Министерство образования и науки Российской Федерации

Владивостокский государственный университет
экономики и сервиса

А.Я. ЧЕН
К.С. СОЛОДУХИН
В.О. МОРОЗОВ

МЕТОДЫ И ИНСТРУМЕНТЫ ФОРМАЛИЗАЦИИ СТРАТЕГИЧЕСКОЙ КАРТЫ ЦЕЛЕЙ УНИВЕРСИТЕТА

Монография

Владивосток
Издательство ВГУЭС
2015

УДК 37.07+65.01
ББК 65.291.21
Ч60

Рецензенты: *С.Г. Фалько*, д-р экон. наук, профессор, зав. кафедрой экономики и организации производства МГТУ им. Н.Э. Баумана, исп. директор НП «Объединение контроллеров», гл. ред. журналов «Контроллинг» и «Инновации в менеджменте»;
И.Г. Лазарев, канд. экон. наук, проректор по стратегическому развитию ВГУЭС

Чен, А.Я.
Ч60 МЕТОДЫ И ИНСТРУМЕНТЫ ФОРМАЛИЗАЦИИ СТРАТЕГИЧЕСКОЙ КАРТЫ ЦЕЛЕЙ УНИВЕРСИТЕТА [Текст]: монография / А.Я. Чен, К.С. Солодухин, В.О. Морозов. – Владивосток : Изд-во ВГУЭС, 2015. – 116 с.

ISBN 978-5-9736-0312-0

Монография посвящена проблеме формализации стратегий вузов. Процесс формализации стратегии рассматривается как процесс разработки стратегической карты целей, включая определение не только причинно-следственных, но и функциональных зависимостей между ее элементами (целями, показателями, мероприятиями), без которых проблематично увязать достижение стратегических целей с затраченными ресурсами и изменением текущей экономической эффективности. Представлен инструментарий, позволяющий существенно повысить эффективность операционализации (процесса принятий решений и определения требуемых ресурсов) и реализации стратегий.

Представляет интерес для руководителей и администраторов всех уровней в системе высшей школы, научных работников, преподавателей и студентов экономических специальностей, а также исследователей стратегического управления.

УДК 37.07+65.01
ББК 65.291.21

ISBN 978-5-9736-0312-0

ВВЕДЕНИЕ

Формализация стратегии в настоящее время остается наименее изученным этапом процесса стратегического управления вузом. В значительной степени именно с этим связаны проблемы, возникающие при реализации даже самых «качественных» стратегий. В результате очень немногим вузам, использующим в своей деятельности методы стратегического управления, удается добиться значительных результатов.

Формализация стратегии обычно осуществляется на основе стратегической карты целей. Существует огромное количество работ, посвященных проблемам построения стратегических карт целей в вузах (особенно в рамках концепции «Системы сбалансированных показателей»). Вместе с тем практически отсутствуют исследования, посвященные формализации карты целей: установлению функциональных (а не только причинно-следственных) зависимостей между её элементами (целями, показателями, мероприятиями), без чего проблематично увязать достижение стратегических целей с затраченными ресурсами и изменением текущей экономической эффективности. Недостаточная степень формализации карты целей препятствует и объективной оценке экономической эффективности принимаемой стратегии, и решению задачи оптимального использования имеющихся ресурсов для реализации стратегии (что может стать основанием для корректировки или пересмотра стратегии), и оперативному управлению реализацией стратегии.

Для нахождения функциональных зависимостей между элементами стратегической карты целей могут быть использованы методы свертывания локальных критериев в единый функционал (интегральный критерий). В то же время большинство известных методов свертки критериев с точки зрения поставленной задачи обладают существенными недостатками, значительно ограничивающими их применение. Наиболее подходящим из известных методов является метод квазиаддитивной свертки, основанный на построении многокритериальной функции полезности, к которой предъявляются некоторые специфические требования. Однако и этот метод имеет существенное ограничение: должна выполнятся независимость (по крайней мере, односторонняя) по полезности локальных критериев. При этом на практике обычно приходится иметь дело с взаимозависимыми критериями.

Американскими исследователями Кини Р.Л. и Райфой Х. были предложены некоторые способы построения функций полезности при взаимозависимых критериях, которые, однако, крайне сложны для практического применения. В других работах (М.И. Гарина, Т.Т. Зангиев, Ю.А. Ишемгулова, И.Т. Ли, О.Н. Мызников, Е.В. Назаров, В.С. Симанков, О.В. Соколовская, Т.А. Осечкин, Ю.А. Шеховцова, Dacey R., David Feeny, William Furlong, George W. Torrance, Charles H. Goldsmith, Zenglong Zhu, Sonja DePauw, Margaret Denton, Mickael Bolyel и др.), в которых на основе функций полезности решаются самые различные задачи, используются либо однокритериальные функции полезности, либо функции полезности, критерии которых независимы по полезности.

Таким образом, решение задачи формализации стратегии требует разработки новых методов нахождения функциональных зависимостей между элементами стратегической карты целей. Разработке таких методов и инструментов посвящена настоящая монография.

Монография состоит из трех глав.

В первой главе «Теоретические аспекты формализации стратегии вуза» рассмотрены основные этапы процесса стратегического управления в организации. Определены место и роль формализации стратегии в этом процессе. Показано, что формализация стратегии остается наименее изученным и наиболее проблемным этапом, что существенным образом отражается на операционализации и реализации стратегии. Процесс формализации стратегии рассматривается как процесс разработки стратегической карты целей, включая определение не только причинно-следственных, но и функциональных зависимостей между её элементами (целями, показателями, мероприятиями). Рассмотрены известные методы свертывания локальных критериев в единый функционал, в том числе методы, основанные на построении многокритериальной функции полезности, которые могут быть использованы для нахождения функциональных зависимостей между элементами стратегии. Показано, что эти методы обладают недостатками, значительно ограничивающими их применение. Рассмотрены различные методы получения информации в процессе разработки и формализации стратегии. Выявлена особая роль экспертных методов, связанная с высокой степенью уникальности разрабатываемых стратегий и невозможностью построения функций полезности без экспертных оценок. Обоснована необходимость разработки новых методов нахождения функциональных зависимостей между элементами стратегии, в том числе особых (адаптивных) методов экспертного опроса для построения многокритериальных функций полезности при взаимозависимых критериях.

Во второй главе «Методическое обеспечение формализации стратегии организации на основе карты целей» описан метод построения аналитической функции полезности, предложенный Р.Л. Кини и Х. Райфой для случая одного или нескольких независимых по полезности критериев. Описан адаптированный для экспертного опроса метод лотерей фон Неймана. Предложен метод построения функциональной зависимости уровня достижения стратегической цели от значений описывающих её показателей при двух взаимозависимых показателях. Данный метод обобщен для любого количества показателей цели при произвольном характере отношений между ними, который, в свою очередь, модифицирован для определения влияния набора стратегических мероприятий на показатели карты целей. Разработан адаптивный метод экспертного опроса, отличительной особенностью которого является формирование вопросов сравнительного характера для облегчения задачи экспертов и получения более точных оценок.

В третьей главе «Практическая апробация методического обеспечения формализации стратегии вуза» приведен пример использования метода определения функции зависимости уровня достижения стратегической цели вуза от значения одного показателя, продемонстрированы: нахождение детерминированных эквивалентов лотерей, процедура опроса в виде диалога с экспертом и подбор аналитической функции на основе результатов экспертного опроса. Апробирован метод нахождения функции уровня достижения цели от значений двух показателей для случая независимых и взаимозависимых показателей, продемонстрированы: процедура определения независимости по полезности, нахождение шкалирующих констант и построение функции уровня достижения цели, основанное на адаптивном экспертном опросе. Апробирован метод нахождения функции уровня достижения цели от значений нескольких показателей: описан декомпозиционный метод, показана его сложность, представлены процедура построения функции на основе адаптивного экспертного опроса и пример определения влияния набора мероприятий на показатель стратегической цели. Апробированы некоторые многокритериальные модели поддержки принятия стратегических решений в вузе, требующие предварительного определения функциональных зависимостей между элементами стратегической карты целей.

В качестве практических примеров в монографии также частично приведены итоги апробации полученных результатов во Владивостокском государственном университете экономики и сервиса (ВГУЭС) – одном из первых (и до сих пор немногих) российских вузов, в котором стратегическое управление осуществляется на регулярной основе с получением видимых результатов, представленных вузовскому сообществу в многочисленных статьях и коллективных монографиях.

