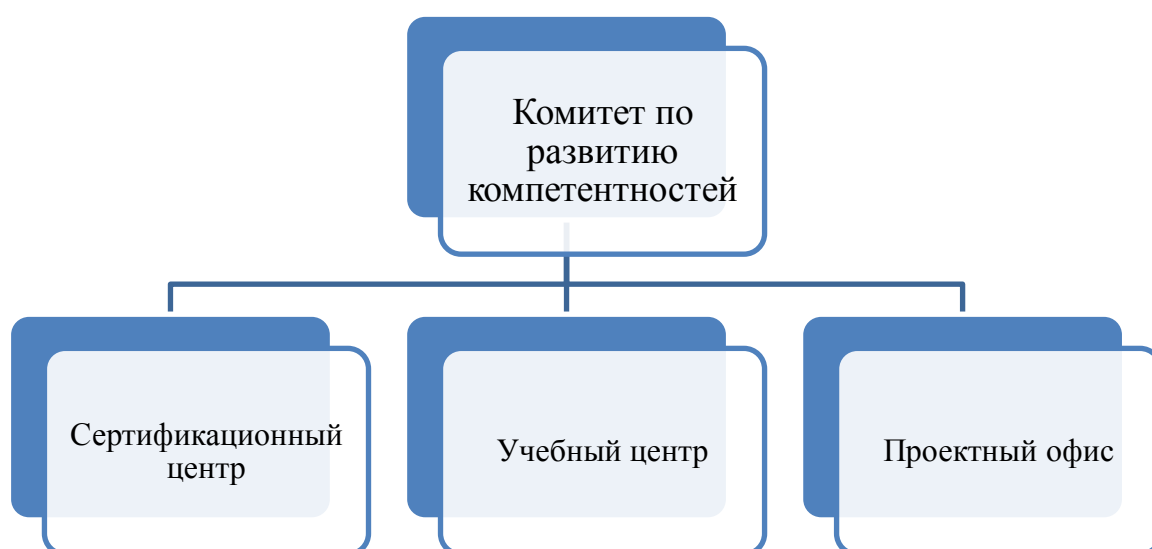


Рис. 4.1

Руководящим органом СУРКО является комитет по развитию компетентностей, возглавляемый ректором или проректором по кадрам.

Сертификационный центр занимается организацией сертификационного процесса по оценке уровня компетентности преподавателей по различным направлениям (дисциплинам) и присуждением соответствующего уровня компетентности (нормальный, повышенный или высокий).

Учебный центр помогает преподавателям повышать уровень компетентности путем организации соответствующих лекций и семинарских занятий. Задачей учебного центра также является подготовка учебника для пре-

подавателей, содержащего вузовские требования к компетентности преподавателей (ВТК) по соответствующим направлениям. ВТК служит основой для формирования вопросов к сертификационному экзамену.

Проектный офис занимается разработкой и реализацией программы развития компетенций, а также готовит методические материалы по системе проектного управления развитием компетенций в вузе.

Рассмотрим эти подсистемы более подробно.

4.2. Сертификационный центр

Сертификация преподавателей происходит на основе двух элементов компетентности:

- техническая (профессиональная) компетентность предназначена для оценки знания преподавателей соответствующей дисциплины;
- поведенческая компетентность предназначена для оценки личности преподавателя, включая его поведение и умение ориентироваться в различных ситуациях.

В системе сертификации вуза выделим следующие три категории (уровня) преподавателей, к которым применяются единые стандарты:

- сертифицированный преподаватель высокого уровня (уровень 3) - способен читать лекции на высоком профессиональном уровне по нескольким дисциплинам данного направления, обладает всеми поведенческими компетенциями;
- сертифицированный преподаватель повышенного уровня (уровень 2) - способен читать лекции на уровне выше нормального по нескольким дисциплинам данного направления, обладает основными поведенческими компетенциями;
- сертифицированный преподаватель нормального уровня (уровень 1) - способен читать лекции на нормальном профессиональном уровне не менее чем по одной дисциплине.

Для оценки знаний и опыта по каждому элементу компетентности используется шкала баллов от 0 (некомпетентен) до 10 (абсолютно компетентен).

Процедура и порядок оценки

Оценка знаний и опыта проводится по крайней мере двумя ассессорами, которые являются известными специалистами в данной специальности. Ассессор должен иметь сертификат высокого уровня.

Компоненты оценки:

- исходные требования – опыт работы и академическое образование кандидата;
- письменный экзамен – кандидат должен за ограниченный период времени ответить на вопросы нескольких типов (многоальтернативный вопрос, прямые вопросы по тексту, открытое эссе в вольной форме, интеллектуальные задания) со ссылкой на ВТК;
- отчет включает краткое описание кандидатом читаемого курса по соответствующей дисциплине с выделением его отношения к тем или иным разделам (при сертификации на уровни 2 и 3);
- открытая лекция по соответствующей специальности в присутствии одного или двух ассессоров (при сертификации на уровни 2 и 3);
- интервью – кандидат отвечает на заданные ему конкретные, репрезентативные вопросы, основанные на представленном кандидатом отчете (вопросы могут также касаться самооценки, ответов письменного экзамена, открытой лекции). Ответы должны быть аргументированы путем использования ссылок на ВТК.

Ассессоры не обучают и не тренируют кандидатов. Они проверяют письменные экзаменационные работы, наблюдают за поведением во время открытой лекции, задают кандидатам вопросы, оценивают их отчеты, ответы на вопросы в ходе интервью, дают предложения о результирующей оценке (сертификационное испытание пройдено или не пройдено) и обосновывают основные причины в случае негативной оценки. Окончательное решение принимается сертифицирующим органом.

Оценка компетентности базируется на утвержденных требованиях сертификационной системы. Знания и опыт могут оцениваться по резюме кандидата, письменному экзамену, поведению на открытой лекции, по отзывам, всесторонне характеризующим кандидата, по его отчету и интервью. Под отзывами, всесторонне характеризующими кандидата, подразумевается мнение двух-трех преподавателей, которые дают оценку компетентности кандидата. Если два-три специалиста, знающие кандидата, без сомнения сочтут, что кандидат соответствует определенному уровню компетентности, то это может оказать содействие ассессорам в принятии окончательного решения.

Уровни компетентности

Программа сертификации выделяет три уровня компетентности.

Уровень «3». Кандидат должен продемонстрировать умелое применение элементов компетентности в процессе своей работы (чтение лекций, проведение семинарских занятий); кандидат внес свой вклад в развитие дисциплины, публикуя статьи или выступая с научными докладами о накопленном опыте или о новых концептуальных разработках.

Уровень «2». Кандидат должен продемонстрировать успешное применение элементов компетентности в своей работе.

Уровень «1». Оцениваются только знания по элементам компетентности (посредством письменного экзамена).

Критерии таксономии

Таксономия, или классификация компетентности, как в области теоретических знаний, так и в сфере практического опыта оценивается путем регенерирования по шкале баллов от 0 до 10. Оценка для каждого элемента выставляется следующим образом:

0 – кандидат не имеет знаний и (или) опыта;

1-3 – кандидат имеет низкий уровень знаний и (или) опыта;

4-6 – кандидат имеет средний уровень знаний и (или) опыта;

7-9 – кандидат имеет высокий уровень знаний и (или) опыта;

10 – кандидат обладает абсолютным уровнем знаний и (или) опыта.

Требования к знаниям и опыту для каждого сертификационного уровня различны. Знания и опыт кандидата должны углубляться (от владения достоверной информацией до способности оценивать ее и применять соответствующие методы) и расширяться.

Процесс сертификации

Процесс сертификации состоит из нескольких этапов, на каждом из которых производится оценка кандидата. Порядок проведения оценки на каждом этапе определен в зависимости 1, 2 или 3. Система сертификации не предусматривает жесткую обязательность осуществления абсолютно всех действий по оценке. Некоторые элементы этой системы являются обязательными и обозначаются символом «×», а другие являются дополнительными и обозначаются символом «-».

Ассессоры, проводящие сертификацию, сами решают вопрос о включении в сертификационную процедуру дополнительных элементов или могут заменить их альтернативными элементами, сопровождая четким описанием процедуры оценки с использованием этих элементов сертификационного процесса.

В табл. 4.1 представлен общий процесс сертификации.

Процедура ресертификации отличается от сертификации. Она должна быть максимально сосредоточена на деятельности кандидата и процессе его непрерывного профессионального совершенствования за период с момента последней сертификации.

Далее используются следующие условные термины:

- «соискатель» - используется по отношению к человеку до момента, пока он не будет принят на начальный этап экзаменационного процесса;
- «кандидат» - используется по отношению к человеку, принятому на начальный этап экзаменационного процесса;
- «обладатель сертификата» - используется по отношению к человеку, уже имеющему сертификат одного из уровней;

Таблица 4.1

Трехуровневая система сертификации

Наименование	Компетентность	Процесс сертификации			Срок действия
		Этап 1	Этап 2	Этап 3	
Сертифицированный преподаватель (уровень 3)	Компетентность = = знания + опыт	Заявление, резюме, рекомендации, самооценка	Письменный экзамен, отчет	Интервью	5 лет
Сертифицированный преподаватель (уровень 2)	Компетентность = = знания + опыт	Заявление, резюме, рекомендации, самооценка	Письменный экзамен, отчет		5 лет
Сертифицированный преподаватель (уровень 1)	Знания	Заявление, резюме, самооценка	Письменный экзамен		5 лет

- «кандидат на ресертификацию» - используется по отношению к человеку, участвующему в ресертификации.

В соответствии с правилами возможностью выбора из альтернативных вариантов определены этапы и процессы для каждого уровня сертификации (указаны в табл. 4.2).

Таблица 4.2

Процедуры и процессы сертификации

Процедуры и процессы первичной сертификации	Уровень сертификации		
	3	2	1
Заявление по форме, резюме-анкета	X	X	X
Рекомендательные письма	X	X	-
Самооценка	X	X	X
Разрешение на участие в сертификации	X	X	-
Письменный экзамен*	X	X	X
Открытая лекция (семинар)	X	X	-
Отчет по проекту	X	X	-
Интервью	X	X	-
Решение сертификационной комиссии: вручение, регистрация	X	X	X

Условные обозначения: «X» - требуемые; «-» - нетребуемые.

Примечание. Кандидаты, проходящие сертификацию в первый раз, на любом уровне сдают письменный экзамен. Специалисты по управлению проектами, имеющие сертификат, но желающие повысить свой уровень сертификации, письменный экзамен не сдают.

Последовательность этапов прохождения сертификации представлена в табл. 4.3.

Система сертификации не определяет никаких обязательных условий прохождения обучения. Кандидат абсолютно свободен в выборе формы и места обучения.

Этапы процессов для каждого уровня

Этап	Процесс	Уровень		
		3	2	1
1	Подача и рассмотрение заявления	X	X	X
	Предоставление и рассмотрение анкеты	X	X	X
	Предоставление и рассмотрение самооценки	X	X	X
	Предоставление и рассмотрение отчета о проекте	X	X	-
	Предоставление информации о поручителях и ее проверка	X	X	-
2	Сдача письменного экзамена	X	X	X
3	Проведение открытого занятия	X	X	-
4	Прохождение интервью	X	X	-

Условные обозначения: «X» - требуемые; «-» - нетребуемые.

Таблица 4.4.

Процедуры и процессы ресертификации

Процедуры и документы для ресертификации	Уровни сертификации IPMI			
	A	B	C	D
Информация об истечении срока действия сертификата	X	X	X	-
Заявление по форме, резюме-анкета, рекомендательные письма	X	X	X	-
Обновленный вариант самооценки	X	X	X	-
Документальное подтверждение профессионального развития	X	X	X	-
Жалобы (проблемы в работе), отзывы	X	X	X	-
Интервью	X	X	X	-
Решение сертификационной комиссии: вручение сертификата, регистрация	X	X	X	-

Условные обозначения: «X» - требуемые; «-» - нетребуемые.

Заявление, резюме-анкета, рекомендательные письма

Заявление предназначено для идентификации соискателей, обратившихся в сертифицирующую организацию для оценки квалификации соискателя по одному из уровней сертификационной системы. Бланк (форма) заявления предоставляется учреждением, проводящим сертификацию, и содержит все необходимые личные данные.

В заявлении соискатель должен указать также, что он ознакомлен с правилами сертификационного процесса и обязуется их выполнить, а также согласен принять другие обязательства, связанные с исполнением требований, предъявляемых к сертифицированному специалисту по соответствующей дисциплине, подтвердить свое согласие на публикацию в открытых источниках своих данных (в списке специалистов, получивших сертификаты). Кроме того, соискатель должен подтвердить, что он предупрежден о последствиях злоупотребления сертификатом, в том числе о приостановке работы в качестве лектора по данной дисциплине.

В резюме-анкете, прилагаемой к заявлению, должны быть приведены сведения об образовании, квалификации по диплому и опыте работы.

Кроме этого, соискатель должен указать имена двух лиц, которые могут дать ему рекомендательные письма, и к которым в случае необходимости сертифицирующее учреждение сможет обратиться за дополнительной информацией.

Бланк заявления должен быть заполнен и удостоверен личной подписью соискателя.

Самооценка

Осуществление самооценки на каждом уровне и на каждой стадии профессиональной жизни является единым требованием системы сертификации. Соискатель должен уметь оценивать свою собственную компетентность с особой тщательностью.

Разрешение на участие в сертификации

Заявление, рекомендательные письма и заполненная форма самооценки – весь этот перечень образует пакет заявительных документов, по которым устанавливается, может ли соискатель быть допущен к последующим этапам сертификации. После официальной проверки заявительных документов администрацией сертификационного центра и по крайней мере двумя ассессорами соискатель получает письменное уведомление о том, что он допущен к следующему этапу сертификационного процесса по соответствующему уровню.

Письменный экзамен

Экзамен проводится, как правило, в виде письменного теста, который продолжается несколько часов и включает несколько типов заданий:

1. Прямые вопросы (множественный выбор, оценка способности мыслить логически, ответы в объеме 1-2 предложений или выбор верного ответа из краткого перечня);
2. Интеллектуальное задание (например, разбор мини-ситуации).

Для вопросов первой группы может использоваться проведение экзамена с помощью персонального компьютера. Характеристики письменного экзамена показаны в табл. 4.5.

Таблица 4.5

Характеристики письменного экзамена

Характеристика	Уровни 3, 2	Уровень 1
Длительность экзамена	Не менее 3-5 часов	Не менее 4-6 часов
Количество ассессоров	1 (в особых случаях 2)	1 (в особых случаях 2)
Масштаб экзамена		
Прямые вопросы	Все элементы компетентности	Все элементы компетентности
Интеллектуальное задание	1-2 элемента компетентности из каждого направления	1-2 элемента компетентности из каждого направления

Масштаб экзамена указывает на то, сколько элементов компетентности по управлению проектами должно быть отражено в письменном экзамене.

Интервью

Для интервью кандидат готовит презентацию, которая содержит информацию о нем, его практической деятельности. В ходе интервью ассессоры задают кандидату вопросы по его отчету, самооценке, ответам на вопросы письменного экзамена, рекомендательным письмам.

В ходе интервью кандидат может проиллюстрировать свои ответы на задаваемые вопросы документами, приложенными к отчету (например, инструкциями, сведениями о фактическом состоянии). Продолжительность интервью зависит от языковых различий, особенностей проекта и стиля общения.

Как правило, вопрос должен формулироваться в преломлении к реальной ситуации и описывать действия и результаты, концентрируясь на одном или нескольких элементах компетентности.