Глава 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ФОРМАЛИЗАЦИИ СТРАТЕГИИ ВУЗА

1.1. Формализация стратегии в системе стратегического управления организацией

В настоящее время во многих российских и иностранных вузах накоплен значительный теоретический и практический опыт использования стратегического управления. Сегодня стратегическое управление уже стало устоявшейся нормой, «законом жанра» вузов, стремящихся занять лидирующие позиции на рынке образовательных услуг [38]. Вопросы, посвященные тематике стратегического управления в вузах, отражены в работах многих российских исследователей [1].

Большинство ученых в своих работах условно разделяют процесс стратегического управления на 3 этапа: стратегический анализ организации, разработка стратегии и её реализация стратегии [7, 12, 55]. На рисунке 1 представлена схема процесса стратегического управления.

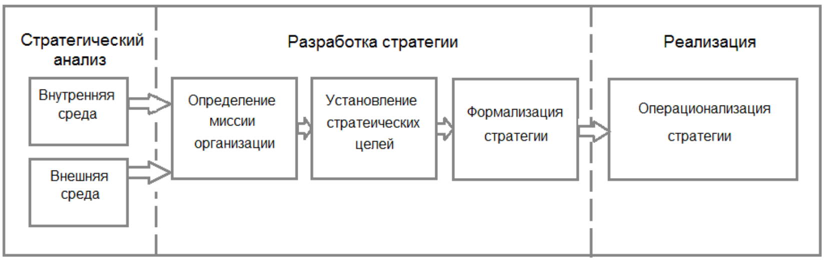


Рис. 1. Схема процесса стратегического управления

Стратегический анализ условно считается первым этапом процесса стратегического управления, так как он является информационной базой для последующих этапов процесса стратегического управления. На каждом этапе стратегического управления стратегический анализ выполняет определенные функции (задачи). Полученная при решении данных задач информация позволяет частично снять неопределенность при принятии стратегических решений и, таким образом, способствует их большей эффективности. От качества проведенного стратегического анализа будет зависеть эффективность разработанной и реализуемой стратегии [84]. Традиционно стратегический анализ рассматривается как «некоторый комплекс методов и инструментов, применяемых для поддержки принятия стратегических решений» [111. С. 20]. Основной функцией стратегического анализа является информационно-аналитическое обеспечение всего процесса стратегического управления.

Разработка стратегии включает в себя определение миссии организации, установление стратегических целей и формализацию стратегии организации. Миссия организации – это основная общая цель, четко выраженная причина её существования. Система стратегических целей является центральным элементом стратегии любой социально-экономической системы. Система целей – ядро стратегического процесса, который возникает только тогда, когда у организации есть стратегические цели [114]. Во всех самых разнообразных школах и подходах к стратегическому менеджменту формирование и реализация стратегических целей является квинтэссенцией стратегической деятельности [28].

Реализация стратегии включает в себя операционализацию и выполнение решений.

Вопросам, охватывающим первые два этапа (стратегический анализ и разработка стратегии организации, в том числе вуза), посвящено достаточно много работ. В частности, накоплен огромный опыт использования методов стратегического управления в таких вузах, как МГТУ «Станкин», НИУ ВШЭ, СПбГУ, СПбГТУ, ЛЭТИ, ТомПУ, ЮРГТУ, УрФУ, Волгоградский, Кабардино-Балкарский, Мордовский, Новгородский, Нижегородский, Оренбургский и Пермский государственные университеты. В качестве одного из университетов, наиболее успешно использующего в своей деятельности методы стратегического управления, можно выделить Владивостокский государственный университет экономики и сервиса (ВГУЭС). Причем во ВГУЭС широко используются методы стратегического управления на основе стейкхолдерского подхода. Такого же подхода придерживается Л.А. Малышева из УрФУ [52]. Результаты разработки, модификации и применения методов стратегического управления в вузе описаны в работах учёных ВГУЭС Г.И. Мальцевой, Р.А. Лугового, Ю.А. Солдатовой, М.С. Рахмановой, Т.Ю. Плешковой, Г.А. Дзина, К.С. Солодухина, А.А. Гресько и др.

В работе М.С. Рахмановой разработаны авторские методы стратегического анализа вуза на основе теории заинтересованных сторон [74, 93, 94]. Работа Т.Ю. Плешковой посвящена управлению отношениями с заинтересованными сторонами и формированию стратегий взаимодействия вуза со стейкхолдерами [65, 69, 71]. Монография А.А. Гресько посвящена выбору стратегий взаимодействия вуза с группами заинтересованных сторон с учетом отношений заинтересованных сторон между собой [18, 19, 20, 23]. Р.А. Луговой в своей диссертационной работе предложил модель иерархии элементов стратегического управления в вузе на основе модифицированной системы сбалансированных показателей и методический подход к задаче ранжирования элементов стратегического управления с применением метода анализа иерархий для поддержки принятия стратегических управленческих решений [50]. Г.А. Дзина в своей диссертационной работе разработал методический подход к формированию инновационного потенциала вуза, основанный на согласовании запросов заинтересованных сторон вуза при помощи модифицированной системы сбалансированных показателей [24, 29, 30].

Вышеперечисленные исследования были продолжены К.С. Солодухиным при разработке методологии стратегического управления вузом как стейкхолдер-организацией [81, 84].

Переход к третьему этапу стратегического управления (реализации стратегии) требует формализации стратегии. Под формализацией стратегии будем понимать определение связей между стратегическими целями, а также увязку мероприятий с целями и показателями. При этом обычно ограничиваются причинно-следственными связями, не функциональными, что является недостатком. Такая недостаточность формализации существенно усложняет процесс операционализации (процесс принятия решений и определения требуемых ресурсов).

Необходимо отметить, что формализация стратегии остается наименее изученным этапом, что усложняет процесс стратегического управления в вузах. Это приводит к тому, что немногим вузам, использующим в своей деятельности методы стратегического управления, удается добиться значительных результатов. Данный этап является наиболее сложным не только для вузов, но и для других организаций. О его важности свидетельствует исследование, проведенное в начале 1990-х годов «CFO Magazine», которое показало, что только в 10% компаний стратегии выполняются успешно. Причиной неудач в большинстве тех случаев, когда реализация стратегий не принесла ожидаемых результатов, явилось не качество самих стратегий, а плохая их реализация: отсутствие оперативной связи, результатов текущей деятельности с долгосрочной стратегией организации [117]. Поэтому необходима разработка методов и инструментов, которые бы помогли облегчить процесс формализации стратегии. В свою очередь, это позволило бы более эффективно осуществлять процесс операционализации.

Для решения проблемы формализации стратегии используется стратегическая карта целей. Стратегическая карта целей – это инструмент, позволяющий менеджменту предприятий формулировать и отображать то, как можно эффективно создавать ценность, согласовывая стратегические цели через цепь причинно-следственных связей [38].

Карта целей представляет собой иерархию стратегических целей, каждая из которых описывается набором показателей [51, 79]. Взаимосвязь между стратегическими целями вуза можно отразить, например, представив их по перспективам системы сбалансированных показателей [88].

Формализация стратегии вуза требует определения влияния значений групп показателей, характеризующих каждую стратегическую цель, на степень (уровень) достижения этой цели [77]. Показатели изменяют свои значения в результате осуществления стратегических мероприятий/проектов (рис. 2).

Таким образом, исходя из вышесказанного под процессом формализации стратегии вуза можно в широком смысле рассматривать процесс разработки карты целей.

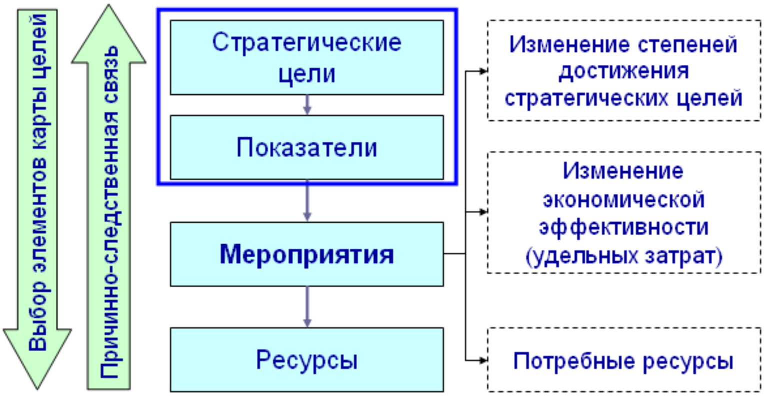


Рис. 2. Взаимосвязь элементов карты целей [84]

Наиболее популярной концепцией, в рамках которой предлагается построение карты целей, является система сбалансированных показателей (ССП – Balanced ScoreCard, BSC)[1]. Достоинство ССП в том, что данная концепция позволяет связать стратегическое управление с оперативной деятельностью организации: сбалансированная система показателей переводит цели стратегической карты в показатели и конкретные задачи [36, 37]. За последние годы область применения ССП распространилась с компаний, ориентированных на получение прибыли, на неприбыльные организации (особенно в сфере образования и здравоохранения) и государственные учреждения [4]. В мировой практике есть примеры применения ССП в университетах: в Великобритании – это Университет Эдинбурга (University of Edinburgh), Открытый университет (Open University), Каледонский университет Глазго (Glasgow Caledonian University); в США – Калифорнийский университет (University of California), Государственный университет Огайо (Ohio State University), Purdue University; в Австралии – Университет Ньюкасла (University of Newcastle). Насколько можно судить по сайтам российских вузов, в России с 2004 г. ССП применяется во ВГУЭС и в Северном государственном медицин-

[1] В российской литературе часто можно встретить такой перевод термина Balanced ScoreCard, как «сбалансированная система показателей».