Элементы компетентности, которые обсуждаются в процессе интервью, выбираются с учетом целевых установок сертификационного центра и информации, предоставленной самим кандидатом или содержащейся в рекомендательных письмах.

Решение сертификационной комиссии

Сертификационный центр на основании суммарной оценки ассессоров принимает решение о том, может ли кандидат продолжить участвовать в процессе сертификации или же должен выйти из него после какого-то этапа.

Если кандидат пожелает узнать причины отрицательного заключения, то главный ассессор совместно с представителем сертификационного центра, должен дать пояснения кандидату.

Этапы ресертификации

Сертификационный центр следит за датами истечения срока действия сертификатов и заблаговременно оповещает их владельцев о дате ресертификации.

Ход ресертификации отличается от процесса первичной сертификации. Ресертификация должна быть сосредоточена на непрерывном процессе профессионального развития специалиста за период с момента его последней сертификации или ресертификации.

Ниже приведены основные шаги осуществления процесса ресертификации:

1. В заявлении на прохождение ресертификации кандидат, в частности, подтверждает, что хорошо осведомлен об условиях ресертификации и о статусе лица, получившего сертификат. К заявлению кандидат прикладывает свое обновленное резюме;

2. Обновляется бланк самооценки;

3. Кандидат на ресертификацию подает отчет о своей профессиональной деятельности на протяжении фактического периода действия его сертификата. Отчет содержит описание функций, обязанностей и задач, осуществленных кандидатом за прошедший период;

4. Кандидат на ресертификацию отчитывается о продолжении своего образования на протяжении фактического периода действия его сертификата с целью поддержания и улучшения уровня компетентности. Сюда входят: прохождение обучения в любой форме, приобретенный опыт и вклад, сделанный кандидатом в его собственное непрерывное развитие;

5. Кандидат на ресертификацию представляет список лиц, знакомых с его опытом работы, которые могут рекомендовать его и к которым могут обратиться ассессоры в случае необходимости. При подаче документов на ресертификацию кандидату следует представить письменные замечания или жалобы, если таковые были, по поводу его компетентности или профессионального поведения;

6. В случае возникновения сомнений относительно обновления сертификата ассессоры составляют вопросы, чтобы выяснить, по-прежнему ли уровень компетентности кандидата на ресертификацию соответствует требованиям. Кандидат на ресертификацию может также представить дополнительные свидетельства об уровне своей компетентности, профессиональном росте и поведении;

7. Сертифицирующая организация принимает решение об обновлении сертификата на основании совокупной оценки, данной ассессорами.

4.3. Учебный центр и проектный офис

Учебный центр осуществляет две функции.

Первая связана с оказанием помощи преподавателям при подготовке к сертификационному экзамену. Для этого читаются лекции и проводятся семинары на основе вузовских требований к компетентности преподавателей (ВТК).

Занятия проводят преподаватели, имеющие сертификат уровня 3 и (или) приглашенные известные специалисты в соответствующих областях знаний.

Вторая функция учебного центра состоит в разработке и поддержании в актуальном состоянии самого ВТК по всем основным направлениям учебных дисциплин. Эту функцию также выполняют преподаватели, имеющие сертификат уровня 3 и приглашенные специалисты. При актуализации ВТК используются отчеты кандидатов, содержащие описание их опыта в преподавании соответствующей дисциплины и предложения по улучшению ВТК.

Проектный офис также имеет две функции. Первая связана с разработкой и реализацией программы повышения уровня компетентности персонала университета. Вторая заключается в разработке системы управления проектами, что включает адаптацию методологии проектного управления и создание системы стандартов, регламентирующих процессы управления программой.

Рассмотрим эти функции.

I. Разработка программы повышения уровня компетентности.

Основные этапы разработки программы:

1. Формирование потенциала роста уровня компетентности. Потенциал представляет собой список возможных проектов (мероприятий), направленных на повышение уровня компетентности как отдельных преподавателей, так и групп преподавателей. Проекты отдельных преподавателей оформляются в виде личных планов повышения уровня компетентности. В плане указывается уровень компетентности, который преподаватель предполагает достичь, а также требуемая поддержка со стороны университета как финансовая (оплата командировок, стажировок и т. д.), так и временная (снижение учебной нагрузки). Проекты, дающие эффект для нескольких преподавателей и (или) для нескольких кафедр и факультетов (многоцелевые проекты) оформляются в виде таблиц потенциала с указанием эффекта затрат и рисков. Рекомендуется информацию о возможных проектах оформлять в виде трех таблиц. Первая содержит информацию об одноцелевых проектах, то есть проектах, дающих эффект внутри одной кафедры или факультета. Вторая таблица содержит информацию о многоцелевых проектах, то есть проектах, дающих эффект роста потенциала для нескольких кафедр или факультетов (лекции приглашенных специалистов, конференции и др.). Наконец, в третью таблицу помещают пары проектов, включение которых в программу дает дополнительный (синергетический) эффект.

Основная проблема при формировании таблиц потенциала связана с оценкой эффекта от проектов. Это связано с отсутствием сегодня методик оценки влияния различных мероприятий на рост уровня компетентности, отсутствием статистических данных. Основным способом оценки эффекта является метод экспертных оценок. Исключением являются личные проекты (планы) преподавателей, в которых преподаватель сам определяет предполагаемый уровень компетентности и сам отвечает за его достижение в соответствии с положением о стимулировании роста уровня компетентности.

2. Разработка и реализация программы. Для разработки программы применяются модели и методы, описанные в главах 2 и 3. Программа разрабатывается на срок 3 (возможно 4 или 5) лет. Каждый год производится корректировка программы с продлением на 1 год (скользящее планирование), а каждые три года производится подведение итогов трехлетнего периода.

II. Разработка системы управления программой.

Разработка системы управления программой предполагает разработку методических положений по управлению проектами, адаптированных к задачам университета и разработку стандартов взаимодействия всех заинтересованных лиц, вовлеченных в программу. Как известно, программа состоит из десяти функциональных областей:

- управление предметной областью программы;
- управление программой по временным параметрам;
- управление стоимостью и финансированием программы;
- управление качеством программы;
- управление рисками и возможностями в программе;
- управление человеческими ресурсами в программе;
- управление коммуникациями в программе;
- управление закупками и контрактами в программе;
- управление изменениями в программе;
- управление безопасностью в программе.

Описание каждой функциональной области включает пять стадий:

- инициация;
- планирование;
- организация и контроль;
- анализ и регулирование;
- закрытие.

Ниже приведены примеры стандартов описания ряда функциональных областей.

Управление проектом по временным параметрам

Управление проектом по временным параметрам – раздел управления проектами, включающий задачи и процедуры, необходимые для обеспечения своевременного выполнения работ проекта.

Согласованная работа всех участников проекта организуется на основе календарных планов (графиков) или расписаний работ проекта, основными параметрами которых являются сроки выполнения, ключевые даты, продолжительности работ и др.

Календарными планами называют проектно-технологические документы, устанавливающие полный перечень работ проекта, их взаимосвязь, последовательность, сроки выполнения и продолжительность, а также исполнителей и ресурсы, необходимые для выполнения работ проекта.

Календарные планы составляются на весь жизненный цикл проекта (программы, портфеля) или их отдельные фазы, для различных уровней управления и участников проекта.

Процесс управления проектом по временным параметрам включает следующие стадии:

1. Инициация (концепция) управления проектом по временным параметрам:

- разработка цели и стратегии управления проектом по временным параметрам;
- определение критериев оценки качества календарных планов;
- определение ограничений: концептуальная последовательность работ; контрольные даты и ключевые события; ресурсы;
- выбор методов и инструментов управления проектом по временным параметрам;
- определение требований к системе управления проектом по временным параметрам;
- определение полномочий и распределение ответственности;

- разработка укрупненного календарного плана осуществления проекта (плана по вехам);

- разработка и утверждение концепции управления проектом по временным параметрам.

2. Планирование проекта по временным параметрам:

- уточнение критериев и ограничений (по времени, ресурсам и способам их потребления на работах), учитываемых при разработке календарных планов;

- определение работ проекта:

- детализация декомпозиции работ проекта: определение основных элементов иерархической структуры проекта; определение требований к детализации работ проекта; выбор сечения СДР (использование типовых или аналогичных моделей структуры работ проекта);

- определение состава задач (работ, операций) и их характеристик;

- определение последовательности (логики) выполнения работ, которая отображается организационно-технологической (сетевой) моделью (ОТМ), которую также называют сетевым графиком, стрелочной диаграммой, логической сетью. Элементами ОТМ являются работы проекта и технологические и\или организационные связи между ними. В зависимости от отображения работ используются сетевые модели двух типов: «работа-вершина» и «работа-дуга» (типовые и аналогичные сетевые модели).

- определение потребности работ проекта в ресурсах (расчетные методы, экспертные оценки, оценка по аналогам);

- определение продолжительностей выполнения работ (расчетные методы, экспертные оценки, оценка по аналогам, имитационное статистическое моделирование с использованием метода Монте-Карло);

- определение расписаний (календарного графика) работ проекта методом критического пути (МКП): план ранних сроков, план поздних сроков, определение резервов (частный\свободный, общий\полный) работ проекта и критического пути проекта;

- определение и анализ графиков потребности проекта по временным и ресурсным критериям с использованием эвристических методов («сглаживание», «калибровка», «сжатие» и др.);
- согласование и утверждение календарных планов;
- разработка и утверждение плана управления проектом по временным параметрам.

3. Организация и контроль выполнения проекта по временным параметрам:

- организация контроля выполнения работ проекта (метод простого контроля, метод детального контроля, контроль по вехам);
- учет выполненных работ проекта (формы учета);
- формирование отчетности о ходе выполнения работ проекта (информационная система, виды и формы отчетности);
- ведение баз данных и архива версий расписаний проекта.

4. Анализ и регулирование проекта по временным параметрам:

- выявление и анализ отклонений от базового расписания выполнения работ (метод освоенного объема);
- определение негативных факторов, влияющих на сроки выполнения работ;
- определение необходимых корректирующих воздействий;
- прогнозирование хода выполнения работ по осуществлению проекта с учетом корректирующих воздействий;
- согласование и получение разрешения на внесение необходимых изменений в расписание работ проекта;
- корректировка расписания работ проекта с учетом внесенных изменений;
- утверждение модифицированного календарного плана (расписания работ) проекта;
- анализ и документирование внесенных изменений.

5. Закрытие управления проектом по временным параметрам:
 - анализ результатов и опыта управления проектом по временным параметрам (исполнительный (фактический) календарный план, график работ);
 - составление заключительного отчета;
 - формирование архива;
 - ретроспективный анализ и документирование усвоенных уроков.

Управление стоимостью и финансированием проекта

Управление стоимостью и финансированием проекта – раздел управления проектами, включающий задачи и процедуры для обеспечения полного, своевременного финансирования проекта и контроля расходов с целью исполнения проекта в рамках одобренного бюджета.

Управление финансированием – это ответственность за своевременное и рациональное предоставление необходимых средств для осуществления проекта.

Процесс управления стоимостью и финансированием проекта включает следующие стадии:

1. Инициация (концепция) управления проектом по стоимостным параметрам:
 - выработка стратегии управления стоимостью и финансами проекта (определение целей и задач, критериев успеха и неудач, ограничений и допущений);
 - проведение экономического анализа и обоснования проекта (проведение маркетинга, оценка стоимости и источников финансирования, прогноз выполнения);
 - общая экономическая оценка проекта;
 - разработка укрупненного графика финансирования;
 - определение требований к системе управления стоимостью и финансированием в проекте.

2. Планирование проекта по стоимостным параметрам:

- планирование ресурсов и определение их количества, необходимого для успешного выполнения проекта (расчетные методы, экспертные оценки потребности в ресурсах, графики потребности в ресурсах);
- оценка стоимости проекта (составление смет «снизу вверх» - ресурсный метод, базисно-компенсационный метод и др., составление смет «сверху вниз», экспертные оценки и р.);
- формирование бюджета проекта (методы календарного планирования, методы составления смет);
- разработка плана финансирования, который должен соответствовать сформированному бюджету проекта;
- разработка плана управления стоимостью в проекте.

3. Организация и контроль выполнения проекта по стоимостным параметрам:

- распределение функциональных обязанностей и ответственности в соответствии с планом управления стоимостью и финансированием в проекте;
- введение в действие системы управления стоимостью и финансированием в проекте;
- учет фактических затрат в проекте (система контроля стоимости проекта, текущий аудит, методы регистрации и представления фактических данных о затратах в проекте);
- формирование отчетности о состоянии стоимости и финансирования проекта.

4. Анализ состояния и регулирование проекта по стоимостным параметрам:

- текущий аудит состояния проекта по стоимости и финансам;
- определение степени выполнения проекта по стоимостным показателям (метод освоенного объема);

- анализ отклонений стоимости выполненных работ от сметы и бюджета;
 - анализ различных факторов, влияющих на позитивные и негативные отклонения от сметы и бюджета;
 - подготовка и анализ корректирующих воздействий;
 - прогнозирование состояния выполнения работ проекта по стоимости с учетом предлагаемых корректирующих действий;
 - принятие решений о регулирующих воздействиях.
5. Закрытие управления проектом по стоимостным параметрам:
- экономический анализ и оценка результатов проекта;
 - разрешение претензий и конфликтов;
 - подготовка исполнительной сметы и финансового отчета;
 - окончательные расчеты и закрытие финансирования;
 - формирование архива исполнительных документов по управлению стоимостью;
 - фиксация усвоенных уроков по управлению стоимостью и финансированием.

Управление качеством в проекте

Управление качеством в проекте – раздел управления проектами, включающий задачи и процедуры, необходимые для обеспечения качества управления проектом и получаемых результатов (продуктов и\или услуг).

Качество проекта – это степень соответствия совокупности его характеристик требованиям заказчика и других ключевых участников проекта.

Управление качеством осуществляется на протяжении всех фаз жизненного цикла проекта и охватывает все его стороны и элементы, в том числе:

- проектные, организационные и управленческие решения;
- используемые материалы, оборудование, сырье и др.;
- качество выполняемых работ при реализации проекта;

- качество полученных результатов проекта (продукты проекта, оказываемые услуги).

Создание и поддержание качества процессов и продуктов в ходе выполнения проекта требует систематического подхода. Такой подход должен гарантировать, что:

- заявленные потребности заказчика поняты и удовлетворены;
- оценены потребности других ключевых участников проекта;
- система управления качеством в проекте регламентируется политикой родительской (постоянной) организации в области качества.

Управление качеством проекта возлагается на менеджеров проекта. Управление качеством основывается на участии всех членов проектной команды, которым следует относиться к качеству как к фундаменту проекта. Долгосрочное соответствие потребности заказчика обеспечивает долгосрочную успешность проекта.

Процесс управления качеством в проекте включает следующие стадии:

1. Инициация (концепция) управления качеством в проекте:
 - определение целей и задач управления качеством;
 - формирование общих требований и принципов обеспечения качества (стандарты, нормативные документы, правила и др.);
 - формирование требований к системе управления качеством;
 - определение ограничений и допущений при управлении качеством;
 - разработка стратегии управления качеством.
2. Планирование управления качеством в проекте:
 - уточнение целей и задач управления качеством;
 - уточнение стратегии управления качеством;
 - уточнение ограничений и допущений при управлении качеством;
 - определение перечня и описание объектов контроля качества в проекте:
 - объектов и процессов управления в проекте;

- результатов (продуктов\услуг);

- определение критериев оценки качества объектов контроля в программе\проекте на основе стандартов (международных, государственных, отраслевых, корпоративных) и нормативных документов;

- разработка процедур управления качеством;

- определение методов и средств оценки качества (анализ выгод\затрат, сравнительный анализ, причинно-следственная диаграмма);

- разработка организационной структуры управления качеством;

- разработка плана управления качеством;

- рассмотрение и утверждение плана управления качеством.