ском университете [118], а также в Тихоокеанском государственном медицинском университете.

ВГУЭС первым среди российских вузов стал использовать ССП в процессе стратегического управления [55]. В дальнейшем также во ВГУЭС была впервые предложена и апробирована «стейкхолдерская» модификация ССП [79, 88].

Предложенная модификация ССП позволяет развернуть стратегические цели вуза до конкретных мероприятий, с помощью которых планируется их достижение, а значит, и до ресурсов, необходимых для осуществления мероприятий и, соответственно, для достижения целей. Вместе с тем степень формализации, заложенная в ССП (в основном причинно-следственные связи), недостаточна ни для объективной оценки экономической эффективности принимаемой стратегии, ни для решения задачи оптимального использования имеющихся ресурсов для реализации стратегии (что может стать основанием для корректировки или пересмотра стратегии), ни для оперативного управления реализацией стратегии. В этой связи был предложен подход к формализации ССП, обеспечивающий увязку степени достижения каждой стратегической цели с затраченными ресурсами и изменением текущей экономической эффективности организации [77].

В настоящий момент существует ряд программных продуктов, с помощью которых возможно построение карты целей: Active Strategy Enterprise, Metrics Manager, Comshare MPC, Dialog Strategy, Action Driven BSC, Enterprise Scorecard и т.д. Среди них можно выделить ARIS BSC и Инталев: Навигатор.

ARIS BSC – это инструмент для оптимального планирования и моделирования системы управления компанией. ARIS BSC позволяет отображать взаимодействие между всеми стратегическими целями, ключевыми показателями производительности и бизнес-процессами компании, обеспечивает полноту разработки системы сбалансированных показателей за счёт использования различных моделей: дерева целей, стратегических карт, диаграмм определения ключевых показателей результативности, дерева ключевых показателей результативности. Прозрачность причинно-следственных связей между стратегическими целями позволяет реализовать стратегию предприятия на всех уровнях управления.

Возможности проектирования карты целей в «Инталев: навигатор» заключаются:

– в разработке и описании видов перспектив для создания карты ССП;

– в разработке карты (логике взаимосвязей) показателей ССП и единиц измерения для показателей;

– в разработке допустимых коридоров значений для показателей карты ССП по определенным сценариям;

– в планировании значений показателей карты ССП (KPI, Key Performance Indicators, ключевые показатели эффективности) организации на будущее;

– в осуществлении декомпозиции показателей карты до структурных подразделений;

– в определении факторов для системы мотивации, увязанной с достижением целевых показателей;

– в разработке плана мероприятий по достижению целевых показателей карты ССП.

Среди описанных выше программных продуктов, с помощью которых возможно построение карты целей, имеется функция установления причинно-следственных связей между элементами карты целей (целями, показателями и мероприятиями). Однако в данных программных продуктах указание функциональных зависимостей между элементами карты целей не является требованием для формализации. Поэтому формализация карты целей, использованная в данных программных продуктах, недостаточна:

– не обеспечивается увязка степеней достижения целей между собой;

– не обеспечивается увязка степени достижения каждой стратегической цели с затраченными ресурсами и с изменением текущей экономической эффективности организации.

Решение проблемы определения соответствующих функциональных зависимостей позволит определять значения элементов карты целей при любых вариантах (комбинациях) осуществления мероприятий вуза. В дальнейшем это позволит на третьем этапе стратегического управления улучшить операционализацию: осуществлять выбор мероприятий, способствующих наилучшим уровням достижения стратегических целей в сложившихся условиях (определяющих ограничения на ресурсы).

Выполнение стратегии вуза определяется уровнями достижения стратегических целей. Наличие множества стратегических целей в условиях ограниченности ресурсов приводит к необходимости выбора оптимального набора стратегических мероприятий. Решение данной задачи осуществляется руководителями организаций – лицами, принимающими решения (ЛПР).

В карте целей критериями могут выступать не только степень достижения цели, но и изменение текущей экономической эффективности.

Следует учитывать ситуации, в которых некоторые стратегические цели (критические) должны быть достигнуты *безусловно*, а другие – нет. Ситуации, в которых находится лицо, принимающее решение, можно условно разделить на 3 группы:

– ресурсов достаточно для достижения всех целей, и при этом стоит задача безусловного достижения всех поставленных целей;

– ресурсов недостаточно для достижения всех целей;

– ресурсов достаточно для достижения всех целей, но задача безусловного достижения всех поставленных целей не стоит.

В каждом случае лицу, принимающему решения, необходимо выбрать такой набор мероприятий, при выполнении которых будет достигнут наилучший результат. Следует отметить, что не существует заведомо оптимальных стратегических решений: критерии выбора у лица, принимающего решения, могут быть разными в силу личных предпочтений, опыта, сложившейся ситуации, склонности к риску.

Операционализация, как было сказано выше, включает в себя процесс принятия решений. В свою очередь управленческие решения могут быть приняты с использованием моделей поддержки принятия решений.

В работе К.С. Солодухина были разработаны модели, основанные на Парето-оптимизации, принципе справедливого компромисса и принципе пропорционального развития, которые, исходя из выбранных критериев, позволяют отбрасывать заведомо неэффективные решения. При этом модели позволяют формировать только варианты решений, удовлетворяющие определенным требованиям. Принятие решения о выборе одного из вариантов и его корректировке в любом случае остается за человеком и зависит от его опыта, интуиции, системы ценностей и предпочтений, склонности к риску, а также критериев, которые нельзя или трудно формализовать. Таким образом, речь идет не о поиске заведомо лучшего (оптимального) стратегического решения (такого просто не существует), а о выборе одного из заведомо удовлетворительных вариантов (сатисфакции). Вместе с тем использование разработанных моделей повышает эффективность решений ЛПР и существенно экономит ресурсы [77]. Решение проблемы формализации карты целей вуза позволит использовать на практике имитационные и оптимизационные экономико-математические модели, обеспечивающие ЛПР необходимой для решения стоящих пред ним задач аналитической информацией и тем самым повышающие эффективность принимаемых им стратегических решений.

Разработанный авторами программный комплекс позволил автоматизировать процесс получения, анализа и представления информации в удобном для ЛПР виде. Использование программной реализации моделей позволяет:

1. Имитировать различные варианты решений (комбинации мероприятий, проектов); в итоге получать оценку об уровне достижения стратегических целей, изменения удельных затрат, требуемых ресурсов.

2. Генерировать комбинации мероприятий, удовлетворяющие заданным условиям: ограниченность на ресурсы, уровни достижения стратегических целей, значения показателей (определение допустимого множества решений).

3. На множестве решений применять метод оптимизации по Парето.

4. Выделять решения, удовлетворяющие заданной совокупности критериев с установленными для них весами.

5. Применять методы, основанные на принципе справедливого компромисса.

6. Применять методы, основанные на принципе пропорционального развития.

7. Генерировать многокритериальные целевые функции и выбирать решения, оптимальные в соответствии с каждой функцией.

Одной из основных проблем практического использования предложенных моделей является определение функциональной зависимости между группами показателей, характеризующих каждую стратегическую цель, и степенью достижения этой цели. Должны быть также известны зависимости, отражающие изменение значений стратегических показателей в результате осуществления стратегических мероприятий.

1.2. Проблемы построения и использования функций полезности при поддержке управленческих решений

Стратегическая цель считается достигнутой полностью в случае достижения всеми её показателями целевых значений. И, наоборот, не достигнута вовсе, если значения всех показателей остались без изменений. Реализуя те или иные мероприятия, мы улучшаем значения показателей и тем самым приближаемся к желаемому уровню достижения стратегических целей. Поэтому функциональная зависимость устанавливается с учетом определенных требований:

– для каждого показателя определено его начальное ($k_{\min} = k^-$) и целевое значение ($k_{\max} = k^+$);

– уровень достижения цели варьируется от нуля до единицы (0 – цель не достигнута вовсе, 1 – цель достигнута полностью: $f(k_1^-, k_2^-, ..., k_n^-) = 0$, $f(k_1^+, k_2^+, ..., k_n^+) = 1$).