3. Организация управления и контроль качества в проекте:

- организация управления качеством (регламенты, программные средства);

- проведение контроля качества объектов (контролируемые параметры, средства контроля, временная тарификация);

- сбор фактической информации о качестве в проекте (контрольные карты, гистограммы, метод стратификации, диаграммы разброса (рассеивания));

- формирование отчета для оценки исполнения качества в проекте (формы отчетов).

4. Анализ состояния и регулирование обеспечения качества в проекте:

- проверка соответствия имеющихся результатов качества установленным требованиям;

- анализ состояния и динамики качества в проекте на протяжении его жизненного цикла;

- формирование списка отклонений;

- анализ отклонений по качеству;

- определение альтернативных вариантов корректирующих воздействий по обеспечению качества в проекте;
 - прогнозирование результатов корректирующих действий на качество.
5. Закрытие управления качеством проекта:
- итоговая оценка качества;
 - формирование списка замечаний и претензий по качеству результатов (продуктов\услуг) проекта;
 - разрешение спорных вопросов и конфликтов по качеству результатов (продуктов\услуг) проекта;
 - анализ опыта и составление заключительного отчета по управлению качеством;
 - оформление документации и архива по управлению качеством в проекте.

Управление рисками и возможностями в проекте

Управление рисками и возможностями в проекте – раздел управления проектами, включающий задачи и процедуры для определения в проекте рисков и возможностей, а также разработки и реализации эффективных мер реагирования на них.

Риски и возможности проекта – возникновение событий, которые могут негативно или позитивно воздействовать на достижение целей проекта.

Риск проекта – это возможность возникновения нежелательных событий, которые могут негативно воздействовать на достижение целей проекта.

Управление рисками является постоянным процессом, который осуществляется на всех фазах жизненного цикла проекта, от зарождения идеи до его завершения. Полученный опыт будет ценным для будущих проектов.

Менеджер проекта несет ответственность за выполняемые им профилактические шаги, за опережающие действия со стороны всех членов команды при анализе рисков и возможностей в процессе осуществления проекта.

Риск проекта характеризуется тремя параметрами:

- рисковым событием, оказывающим негативное воздействие на проект;
- вероятностью (ожидаемостью) наступления рискового события;
- влиянием на характеристики проекта.

Процесс управления рисками проекта включает следующие стадии:

1. Инициация (концепция) управления рисками проекта:
 - определение целей управления рисками в проекте.
2. Планирование мер реагирования на рисковые события:
 - уточнение источников рисковых событий;
 - идентификация рисков и качественный анализ рисков (интервьюирование, мозговой штурм, экспертные методы, построение причинно-следственной диаграммы, моделирование, архивная информация);
 - количественный анализ и оценка рисков (экспертные методы, имитационное моделирование, метод Монте-Карло);
 - планирование мероприятий по предотвращению рисков и реагированию на риски.
3. Организация и контроль мер реагирования на рисковые события:
 - организация управления рисками включает:
 - развертывание системы управления рисками в проекте;
 - распределение ответственности при управлении рисками;
 - составление и представление отчетности об управлении рисками.
4. Анализ и регулирование мер по снижению рисков:
 - анализ состояния управления рисками в проекте;
 - дополнительная идентификация и анализ возможных рисковых событий;
 - составление обновленного списка рисков.
5. Закрытие управления рисками в проекте:
 - анализ и обобщение данных по управлению рисками в проекте;

- анализ выполнения плана по управлению рисками;
- подготовка сводного отчета по управлению рисками;
- документирование усвоенных уроков.

6. Пример практического применения.

На кафедре управления строительством ВТГУ был проведен эксперимент по повышению уровня компетентности ППС кафедры. Было взято направление «Менеджмент», включающее 8 дисциплин, которые читают 6 преподавателей. Для оценки уровня компетентности преподавателей создана экспертная комиссия из известных специалистов в области менеджмента (в комиссию были приглашены два внешних эксперта).

Результаты оценок уровня компетентности приведены в табл. 4.6. В таблице плюсами указаны курсы, читаемые преподавателями в существующем учебном плане.

Как нетрудно посчитать, уровень компетентности равен $Y = 18$, что равно 50 % от максимального уровня и соответствует среднему (повышенному) уровню компетентности кафедры.

Для повышения уровня компетентности кафедры преподавателю 5 предложено разработать личный план повышения компетентности до уровня 2 по дисциплинам 5 и 7.

Помимо этого, применена стратегия простых переназначений, описанная в главе IV. Выделены две пары простых переназначений: преподаватели 4, 5, преподаватели 2, 3. В скорректированном учебном плане преподаватель 4 читает курс 1, который ранее читал преподаватель 6, и наоборот, преподаватель 6 читает курс 4, который ранее читал преподаватель 4. Далее преподаватель 2 в новом плане читает курс 2, который ранее читал преподаватель 3, и наоборот, преподаватель 3 читает курс 3, который ранее читал преподаватель 2. Получаем, что в новом плане уровень компетентности составит $Y = 18 + 8 = 26$, или $\approx 72\%$, что соответствует высокому уровню компетентности персонала кафедры.

Таблица 4.6

Оценки уровня компетентности существующего учебного плана

Преподаватель	Наименование дисциплин по направлению 38.03.02 «Менеджмент»							
	Управление конфликтами	Теория статистики	Исследование операций при моделировании социально-экономических систем	Теория менеджмента	Организация, нормирование и оплата труда	Методы принятия управленческих решений	Управление проектами	Эконометрика
	1	2	3	4	5	6	7	8
Преподаватель 1	+2	0	0	+2	1	1	1	0
Преподаватель 2	0	3	+1	1	0	+3	2	3
Преподаватель 3	0	+1	3	0	0	2	2	+1
Преподаватель 4	2	1	0	+1	+2	1	1	0
Преподаватель 5	2	1	0	3	+1	1	+1	0
Преподаватель 6	+1	0	1	2	1	+2	2	0

Перспективы развития системы

Внедрение СУРКО предполагает в первую очередь создание проектного офиса, разработку вузовских требований к компетентности преподавателей по всем основным направлениям учебного процесса (ВТК) и разработку программных продуктов по решению задач оптимизации при реализации стратегий назначения и переназначения.

Внедрение в систему ВГТУ можно рассматривать как пилотный проект, нацеленный на повышение уровня компетентности ППС вуза. В случае профессиональных результатов этот проект можно предложить для тиражирования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные результаты работы заключаются в следующем:

1. Анализ существующего положения показал, что основой конкурентоспособности высшего учебного заведения является его трудовой потенциал, залогом повышения которого является рост компетентности его профессорско-преподавательского состава. К сожалению, современное состояние проблемы не позволяет смоделировать оптимальную траекторию повышения компетентности персонала в рамках существующих для конкретной организации ограничений. В этой связи актуальной будет являться разработка модельного обеспечения процесса оценки и повышения уровня компетентности профессорско-преподавательского состава вуза.

2. Предложен метод комплексной оценки уровня компетентности профессорско-преподавательского состава вуза, отличительной особенностью которого является учет приоритетности подразделений в системе комплексного оценивания.

3. Выполнена модификация ветвей и границ для решения задачи формирования программы повышения уровня компетентности профессорско-преподавательского состава вуза, отличительной особенностью которой является включение в схему ветвления процедуры улучшения оценки снизу, получаемой на основе метода сетевого программирования И. В. Бурковой. Как показали вычислительные эксперименты, такая модификация на порядок уменьшает число ветвлений.