Уровень достижения цели можно считать интегральным (обобщенным) значением описывающих его показателей (критериев). Для формирования обобщенного значения могут быть использованы различные методы свертывания критериев в единый функционал, который будем называть интегральным критерием. Интегральный критерий представляет собой некоторый функционал, связывающий группу локальных критериев. Для получения интегрального критерия обычно используются специальные методы свертки локальных критериев [2].

Процедура формирования свертки критериев представляет собой получение некоторого функционала из нескольких локальных функций и включает различные методы получения такого функционала. Среди существующих методов формирования интегрального критерия можно выделить следующие:

– метод аддитивной свертки;

– метод мультипликативной свертки;

– метод вычисления обобщенной метрики (критического расстояния);

– метод формирования квазиаддитивной свертки.

Аддитивный метод свертки критериев предполагает построение интегрального критерия в виде простой или взвешенной суммы локальных критериев, если они удовлетворяют условию аддитивности (аддитивность – свойство величин, состоящее в том, что значение величины, соответствующей целому объекту, равно сумме значений величин, соответствующих его частям, в некотором классе возможных разбиений объекта на части):

$$f[(k_1,\beta_1),(k_2,\beta_2),...,(k_n,\beta_n)]=\sum_{i=1}^{n}\beta_i k_i.$$

Недостаток аддитивного метода: в интегральном критерии может происходить взаимная компенсация локальных критериев. Это значит, что значительное уменьшение одного из них вплоть до нуля может быть покрыто возрастанием другого критерия [16].

Мультипликативный метод свертки критериев предполагает построение интегрального критерия в виде простого или взвешенного произведения локальных критериев, если они удовлетворяют условию мультипликативности:

$$f(k_1,k_2,...,k_n)=\prod_{i=1}^{n}k_i^{T_i}.$$

Если для каждого критерия можно задать весовой коэффициент, характеризующий его важность β, то интегральный критерий строится в виде взвешенной по важности свертки:

$$f[(k_1,\beta_1),(k_2,\beta_2),...,(k_n,\beta_n)]=\prod_{i=1}^{n}\beta_i k_i.$$

Такая свёртка удачна, когда низкие оценки даже по одному-двум критериям нежелательны. К недостаткам данного метода можно отнести существенную неоднозначность компенсации значений критериев: если хоть один из k_i нулевой, то интегральный критерий тоже нулевой.

Метод вычисления обобщенной метрики (критического расстояния). Данный метод ориентирован на формирование критерия на основе специальных видов обобщенной метрики для определения расстояния от сравнимого объекта до интегрального критерия.

Такая метрика характеризует расстояние между анализируемыми объектами и используется в виде обобщенного критерия, так как описывает обобщенные расстояния между текущим объектом и объектом, с которым производится сравнение. При использовании метрики возможно применение следующих методов вычисления расстояния:

– метрика абсолютных отклонений;

– метрика относительных отклонений;

– метрика наибольших абсолютных отклонений от идеального объекта;

– метрика относительных абсолютных отклонений от идеального объекта.

Метод формирования квазиаддитивной свертки. Данная метрика базируется на концепции полезности [41, 103]. В её основе лежит понятие многокритериальной функции полезности $u(k_1,\ldots, k_n)$, построенной на критериях $(k_1,\ldots, k_n)$, для получения которой предъявляются некоторые специфические требования. К этой системе требований, определяющих возможность построения такого функционала, можно отнести следующие:

– для каждого из критериев k_i должны быть определены его минимальный и максимальный уровни критериального значения;

– функция полезности $u(k_1,\ldots, k_n)$ нормирована и изменяется в диапазоне значений [0;1], причем лучшее значение функции соответствует значению 1, а худшее – значению 0;

– имеется дополнение критерия Δk_i в виде $(k_1,\ldots, k_{i-1}, k_{i+1},\ldots k_n)$.

Тогда функцию полезности $u(k_1, k_2,\ldots, k_n)$ можно представить в виде $u(\Delta k_i, k_i)$. Фиксируя значения одной переменной, получаем функции одной переменной (сведение задачи к однокритериальной).

Для того чтобы интегральный критерий $E = u(\Delta k_i, k_i)$ адекватно отражал характеристики объекта, необходимо, чтобы E удовлетворял некоторым аксиомам, задающим метрику такого типа. Таким образом, для определения структуры метрики, аргументами которой являются локальные цели-критерии (их шкальные значения), наиболее полезным и обоснованным (единственным по Е.А. Елтаренко [32]) является использование аксиоматического подхода, заключающегося в анализе свойств метрики E и построении на основании выявленных свойств её конкретной структуры.

Для задания свойств метрики E необходимо, чтобы она удовлетворяла аксиомам транзитивности, антирефлексивности, монотонности и непрерывности.

Таким образом, если критериальный функционал удовлетворяет вышеприведенным условиям и ограничениям на независимость локальных функций k_i по полезности[1], рациональность локальных критериев (максимизация полезности), то структура свертки ищется в виде метрики, удовлетворяющей условиям квазиаддитивной (квазисепарабильной) свертки [41].

В частности, для n=3 интегральный критерий имеет вид:

$$E = \sum_{j=1}^{n} k_j + \sum_{j=1}^{n+1} c_j \cdot \prod_{i=1}^{n} k_i^a ,$$

где $a = \begin{cases} 0, & \text{\textit{если}} \quad i = j; \\ 1, & \text{\textit{иначе,}} \end{cases}$ характеризует включение i-й критериальной составляющей в интегральный критерий E.

При развертывании формулы имеем:

$$E = k_1 + k_2 + k_3 + c_1 k_2 k_3 + c_2 k_1 k_3 + c_3 k_1 k_2 + c_4 k_1 k_2 k_3 .$$

Под **лотереей** *L(x,p,y)* понимают ситуацию, в которой *x* принимается с вероятностью *p* и *y* – с вероятностью *(*1-*p)* [Там же].

Детерминированным эквивалентом лотереи *L* называют такую величину *x**, при которой лицу, принимающему решение, безразличен выбор между участием в лотерее и получением *x** наверняка, и обозначают как $x^*\sim L$ или $x^*\sim\langle x,y\rangle$ [Там же].

Независимость по полезности: критерий B_1 называется независимым по полезности от критериев $B_2,\ldots,B_n$, если порядок предпочтений лотерей, в которых меняется лишь уровень критерия B_1, не зависит от фиксированного значения по другим критериям [101]. Понятие лотерей подробно будет описано во второй главе.

---

[1] Определение независимости по полезности будет приведено чуть ниже.

Ранее была предложена следующая формула для построения функции полезности трех взаимно независимых показателей:

$$\begin{aligned} u(x_1, x_2, x_3) = \; & a_1 u_1(x_1) + a_2 u_2(x_2) + a_3 u_3(x_3) + \\ & a_{12} a_1 a_2 u_1(x_1) u_2(x_2) + a_{13} a_1 a_3 u_1(x_1) u_3(x_3) + \\ & a_{23} a_2 a_3 u_2(x_2) u_3(x_3) + \\ & a_{123} a_1 a_2 a_3 u_1(x_1) u_2(x_2) u_3(x_3), \end{aligned}$$

где x_i – значение i-го критерия;

$u_i(x_i)$ – функции полезности i-го критерия;

a_i – значение i-й шкалирующей константы.

Если принять $k_i = a_i u_i(x_i)$, $c_1 = a_{23}$, $c_2 = a_{13}$, $c_3 = a_{12}$, $c_4 = a_{123}$, то формула интегрального критерия при квазиаддитивной свертке, предложенная Е.А. Елтаренко, совпадает с формулой Р.Л. Кини и Х. Райфой для функции полезности трех взаимно независимых показателей (с точностью до обозначений).

В силу того, что функциональная зависимость устанавливается с учетом определенных требований (описанных выше), то, на первый взгляд, самым подходящим методом, который мы могли бы использовать для решения наших задач, является метод формирования квазиаддитивной свертки.

Использование остальных (вышеперечисленных) методов не представляется возможным: в большинстве случаев показатели стратегических целей не удовлетворяют ни условиям аддитивности, ни условиям мультипликативности. Метод критического расстояния слабо отражает уровень достижения цели в силу одинаковой важности критериев (показателей), а также не учитывает значений критериев. Причем последний недостаток имеет место не только в вышеперечисленных методах, но и в иных методах формирования интегрального критерия.

Для применения метода квазиаддитивной свертки необходимо выполнение ряда условий и ограничений. Одним из ограничений данного метода является независимость локальных функций k_i по полезности. В случае, где критерии (показатели) не удовлетворяют условию, метод квазиаддитивной свертки не применим. В то же время сформированные требования к искомой функции позволяют рассматривать её как функцию полезности. С другой стороны, степень достижения стратегической цели можно рассматривать как полезность для вуза (или его отдельных подразделений), полученную в результате осуществления соответствующих стратегических мероприятий. Таким образом, формализацию зависимости между степенью достижения цели и изменением соответствующих показателей можно рассматривать как нахождение некоторой функции полезности.

Функции полезности широко применяются для решения самых различных задач.

В работах И.Т. Ли и О.В. Соколовской [46] при решении проблемы рационального распределения электроэнергии в условиях её дефицита определялась функция полезности распределения электроэнергии, основанная на объеме ВВП, численности населения и его заболеваемости. Максимизация обобщенной функции полезности позволила решить задачу оптимального распределения электроэнергии по различным областям.

Е.В. Назарова и Т.А. Осечкина [58] рассмотрели подход к формированию оптимального портфеля инвестиций, основанный на функции полезности, которая учитывает отношение инвестора к риску. Рассматривались три основных типа функций полезности инвестора в зависимости от их отношения к риску: функция полезности для осторожного инвестора, для рискованного и нейтрально относящегося к риску инвестора.

В работе Ю.А. Ишемгуловой [34] проведен анализ мер риска, построенных на основе асимметричных функций полезности. Эти меры риска можно использовать при формировании портфеля ценных бумаг. Представленная методика подсчёта риска позволяет расширить инструментарий инвестора.

В статье В.С. Симанкова, Т.Т. Зангиева и О.Н. Мызникова [76] раскрываются теоретические и практические аспекты построения и корректировки функций полезности для иерархических структур критериев на основе когнитивного моделирования и визуализации.

В работе Ю.А. Шеховцовой [112] проводится критический анализ одного из недостатков методики дисконтирования денежных потоков – необоснованно быстрого обесценивания стоимости будущих денежных поступлений, генерируемых инвестиционным проектом. Предлагается методика оценки стоимости денег во времени с применением функции временной полезности денег.

В статье М.И. Гариной [14] обосновывается применение знакопеременных функций полезности и решается вопрос обобщения их значений с целью многокритериального упорядочения объектов. В том числе рассматривается возможность применения мультипликативной обобщающей функции, решаются возникающие при этом проблемы.

Е.К. Белов пишет в своей работе о классе допустимых функций полезности денег [6], исследует свойства моральных ожиданий, порожденных различными функциями полезности денег. На основании этих свойств формулируются требования, ограничивающие класс допустимых функций полезности.

С.П. Вовк предлагает следующие подходы к построению функций полезности: с использованием доверительного и правдоподобного критериев для построения верхней и нижней огибающих функций полезности при различном количестве наблюдений; частотный и среднеарифметический [13]. Огибающие выступают как инструмент накопления ненадежных опытных суждений. При втором подходе получается более широкий диапазон значений оценок полезности результата.

М.И. Сорокина предлагает обобщенный подход к определению вклада признаков в общую оценку объекта, вычисляемую на основе произвольной относительно структуры и вида аргументов функции полезности [100].

В работе Ю.Ю. Громова, В.О. Драчева, К.А. Набатова Д.Е. Винокурова и Т.Г. Самхарадзе [25] описывается возможность применения функции полезности, результатом которой является выполнение требований, предъявляемых к системе безопасности информации, по защите от различных видов угроз при использовании нескольких моделей безопасности.

В.И. Горелов и Т.Н. Ледащева [17] провели обобщение метода парных сравнений альтернатив на случай непрерывного множества альтернативных вариантов развития системы и получили модификацию метода введением весов сравнения. Функция полезности применяется для получения оценки альтернатив, которая в дальнейшем используется в методе парных сравнений.

Примеры использования функции полезности приведены в работах иностранных авторов. David Feeny, William Furlong, George W. Torrance, Charles H. Goldsmith, Zenglong Zhu, Sonja DePauw, Margaret Denton, Mickael Bolyel [116] прибегли к мультипликативной функции полезности для вычисления показателя здоровья (Health Utilities Index Mark 3, HUI3).

R. Dacey описал психологические аспекты принятия решения через S-образные функции полезности [115].

В работе Adiel Teixeira De Almeida [113] применена аддитивная функция полезности для выбора контрактов на ремонтные работы.

Следует, однако, отметить, что в этих работах рассматривается применение либо однокритериальных функций полезности, либо функций полезности, критерии которых независимы по полезности.

Американскими исследователями Р.Л. Кини и Х. Райфой были предложены некоторые способы построения функций полезности, критерии которых взаимозависимы:

– корректировка критериев или преобразование их в новые, которые могут допустить использование независимости по полезности;

– непосредственное нахождение функции путем установления значений полезности нескольких последствий и последующего использования интерполирования, экстраполяции и кривых соответствия;

– разработка новых или использование существующих, но более сложных допущений о структуре предпочтения лица, принимающего решение.

Тем не менее, удачных примеров использования этих способов не было предоставлено, что, по всей видимости, не случайно и связано с крайней сложностью их практического применения.

Ещё одним способом обобщения критериев (нахождения интегрального критерия), широко представленным в публикациях, выступает применение функции желательности (или функции предпочтений).

В статье А.А. Евстарова и В.Б. Файна [31] показана принципиальная возможность применения функции желательности для многокритериальной оптимизации осветительной установки. Преимуществом такой оптимизации является комплексная оценка осветительной установки, учитывающая не только количественные, но и качественные параметры освещения.

В своей работе И.А. Баурса предложил методику расчёта интегрального показателя эффективности переработки молока с помощью функции желательности Харрингтона [9].

Р.А. Гафуровым исследуется инструментарий функций желательности применительно к задачам управления социально-экономическими системами [15]. Доказывается, что данный инструментарий должен применяться в управлении процессами государственных закупок.

А.В. Пичкарев рассматривает математический аппарат на основе обобщенной функции желательности Харрингтона для получения относительно точной оценки эффективности в виде конкретного числа, которое можно использовать в дальнейшем анализе технических средств [61].

В работе Г.Д. Когай, А.М. Нургужиной и Г.М. Яворской рассмотрены способы обобщения многих откликов, определяющих объект, с целью перехода к единому количественному признаку, выступающему параметром оптимизации [43].

В приведенных выше работах авторами в качестве обобщающей функции применяется аддитивная функция желательности:

$$E = \sum_{i=1}^{n} \beta_i k_i .$$

При этом в большинстве случаев используют обобщающую функцию желательности Харрингтона (Харрингтона – Меньера):

$$E = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^{n} f\left(p(k_i)\right)},$$

где

$$p(k) = \frac{2 \cdot k - (k_{\max} + k_{\min})}{k_{\max} - k_{\min}};$$

$$f\left(p_i\right) = e^{-(|p_i|)^{\beta_i}} .$$

Видно, что функция желательности Харрингтона имеет те же недостатки, что и мультипликативный метод: функция весьма чувствительна к малым значениям частных критериев. Поэтому применение функции желательности также ограничено.

Ещё одной целью применения функции желательности является формирование универсальной оценки объекта. Например, в статье Э.В. Камышниковой [35] дается оценка экономической безопасности предприятия на основе обобщенной функции желательности. Среди конкретных способов реализации функции желательности для оценки уровня экономической безопасности предприятия выбрана психофизическая шкала Харрингтона, приведённая в таблице, имеющая универсальное применение.

Таблица 1

Шкала Харрингтона

Лингвистическая оценка	Интервалы значений функции желательности
Очень хорошо	1,00 – 0,80
Хорошо	0,80 – 0,63
Удовлетворительно	0,63 – 0,37
Плохо	0,37 – 0,20
Очень плохо	0,20 – 0,00

1.3. Проблемы применения экспертных методов при формализации стратегии

Условия, в которых разрабатывается стратегия организации, в большинстве случае являются уникальными: как правило, уникально сложившееся сочетание факторов внешней и внутренней среды. С другой стороны, уникальной должна быть и сама стратегия, иначе она не будет создавать устойчивые конкурентные преимущества организации.

Высокой степенью уникальности для организации будут обладать и стратегические мероприятия, представляющие собой проекты реконструкции и развития. Вследствие этого влияние результатов их реализации, отраженных возросшими значениями соответствующих показателей, на уровни достижения стратегических целей достаточно сложно оценить [110]. Опираться на данные, отражающие прошлый опыт организации или опыт других организаций, очень сложно в силу уникальности стратегии.

Таким образом, разработка и формализация стратегии значительно усложняется её уникальностью.