4. Разработан метод формирования программы повышения уровня компетентности с учетом наличия взаимозависимых проектов, в котором предложен новый алгоритм получения максимального парграфа (подграф графа взаимозависимостей проектов, который является паросочетанием).

5. Поставлены задачи управления рисками программы повышения уровня компетентности на основе их качественных оценок. Предложены методы

решения задач с применением стратегий снижения рисков и уклонения от рисков.

6. Предложен эвристический алгоритм задачи формирования календарного плана реализации программы, в основе которого лежит выпуклая линейная комбинация двух правил приоритета проектов (эффективности по времени и эффективности по затратам).

7. Рассмотрены задачи повышения уровня компетентности персонала (ППС) путем распределения учебных курсов по преподавателям по критерию максимизации уровня компетентности института (факультета, кафедры). Для решения задач предложены алгоритмы, основанные на определении потоков максимальной ценности.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Андрейчиков, А.В.** Анализ, синтез, планирование решений в экономике / А.В. Андрейчиков, О.Н. Андрейчикова. - М.: Финансы и статистика, 2000. – 366 с.
2. **Ансофф, И.** Стратегическое управление: пер. с англ. / И. Ансофф. - М.: Экономика, 1989. - 579 с.
3. **Байденко, В.И.** Компетенции: к освоению компетентностного подхода / В.И. Байденко // Лекция в слайдах. Авторская версия. - М.: Исслед. центр проблем качества подготовки специалистов, 2004. – 30 с.
4. **Балашов, В.Г.** Механизмы управления организационными проектами / В.Г. Балашов, А.Ю. Заложнев, А.А. Иващенко, Д.А. Новиков. - М.: ИПУ РАН, 2003. – 84 с.
5. **Балдин, К.В.** Управленческие решения: теория и технологии принятия: учеб. для вузов / К.В. Балдин, С.Н. Воробьев. - М.: Проект, 2004. - 304 с.
6. **Баркалов, С.А.** Диагностика, оценка и реструктуризация строительного предприятия. Бизнес-планирование / С.А. Баркалов, В.Н. Бурков, П.Н. Курочка. – Воронеж: ВГАСА, 2000. - 405 с.
7. **Баркалов, С.А.** Компетентностный подход в управлении персоналом: оценка, обучение, командообразование / С.А. Баркалов, Т.Е. Давыдова, Н.Ю. Калинина, В.Б. Курносов. – Воронеж: Научная книга, 2010. – 184 с.
8. **Баркалов, С.А.** Математические методы и модели в управлении и их реализация в MS Excel / С.А. Баркалов, С.И. Моисеев, В.Л. Порядина. – Воронеж: Воронежский ГАСУ, 2015. - 265 с.
9. **Баркалов, С.А.** Модель оценивания привлекательности альтернатив в подходе Раш-анализа / С.А. Баркалов, Ю.В. Киреев, В.С. Кобелев, С.И. Моисеев // Системы управления и информационные технологии. - 2014. - Т. 57, № 3.2. - С. 209-213.
10. **Белинская, М.Н.** Факторы оценки конкурентоспособности государственных вузов / М.Н. Белинская // Вестник СамГУ. - 2013. - № 1 (102). - С. 20-26.

11. **Белицкая, Г.Э.** Социальная компетенция личности / Г.Э. Белицкая // Сознание личности в кризисном обществе. - М., 1995. - С. 42-57.
12. **Белов, А.** Прогноз долгосрочной конкурентной позиции компании как основа принятия стратегических решений [Электронный ресурс] / А. Белов. – Режим доступа: <http://www.altrc.ru/common/art20.shtml>.
13. **Болотов, В.А.** Компетентностная модель: от идеи к образовательной программе / В.А. Болотов, В.В. Сериков // Педагогика. - 2003. - № 10. – С. 51-55.
14. **Большакова, З.М.** Компетенции и компетентность / З.М. Большакова, Н.Н. Тулькибаева // Вестник Южно-Уральского ГУ. Сер.: Образование. Педагогические науки. – 2009. - № 24 (157). - 80 с.
15. **Булянда, А. А.** Моделирование системы управления квалификационным уровнем персонала предприятия в рыночной экономике / А. А. Булянда, А. П. Колониари, Ю. Г. Лысенко и др. – Донецк, 1998. - 43 с.
16. **Бурков, В.Н.** Задачи дихотомической оптимизации / В.Н. Бурков, И.В. Буркова. - М.: Радио и связь, 2003. – 156 с.
17. **Бурков, В.Н.** Теория графов в управлении организационными системами / В.Н. Бурков, А.Ю. Заложнев, Д.А. Новиков. – М.: СИНТЕГ, 2001. – 265 с.
18. **Буркова, И. В.** Метод сетевого программирования в задачах нелинейной оптимизации / И.В. Буркова // Автоматика и телемеханика. – 2009. - № 10. – С. 15–21.
19. **Васильев, Д.К.** Типовые решения в управлении проектами / Д.К. Васильев, А.Ю. Заложнев, Д.А. Новиков, А.В. Цветков. - М.: ИПУ РАН, 2003. – 74 с.
20. **Галинская, Е.В.** Разработка моделей управления развитием персонала: дис. ... канд. тех. наук: 05.13.10 / Галинская Евгения Викторовна. - Воронеж: ВГАСУ, 2007. - 142 с.
21. Глоссарий терминов рынка труда, разработки стандартов образовательных программ и учебных планов. - Европейский фонд образования.

ЕФО, 1997. – 160 с.

22. **Глухов, В.В.** Экономика знаний / В.В. Глухов, С.Б. Коробко, Т.В. Маринина. – СПб: Питер, 2003. – 528 с.

23. **Голкина, В. А.** Управление качеством продукции на основе формирования компетенций персонала в системе дополнительного профессионального образования: дис. ... канд. тех. наук: 05.02.23 / Голкина Виктория Александровна. – Рыбинск, 2007. – 228 с.

24. **Горский, П.** Оценка персонала. Математический инструментарий [Электронный ресурс] / П. Горский. - Режим доступа: <http://gorskiy.ru>.

25. **Громкова, М.Т.** Психология и педагогика профессиональной деятельности / М. Т. Громкова. - М.: Юнити-Дана, 2003. – 15 с.

26. Доклад международной комиссии по образованию, представленный ЮНЕСКО, «Образование: сокрытое сокровище». - М.: ЮНЕСКО, 1996. - 31с.

27. **Дука, Б.** Выбор будущего, или между заводом и компанией / Б. Дука // Экономические стратегии. – 2001. - №3. - С. 70-79.

28. **Дульзон, А. А.** Модель компетенций преподавателя вуза / А. А. Дульзон, О. М. Васильева // Университетское управление: практика и анализ. - 2009. - № 2. - С. 29-37.

29. **Ермаков, Н.С.** Модели репутации и норм деятельности / Н.С. Ермаков, А.А. Иващенко, Д.А. Новиков. - М.: ИПУ РАН, 2005. – 67 с.

30. **Ефремова, Н.Ф.** Компетенции в образовании: формирование и оценивание / Н.Ф. Ефремова. – М.: Национальное образование, 2012. – 24 с.

31. **Зеер, Э.Ф.** Личностно-ориентированное профессиональное образование / Э.Ф. Зеер. - Екатеринбург: Изд-во РГППУ, 1998. – 126 с.

32. **Зеер, Э.Ф.** Модернизация профессионального образования: компетентностный подход: учеб. пособие для студентов, обучающихся по специальности 03.05.00 / Э. Ф. Зеер, А. М. Павлова, Э. Э. Сыманюк. – М.: Изд-во Московского психолого-социального ин-та, 2005. - 215 с.

33. **Зимняя И.А.** Общая культура и социально-профессиональная ком-

петентность человека / И.А. Зимняя // Высшее образование сегодня. – 2005. - № 11. - с. 14-20.