В работе Е.О. Грубова, которая посвящена разработке теоретических и методологических положений создания и применения комплексной информационной системы поддержки принятий решений для руководства высшего учебного заведения, также затронут этот вопрос [26]. По мнению Е.О. Грубова существует несколько методов для получения требуемой информации:

– непосредственное измерение, подсчёт, выборка (например, количество профессоров, расходы по отдельным статьям бюджета и т.д.);

– оценки, полученные в результате применения статистических расчётов и прогнозов, математических моделей и т.д. (например, среднегодовая величина изменения основных фондов вуза);

– тестирование, социологические опросы внутренних и внешних пользователей (например, опрос преподавательского состава вуза об их удовлетворённости материальным обеспечением учебного процесса);

– экспертные оценки с привлечением внутренних и внешних экспертов (например, качество учебных методик).

Отметим, что первые два метода свойственны для получения количественных данных, в то время как последние два метода – информации, имеющей качественный характер.

Методы экспертных оценок нашли широкое применение в практике управления, и их описанию посвящено множество работ исследователей [33, 40, 41, 47, 48, 59, 60, 73], которые рассматривают различные аспекты применения методов экспертных оценок, в частности, проблему подбора экспертов, методы организации работы экспертов для получения информации, некритериальные и критериальные методы структурирования множества альтернатив, методы согласования мнений экспертов. Согласованные экспертные оценки могут лечь в основу для принятия решения ЛПР или стать источником информации для дальнейшего анализа компьютерными средствами поддержки принятия решений.

Одним из самых простых способов решения проблемы подбора экспертов является соотнесение оценки компетентности (объективный показатель) с каждым экспертом. При этом должны учитываться уровень квалификации в узкой области специализации, уровень теоретической подготовки, его практический опыт и широта кругозора. Дополнительно может быть также учтена ещё и самооценка эксперта (субъективный показатель). Другими словами, эксперту предлагается указать свою компетентность по данному вопросу. Произведение объективного и субъективного показателей будет характеризовать компетентность эксперта в данной области. После получения результатов можно выделить группу экспертов, для которых оценка превышает пороговую, тем самым выделить наиболее подготовленных людей. Подобный подход применялся, например, в диссертационной работе Р.А. Лугового [50] при опросе широкого круга экспертов с различными уровнями и областями компетенции для ранжирования элементов стратегии с помощью метода анализа иерархии при постановке системы сбалансированных показателей в вузе.

Среди методов получения информации от группы экспертов выделяют:

– метод Дельфи;

– метод мозгового штурма;

– метод Паттерн;

– балльный метод.

Вышеприведенные методы имеют общие процедуры проведения экспертного оценивания, которые сводятся к следующим:

– определение целей экспертного опроса;

– формирование организационной группы для проведения экспертизы и подбор экспертов для решения проблемы;

– формирование вопросов, составление анкет;

– разработка правил определения суммарных оценок на основе оценок отдельных экспертов;

– работа с экспертами;

– анализ и обработка экспертных оценок.

Следует отметить, что ещё одной проблемой экспертного опроса является согласование мнений экспертов. Различают три группы методов согласования:

1) принцип диктатора;

2) принцип голосования;

3) внесистемные принципы выбора.

Принцип диктатора. Основное содержание данного метода состоит в том, что функция группового предпочтения совпадает с функцией предпочтения одного из членов экспертной группы. В этом случае функция группового предпочтения $F(f)$ имеет вид:

$$F(f_1,..., f_t) = f_k,$$

где k – индекс диктатора.

Обычно этот индекс (номер) принадлежит эксперту с наибольшей степенью важности (k=1), т.е. первому из списка членов группы, проранжированных по важности. Как правило, это либо руководитель предприятия, либо руководитель научного направления, либо руководитель экспертной группы.

Оптимальное решение в этом случае соответствует максимальному значению функции предпочтения из всех сформированных экспертами:

$$Y^* = \max_{Y_i} f_k(Y_i) = Arg \max_{Y_i} f(Y_i) \cdot$$

Таким образом, при решении простых задач выбора и представления решения в виде системы матриц в качестве формальной подстановки задачи принятия группового решения имеем m членов экспертной группы, решающих однокритериальную задачу с n альтернативами. Считается, что задачу можно записать в типовой табл. 2.

Таблица 2

Матрица формального описания задачи выбора

Альтернативы	y_1	y_2	…	y_n
Предпочтения ЛПР$_1$	f_{11}	f_{12}	…	f_{1n}
Предпочтения ЛПР$_2$	f_{21}	f_{22}	…	f_{2n}
…				
Предпочтения ЛПР$_m$	f_{m1}	f_{m2}	…	f_{mn}

Тогда метод группового согласования по принципу диктатора сводится к выбору той строки из матрицы, которая соответствует «главному» эксперту (диктатору). Если каждому эксперту присвоить некоторый коэффициент важности, то процедура сводится к выбору строки с максимальным коэффициентом важности эксперта:

$$Y^* = \max \bigcup_{i=1}^{n} Y_i \ .$$

Принцип голосования. Если предыдущий принцип основан на выборе одного из группы экспертов и использовании его предпочтений в качестве общегруппового критерия выбора, то в данной процедуре используется механизм подсчёта голосов, поданных «за» и «против» сформулированных экспертами решений. Таким образом, принимается решение, соответствующее той локации в группе экспертов, которая обладает наибольшим числом голосов.

Этот принцип используется, если в группе экспертов не выделяется явный лидер (диктатор), а имеет место коалиционная структура самой группы и требуется количественно согласованная оценка мнений экспертов.

В этом случае если принять за d число экспертов в группе, то групповая функция предпочтений строится следующим образом:

$$F(f_1,...,f_t)=F_p,$$

где F_p – функция предпочтения той коалиционной группы экспертов, число членов в которой больше определенного порога:

$$F_{pr}=(f_{p1},f_{p2},...f_{ps}),\, если \prod_{pr}\geq c,$$

где f_{pi} – функция предпочтения p_i-й коалиции;

$\prod_{pr}$ – число членов r-й коалиции;

c – пороговое значение критерия выбора.

В зависимости от принятого принципа формирования пороговых значений различают следующие разновидности принципа голосования:

– если в качестве порогового выбрано значение $c\geq d/2$ (не менее 50% голосов), то критерий выбора имеет вид простого большинства;

– если в качестве порогового выбрано значение $c\geq 2/3\times d$ (не менее 66%), то выбор происходит по принципу квалифицированного большинства;

– если в качестве порогового выбрано значение $c=d$, то процедура выбора осуществляется по принципу консенсуса, т.е. требуется полное (100%) согласие всех членов экспертной группы.

В общем случае оптимальное (наилучшее) решение для принципа голосования ищется в виде

$$Y^* = \max_{Y_i} F_{pr}(Y_i).$$

Так, решение задачи типа G (задачи принятия решения при нескольких ЛПР, J – задачи индивидуального характера) сводится к подсчёту суммарных значений функций полезности экспертов по каждой альтернативе, затем производят сравнение их с заданным порогом и определение альтернатив, значение полезности которых превышает этот порог. Если, например, в качестве значений функции полезности используются простые ранги, по которым оцениваются альтернативы, то суммарное значение полезности по каждому варианту представляет собой сумму рангов. И наилучшими из них будут те, которые имеют минимальные значения обобщенных рангов. Если они не превышают некоторую заданную величину, то данные варианты считаются эффективными.

Внесистемные принципы выбора. Данная группа методов базируется на использовании критериев выбора, которые не могут быть описаны содержанием конкретных методов предпочтений. Они характеризуют мотивы выбора, не связанные со значением порога или конкретным значением индивидуальных предпочтений. В качестве мотивов выбора обычно используют:

– обычаи, применяемые при решении специализированных задач;

– идеологические соображения;

– другие внесистемные соображения (религиозные, личная заинтересованность и др.).

Все вышеуказанные принципы согласования предполагают формирование альтернативных решений, характеризующихся методами, которые используют статистическую обработку экспертных оценок.

Использование в процессе формализации стратегии методов, основанных на построении функций полезности, также невозможно без экспертных оценок, а значит, и методов согласования мнений экспертов.

Следует отметить, что прямое использование экспертных оценок для построения необходимых функций затруднено, особенно если речь идет о функциях значительного числа переменных. Даже при двух показателях, определяющих стратегическую цель, эксперту очень непросто ответить на вопрос: «Насколько будет достигнута цель, если значение первого показателя x и второго – *y*». Если же количество показателей больше двух, то впрямую задавать подобные вопросы эксперту практически бессмысленно: если даже будут получены конкретные ответы, то степень доверия к ним, очевидно, должна быть небольшой.

Ситуация меняется, если эксперту задаются вопросы сравнительного характера, при которых значения всех переменных (кроме одной) фиксируются на определенном уровне, а эксперту необходимо будет выбрать значение оставшейся переменной, при котором функция достигает заданного значения.

В дальнейшем нами будет предложен адаптивный алгоритм экспертного опроса. В этой связи появляются особенности согласования экспертных мнений. В силу того, что характер вопросов и их количество меняются в зависимости от предыдущих результатов, следует осуществлять процедуру согласования экспертных мнений каждый раз отдельно. Другими словами, задав один и тот же вопрос экспертам и согласовав результат (например, с помощью описанных методов), только потом переходить к следующему этапу.

По нашему мнению, для улучшения качества опроса вопросы следует задавать не каждому эксперту, а всей группе, и ответ получать также от всей группы после обсуждения заданного вопроса. При этом при формализации стратегии следует опрашивать тех же самых экспертов, которые участвовали в её разработке (и, в том числе, определяли желаемые значения показателей и возможные стратегические мероприятия), поскольку у данных людей в процессе разработки стратегии уже в целом сформировано общее видение проблем и перспектив развития организации. Соответственно, следует ожидать, что ответы экспертов не должны сильно отличаться друг от друга и не потребуется значительных усилий для их согласования.

Исходя из вышеизложенного, мы пришли к следующим выводам:

Во-первых, формализация стратегии в настоящее время остается наименее изученным этапом процесса стратегического управления вузом. В значительной степени именно с этим связаны проблемы, возникающие при реализации даже самых «качественных» стратегий. В результате очень немногим вузам, использующим в своей деятельности методы стратегического управления, удается добиться значительных результатов.

Формализация стратегии обычно осуществляется на основе стратегической карты целей. Существует значительное число работ, посвященных проблемам построения стратегических карт целей в вузах (особенно, в рамках концепции «Системы сбалансированных показателей»). Вместе с тем практически отсутствуют работы, посвященные формализации карты целей: установлению функциональных (а не только причинно-следственных) зависимостей между её элементами (целями, показателями, мероприятиями), без чего проблематично увязать достижение стратегических целей с затраченными ресурсами и изменением текущей экономической эффективности. Недостаточная степень формализации карты целей препятствует и объективной оценке экономической эффективности принимаемой стратегии, и решению задачи оптимального использования имеющихся ресурсов для реализации стратегии (что может стать основанием для корректировки или пересмотра стратегии), и оперативному управлению реализацией стратегии.

Во-вторых, для нахождения функциональных зависимостей между элементами стратегической карты целей могут быть использованы методы свертывания локальных критериев в единый функционал (интегральный критерий). В то же время большинство известных методов свертки критериев с точки зрения поставленной задачи обладают существенными недостатками, значительно ограничивающими их применение.

Наиболее подходящим из известных методов является метод квазиаддитивной свертки, основанный на построении многокритериальной функции полезности, к которой предъявляются некоторые специфические требования. Однако и этот метод имеет существенное ограничение: должна выполняться независимость (по крайней мере, односторонняя) по полезности локальных критериев. При этом на практике обычно приходится иметь дело с взаимозависимыми критериями.

Американскими исследователями Р.Л. Кини и Х. Райфой были предложены некоторые способы построения функций полезности, критерии которых взаимозависимы. Тем не менее, удачных примеров их использования не было предоставлено, что, по всей видимости, связано с крайней сложностью их практического применения.

Таким образом, решение задачи формализации стратегии требует разработки новых методов нахождения функциональных зависимостей между элементами стратегической карты целей.

В-третьих, процесс разработки и формализации стратегии невозможен без соответствующей информационной поддержки, для чего могут быть использованы различные методы получения информации. При этом особую роль играют экспертные методы, что связано с высокой степенью уникальности разрабатываемых стратегий.

Использование в процессе формализации стратегии методов, основанных на построении функций полезности, также невозможно без экспертных оценок. При этом для построения многокритериальных функций полезности при взаимозависимых критериях требуется разработка особых (адаптивных) методов экспертного опроса.

Глава 2. МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ФОРМАЛИЗАЦИИ СТРАТЕГИИ ОРГАНИЗАЦИИ НА ОСНОВЕ КАРТЫ ЦЕЛЕЙ

Ранее было показано, что функциональная зависимость между уровнем достижения стратегической цели (УДЦ) и значениями описывающих её показателей устанавливается с учётом определенных требований:

– для каждого показателя определено его начальное ($k_{\min} = k^-$) и целевое значение ($k_{\max} = k^+$);

– уровень достижения цели изменяется от нуля до единицы (0 – цель не достигнута вовсе, 1 – цель достигнута полностью: $f(k_1^-, k_2^-, ..., k_n^-) = 0$, $f(k_1^+, k_2^+, ..., k_n^+) = 1$).

Если дополнительно наложить на функцию $f(x_1, x_2, ..., x_n)$ требования непрерывности и монотонности, то её можно рассматривать как многокритериальную функцию полезности. Тем более что степень достижения стратегической цели можно рассматривать как полезность для организации (или её отдельных подразделений), полученную в результате осуществления соответствующих стратегических мероприятий. Тогда формализацию зависимости между степенью достижения цели и изменением соответствующих показателей можно рассматривать как нахождение некоторой функции полезности [109].

2.1. Определение функциональной зависимости уровня достижения стратегической цели от значений описывающих её показателей на основе построения функции полезности

Рассмотрим самый простой случай: пусть цель характеризуется только одним показателем. Естественно предположить, что степень достижения цели $u(x)$ будет минимальной (например, равной нулю) при начальном значении показателя (x_0) и максимальной (равной единице) при целевом (желаемом) уровне показателя (x_1). При увеличении значения показателя степень достижения цели тоже увеличивается [109]:

$$\begin{aligned} &u(x_0) = 0; \\ &u(x_1) = 1; \\ &u(x + \Delta x) > u(x) \text{ при } x \in [x_0, x_1], \Delta x > 0. \end{aligned} \tag{1}$$

Таким образом, функция $u(x)$ неубывающая и определена в диапазоне от x_0 до x_1. Для её определения мы можем воспользоваться методом лотерей фон Неймана. Как уже было сказано выше, под лотереей $L(x,p,y)$ понимают ситуацию, в которой x принимается с вероятностью p и y – с вероятностью $(1\text{-}p)$. Лотерею $L(x;0{,}5;y)$ обозначают через $<x,y>$ и говорят: лотерея 50 на 50. Детерминированным эквивалентом лотереи L называют такую величину x^*, при которой лицу, принимающему решение, безразличен выбор между участием в лотерее и получением x^* наверняка, и обозначают как $x^*{\sim}L$ или $x^*{\sim}<x,y>$ [Там же]. Например, стратегическая цель «модернизация компьютерного парка вуза» характеризуется показателем «период обновления компьютерной техники, задействованной в учебном процессе». Пусть в настоящий момент компьютерный парк полностью обновляется раз в восемь лет (x_0). Степень достижения цели будет максимальной при обновлении парка раз в три года (x_1). Если мы предоставим лицу, принимающему решение, выбор между лотереей 50 на 50 (либо этот показатель останется как есть (x_0), либо достигнет максимума (x_1) с одинаковой вероятностью 0,5) и частотой обновления компьютерного парка раз в пять лет наверняка и получим ответ, что в данных условиях этот выбор ему безразличен, то значение «раз в пять лет» является детерминированным эквивалентом x^* лотереи $<x_0,x_1>$ ($x^*{\sim}<x_0,x_1>$). Детерминированным эквивалентом является всякий исход, полезность которого равна ожидаемой полезности лотереи $[u(x_0)+u(x_1)] / 2$ [40].

Нахождение детерминированного эквивалента лотереи $<x,y>$. Лотерея разыгрывается для эксперта[1] или лица, принимающего решения. Под x и y будем подразумевать начальное и целевое значение показателя. Эксперту задаются несколько вопросов о предпочтении: предлагается выбор между лотереей 50 на 50 и неким значением показателя a наверняка ($x<a<y$). Если эксперт предпочтет лотерею $<x,y>$, мы увеличиваем значение: $a'=a+\Delta$, в случае предпочтения a, мы уменьшаем его: $a'=a-\Delta$ ($x<a\pm\Delta<y$). Затем задаём вопрос о предпочтении, но с новым значением a'. Продолжаем эту процедуру «схождения» до тех пор, пока не достигнем такого значения a^*, при котором для лица, принимающего решения, безразличен выбор между лотереей $<x,y>$ и a^*. Это значение a^* и станет детерминированным эквивалентом лотереи $<x,y>$. Аналогичным способом можно найти детерминированные эквиваленты лотерей $<x,a^*>$ и $<a^*,y>$, обозначив результаты через b^* и c^* соответственно (рис. 3) [109].