34. **Зимняя, И.А.** Интегративный подход к оценке единой социально-профессиональной компетентности выпускников вузов / И.А. Зимняя, Е.В. Земцова // Высшее образование сегодня. – 2008. - № 5. - С. 14-19.

35. **Иванова, С.В.** Искусство подбора персонала: как оценить человека за час/ С.В. Иванова. - М.: Альпина Бизнес Букс, 2006. - 160 с.

36. **Иващенко, А.А.** Механизмы финансирования инновационного развития фирмы / А.А. Иващенко, Д.В. Колобов, Д.А. Новиков. - М.: ИПУ РАН, 2005. – 66 с.

37. **Ириков, В.А.** Целостная система государственно-частного управления инновационным развитием как средство удвоения темпов выхода России из кризиса и посткризисного роста / В.А. Ириков, Д.А. Новиков, В.Н. Тренёв. – М: ИПУ РАН, 2009, – 228 с.

38. История компетенции: по материалам Манчестерской и Лонкоширской школ бизнеса. - Волгоград: Валгу, 2004. - С. 14-17.

39. **Калинина, Н.Ю.** Методы и модели формирования и функционирования команд управления проектами: дис. ... канд. тех. наук: 05.13.10 / Калинина Наталия Юрьевна. – М., 2009. – 220 с.

40. **Кай, Ж.** Foundations of Coiporate Success / J. Kay. - Oxford: Oxford University Press, 1993. – 416 p.

41. **Кибанов, А.Я.** Основы управления персоналом / А.Я. Кибанов. - М.: Инфра-М, 2003. - 304 с.

42. Компетентностный подход в педагогическом образовании / под ред. В. А. Козырева, Н. Ф. Радионовой, А. П. Тряпицыной.- СПб, 2005. -251 с.

43. **Кочеткова, А.И.** Психологические основы современного управления персоналом / А.И.Кочеткова. - М.: Зерцало, 1999. – 373 с.

44. **Кузьмина, Н.В.** Профессионализм педагогической деятельности / Н.В. Кузьмина, А.А. Реан. - СПб: Питер-Пресс, 1993. - 54 с.

45. **Кэмпбел, Д.** Стратегический менеджмент: учебник / Дэвид Кэмпбел,

Бил Хьюстон; пер. с англ. Н.И. Алмазовой. - М.: ООО «Издательство Проспект», 2003. - 330 с.

46. **Ларичев, О.И.** Теория и методы принятия решений / О.И. Ларичев.- М.: Логос, 2002. – 296 с.

47. **Макарычев, Д.В.** Качество образования как главный фактор конкурентоспособности вуза / Д.В. Макарычев // Известия Самарского научного центра РАН. – 2006. - Т. 8, № 4. - С. 973-977.

48. Макет федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования подготовки магистра [Электронный ресурс] / Минобрнауки РФ.– М: Минобрнауки РФ, 2008. - Режим доступа: <http://www.edu.ru/db/portal/spe/3v/220207m.htm>.

49. **Маркова, А.К.** Психология профессионализма / А. К. Маркова. - М.: Междунар. гуманитар. фонд «Знание», 1996. - 308 с.

50. **Маслак, А.А.** Модель Раша оценки латентных переменных и ее свойства / А.А. Маслак, С.И. Моисеев. – Воронеж: НПЦ «Научная книга», 2016. – 177 с.

51. **Маурик, Дж.** Эффективный стратег: пер. с англ. / Джон ван Маурик. - М.: ИНФРА-М, 2002. - 208 с.

52. Модели управления персоналом корпораций / В.С. Пономаренко, А.И. Пушкарь, Ле Ван Шон и др. - Харьков: ХГЭУ, 1997. - 232 с.

53. **Моисеев, С.И.** Методы принятия оптимальных решений: учеб. пособие / С.И. Моисеев, А.А. Зайцев. - Воронеж: АОНО ВО «Институт менеджмента, маркетинга и финансов», 2016. - 144 с.

54. **Моисеев, С.И.** Методы принятия решений, основанные на модели Раша оценки латентных переменных / С.И. Моисеев, А. Ю. Зенин // Экономика и менеджмент систем управления. – 2015. - № 2.3 (16). - С. 368-375.

55. **Моисеев, С.И.** Модель Раша оценки латентных переменных, основанная на методе наименьших квадратов / С.И. Моисеев // Экономика и менеджмент систем управления. – 2015. - № 2.1 (16). - С. 166-172.

56. **Молодчик, А.В.** Менеджмент: стратегия, структура, персонал:

учеб. пособие / А.В. Молодчик. - М.: Изд-во Высшей школы экономики, 1997. - 207 с.

57. **Насонова, Т. В.** Математические модели в технологии разработки систем управления развитием / В.Н. Бурков, Т.В. Насонова, С.А. Баркалов, Т.В. Мещерякова // Экономика и менеджмент систем управления. – 2017. – №4(26). – с. 61 – 70.

58. **Насонова, Т. В.** Управление программными рисками на основе качественных оценок их характеристик / Р.А. Агзямов, В.Н. Бурков, В.Г. Борковская, Т.В. Насонова // Экономика и менеджмент систем управления. – 2017. – №4(26). – с. 42 – 49.

59. **Насонова, Т.В.** Задачи назначения в управлении персоналом / Т.В. Насонова // Экономика и менеджмент систем управления. - 2017. - № 3 (25). - С. 70-68.

60. **Насонова, Т.В.** Задачи повышения уровня компетентности персонала организации / С.А. Баркалов, Н.Ю. Калинина, Т.В. Насонова // Экономика и менеджмент систем управления. – 2017. - № 3.1 (25). - С. 110-116.

61. **Насонова, Т.В.** Инновационный менеджмент в структурных схемах: учеб. пособие / Т.А. Аверина, С.А. Баркалов, Т.В. Насонова. – Воронеж: Воронежский ГАСУ, 2016. – 167 с.

62. **Насонова, Т.В.** Исследование математических основ рационализации планирования работ, ведущихся инжиниринговой организацией по созданию объектов / С.А. Баркалов, О.Я. Кравец, П.Н. Курочка, Т.В. Насонова, А.И. Половинкина // Системы управления и информационные технологии. – 2017. - № 1 (67). - С. 25-29.

63. **Насонова, Т.В.** Модели управления объектами недвижимости с учетом самофинансирования и риска / С.А. Баркалов, Т.В. Насонова, Т.Б. Харитоновна // Научный журнал строительства и архитектуры. – 2017. - № 1 (45). – С. 71 – 83.

64. **Насонова, Т.В.** Модель оценивания профессиональной пригодности работников, основанная на теории латентных переменных / С.А. Барка-

лов, Н.Ю. Калинина, С.И. Моисеев, Т.В. Насонова // Экономика и менеджмент систем управления. – 2017. - № 1.1 (23). - С. 140-149.

65. **Насонова, Т.В.** Проект модульной оболочки системы поддержки принятия инвестиционных решений / О.В. Долгих, В.А. Забабурина, Т.В. Насонова, И.В. Щедрина // Студенческий научный вестник Воронежского ГАСУ. Сер.: Управление в социально-экономических системах. – 2012. - №3. – С. 44-47.

66. **Насонова, Т.В.** Теоретические основы перераспределения ресурсов при параллельной разработке / С.А. Баркалов, О.Я. Кравец, П.Н. Курочка, А.И. Половинкина // Информационные технологии моделирования и управления. – 2017. - Т. 1, № 103. – С. 36-44.

67. **Насонова, Т.В.** Управление проектами: путь к успеху: учебно-методический комплекс / С.А. Баркалов, Е.В. Баутина, О.Н. Бекирова, И.В. Буркова, Т.В. Насонова. - Воронеж: ООО «Издательство РИТМ», 2017. – 415 с.

68. **Новиков, А.М.** Образовательный проект / А.М. Новиков, Д.А. Новиков. - М.: Эгвес, 2004. – 120 с.

69. **Новиков, Д. А.** Модели и механизмы управления образовательными сетями и комплексами / Д.А. Новиков, Н.П. Глотова. - М.: Институт управления образованием РАО, 2004. – 142 с.

70. **Новиков, Д.А.** Модели и механизмы управления научными проектами в вузах / Д.А. Новиков, А.Л. Суханов. - М.: Институт управления образованием РАО, 2005. – 80 с.

71. **Новиков, Д.А.** Модели и механизмы управления развитием региональных образовательных систем / Д.А. Новиков. - М.: ИПУ РАН, 2001. – 83 с.

72. **Одегов, Ю.Г.** Оценка эффективности работы с персоналом: методологический подход: учеб.-практ. пособие / Ю.Г. Одегов, К.Х. Абдурахманов, Л.Р. Котова; под ред. Кибанова А.Я. - М.: Альфа-Пресс, 2011. - 752 с.

73. **Паркинсон, М.** Использование психологии в бизнесе / М. Паркинсон. - М.: НИРРО, 2003. - 252 с.

74. Проектирование основных образовательных программ, реализую-

щих федеральные государственные образовательные стандарты высшего профессионального образования : Методические рекомендации для руководителей и актива учебно-методических объединений вузов / Науч. ред. д-ра техн. наук, профессора Н.А. Селезневой. – М.: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, Координационный совет учебно-методических объединений и научно-методических советов высшей школы, 2009. - 84 с.

75. **Равен, Джон.** Компетентность в современном обществе: выявление, развитие и реализация: пер. с англ. / Джон Равен. - М.: Когито-Центр, 2002. – 394 с.

76. **Реймаров, Г.А.** Опыт оценки персонала с использованием системно-аналитического подхода / Г.А. Реймаров, Р.А. Грицук // Управление персоналом. - 2005. - № 4. - С. 30-36.

77. **Сад дин Алхарири Абд Алкарим** Управление продолжительностью информационного проекта / Сад дин Алхарири Абд Алкарим, П.Н. Курочка, П.В. Михин // Вестник ВГТУ. – 2006. - № 5, Т. 2. - С. 84 – 94.

78. **Селевко, Г. К.** Педагогические компетенции и компетентность / Г.К. Селевко // Сельская школа: рос. пед. журн. - 2004. - № 3. - С. 29–32.

79. Системный анализ и его приложения: учеб. пособие / под ред. В.Н. Буркова. - Воронеж: Научная книга, 2008. - 439 с.

80. **Сластенин В.А.** Педагогика: Учеб. пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений / В. А. Сластенин, И. Ф. Исаев, Е. Н. Шиянов. - М.: Издательский центр «Академия», 2002. - 576 с.

81. Совет Европы: симпозиум по теме «Ключевые компетенции для Европы». Док. DESC/SC/Sec (96) 43. –Берн, 1996. – 43 с.

82. **Спенсер, Л.М.** Компетенции на работе / Л.М. Спенсер, С.М. Спенсер. - М.: НИРО, 2005. - 384 с.

83. Стратегический менеджмент [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://big.spb.m/publications/glossaiy/parti_strategmeng.shtml.

84. Стратегическое управление персоналом / В. Н. Андриенко, Т. Ю.

Беликова, В. А. Голтвенко, Ю. Г. Лысенко, К. Н. Маншилин, А. И. Пушкарь, Р. В. Прокопенко, В. П. Стасюк; под ред. Ю.Г. Лысенко. - 2-е изд., перераб. и доп. - Донецк: ООО «Юго-Восток, Лтд», 2005. - 202 с.

85. Стратегическое управление персоналом / Лысенко Ю.Г. [и др.]. – Донецк: ООО «Юго-Восток, Лтд», 2008. – 202 с.

86. **Сумина, Е. В.** Формирование и развитие ключевых компетенций промышленного предприятия: дис. ... канд. экон. наук / Е. В. Сумина. - Красноярск, 2005. - 163 с.

87. **Татур, Ю. Г.** Образовательный процесс в вузе. Методология и опыт проектирования: учеб. пособие для системы подготовки и повышения квалификации преподавателей / Ю. Г. Татур. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2009. - 262 с.

88. **Татур, Ю.Г.** Компетентностный подход в описании результатов и проектировании стандартов высшего профессионального образования: материалы ко 2-му заседанию методолог. семинара / Ю. Г. Татур. - М.: [Исслед. центр проблем качества подготовки специалистов], 2004. - 16 с.

89. **Тришина, С.В.** Информационная компетентность специалиста в системе дополнительного профессионального образования [Электронный ресурс] / С.В. Тришина, А.В. Хуторской // Интернет-журнал «Эйдос». – 2004. – Режим доступа: <http://eidos.ru/journal/2004/0622-09.htm>.

90. **Уиддет, С.** Руководство по компетенциям / Стив Уиддет, Сара Холлифорд; пер. с англ. Н. Друговейко. - 3-е изд. - М.: Изд-во ГИППО, 2008. - 228 с.

91. Управление персоналом: теория и практика. Компетентностный подход в управлении персоналом: учеб.-практ. пособие / под ред. А. Я. Кибанова. - М.: Проспект, 2012. – 72 с.

92. **Хамел, Г.** Конкурируя за будущее. Создание рынков завтрашнего дня / Г. Хамел, К.К. Прахалад. — М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2002. - 288 с.

93. **Хентце, Й.** Теория управления кадрами в рыночной экономике: пер. с нем. / Й. Хентце, Й. Метцнер. - М.: Междунар. отношения. - 664 с.

94. **Хуторской, А.В.** Ключевые компетенции и образовательные стандарты [Электронный ресурс] / А.В. Хуторской // Интернет-журнал «Эйдос». – 2002. – Режим доступа: <http://eidos.ru/journal/2002/0423.htm>.

95. **Чуланова, О.Л.** Кометентностный подход в работе с персоналом: теория, методология, практика / О.Л. Чуланова. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2016. – 2922 с.

96. Экономика и время: информ.-аналит. журнал [Электронный ресурс]. — 2001. - № 45 (328). — Режим доступа: <http://www.et.dux.m/2001/ai1s/et-382-ai1-36.html>.

97. **Andrews, K.** The Concept of Coiporate Strategy / K. Andrews. - Ii-win, Homewood, Illinois, 1971. - 245 p.

98. **Andrich, D.** Rasch Models for Development / D. Andrich. – London: Sage Publications, inc., 1988. – 94 p.

99. **Caldwell, D.F.** Measuring person-job fit with a profile-comparison process / D.F. Caldwell, C.A. O'Reilly // Journal of Applied Psychology. - 1990. - Vol. 75 (6). - P. 648-657.

100. Competency-Based Teacher Education: Progress, Problems and Prospects/ Ed. By W.R. Houston, R.B. Howsam. - Chicago: Science Research Association, 1972. - Vol. X. - 182 p.

101. **Francoise, Delamare le Deist.** Human Resource Development International [Электронный ресурс] / Francoise Delamare le Deist, Jonathan Winterton. – 2005. - Vol. 8, No. 1. – Режим доступа: <http://www.hr-portal.ru>
<http://www.altrc.m/common/ait40.shtml>.

102. **Hutmacher, Walo.** Key competencies for Europe / Walo Hutmacher // Report of the Symposium Berne, Switzezland, 27-30 March, 1996. - Switzezland, 1997.

103. **Prahalad, C.K.** The core competence of the corporation / C.K. Prahalad , G. Hamel // Harvard Business Review. - 1990.

104. **Rasch, G.** Probabilistic Models for Some Intelligence and Attainment Tests / G. Rasch. - Copenhagen, Denmark: Danish Institute for Educational Re-

search, 1960. - 160 p.

105. **White, R. W.** Motivation Reconsidered: The Concept of Competence /
R. W. White // Psychological Review. - 1959. - № 66. - P. 297-333.