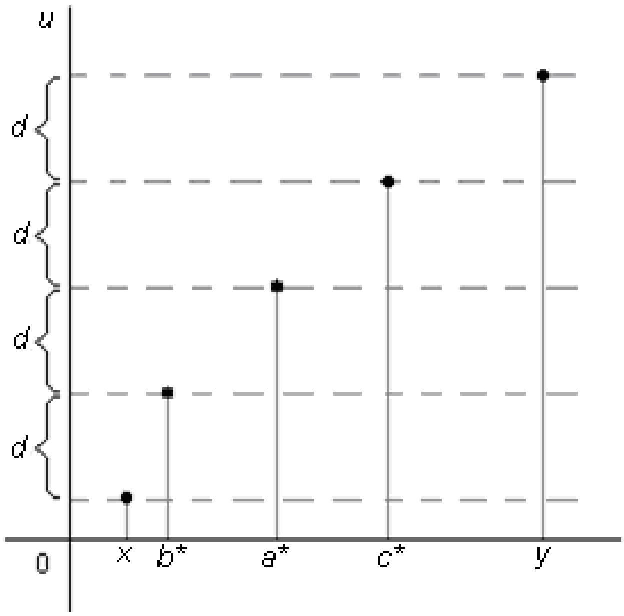


Рис. 3. Детерминированные эквиваленты лотерей:
$a^*\sim<x,y>$, $b^*\sim<x, a^*>$ и $c^*\sim<a^*,y>$

[1] В силу сказанного в п. 1.3 под экспертом здесь и далее будем понимать группу экспертов, ответом которой является согласованное мнение всех членов группы.

После нахождения эквивалентов a^*, b^*, c^* необходимо выполнить проверку на согласованность. Разыграем лотерею $<b^*,c^*>$. Детерминированным эквивалентом должно быть близкое к a^* число, так как $u(a^*) = [u(b^*) + u(c^*)] / 2$. Если же найденное число существенно отличается от a^*, то необходимо повторить часть процедуры для устранения противоречия.

Мы полагаем, что эксперт, хорошо овладевший аппаратом нахождения детерминированного эквивалента, способен дать окончательный ответ, т.е. указать детерминированный эквивалент, не отвечая на ряд вопросов.

Итак, сначала найдем детерминированный эквивалент лотереи $<x_0,x_1>$. Найденный эквивалент обозначим через $x_{0,5}$. Затем таким же образом найдем эквиваленты лотерей $<x_0,x_{0,5}>$ и $<x_{0,5},x_1>$, обозначим их через $x_{0,25}$ и $x_{0,75}$ соответственно. Исходя из определения детерминированного эквивалента, имеем:

$$\begin{aligned} u(x_0) &= 0; \\ u(x_{0,25}) &= 0{,}25; \\ u(x_{0,5}) &= 0{,}5; \\ u(x_{0,75}) &= 0{,}75; \\ u(x_1) &= 1. \end{aligned} \tag{2}$$

На основе имеющихся точек проведем кривую, которая может быть искомой функцией полезности. Наиболее распространенные функции полезности:

$$\begin{aligned} u(x) &= -e^{-ax}; \\ u(x) &= e^{ax}; \\ u(x) &= \ln(x+a); \\ u(x) &= x^a, \end{aligned} \tag{3}$$

где a – постоянная величина, определяемая, например, методом «золотого сечения».

В качестве искомой функции полезности можно выбрать ту функцию, сумма квадратов отклонений которой для заданных точек минимальна. Если минимальная сумма квадратов отклонений превышает допустимый порог (задаваемый лицом, принимающим решения), то за функцию полезности можно принять ломаную, проходящую через данные точки (рис. 4).

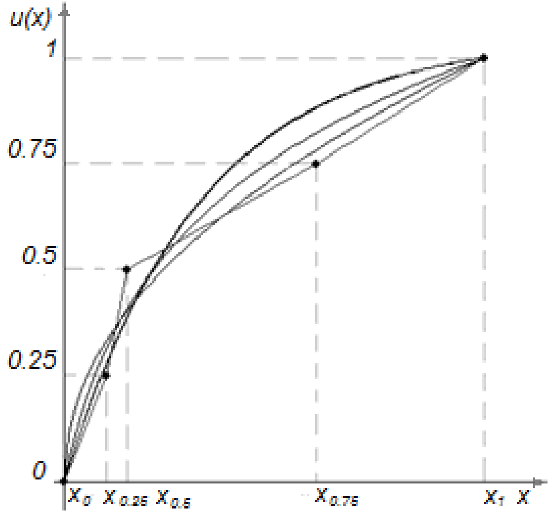


Рис. 4. Примеры функций полезности одной переменной

При необходимости список рассматриваемых функций полезности может быть увеличен.

Стоит отметить, что значения показателей нормализованы следующим образом:

$$x = \frac{x_{абс} - x_{нач}}{x_{жел} - x_{нач}},$$

где $x_{нач}$, $x_{жел}$ и $x_{абс}$ – начальное, желаемое и текущее значения показателя соответственно.

В дальнейшем все расчёты будем вести с использованием нормализованных значений.

Рассмотрим следующий случай: цель характеризуется двумя показателями. Необходимо, прежде всего, установить, являются ли эти два показателя независимыми по полезности. Будем называть y независимым по полезности от z в том случае, когда условные предпочтения между лотереями с исходами из y при фиксированном значении z^* не зависят от самого значения z^*. Независимость по полезности можно представить графически (рис. 5).

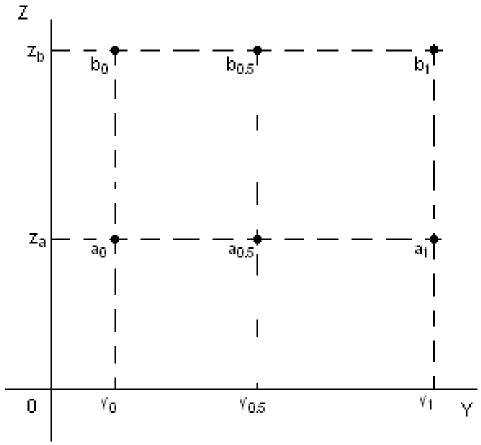


Рис. 5. Независимость по полезности

На рисунке 5 показано, что детерминированные эквиваленты $a_{0,5}$ и $b_{0,5}$ лотерей $<a_0,a_1>$ и $<b_0,b_1>$ соответственно имеют одинаковые уровни показателя y при разных уровнях показателя z. Сами же лотереи разыгрываются с одинаковыми значениями y, но разными по z. Выполнение условия равенства детерминированных эквивалентов является необходимым для определения независимости по полезности, достаточным будет выполнение этого же условия на всей рассматриваемой области.

Для определения независимости мы предлагаем проверить данное условие на 3–4-х лотереях. Ввиду того, что условия проверяются экспертами, а им, как и любым людям, сложно определить точные значения детерминированных эквивалентов, мы предлагаем ввести допустимую погрешность ξ: если разница детерминированных эквивалентов лотерей $<a_0,a_1>$ и $<b_0,b_1>$ не превышает по модулю ξ, то будем считать найденные эквиваленты равными. В случае если мы определим, что y не зависит по полезности от z и z не зависит по полезности от y, то имеет место взаимная независимость по полезности. Функция полезности при взаимной независимости по полезности будет иметь следующий вид [41]:

$$u(y,z) = u(y,z_0) + u(y_0,z) + k \cdot u(y,z_0) \cdot u(y_0,z);$$
или
$$u(y,z) = k_y u_y(y) + k_z u_z(z) + k_{yz} \cdot u_y(y) \cdot u_z(z); \quad (4)$$

где

1) функция $u(y,z)$ нормализована условиями $u(y_0,z_0)=0$ и $u(y_1,z_1)=1$ для таких произвольных y_1, z_1, что $u(y_1,z_0)\succ u(y_0,z_0)$ и $u(y_0,z_1)\succ u(y_0,z_0)$;

2) $u_y(y)$ – условная функция полезности на y, нормализованная равенствами $u_y(y_0)=0$ и $u_y(y_1)=1$;

3) $u_z(z)$ – условная функция полезности на z нормализованная равенствами $u_z(z_0)=0$ и $u_z(z_1)=1$;

4) $k_y=u(y_1,z_0)$;

5) $k_z=u(y_0,z_1)$;

6) $k_{yz}=1-k_y-k_z$ и $k=\dfrac{k_{yz}}{k_y+k_z}$.

В случае независимости по полезности только одного показателя от другого, например, если только z не зависит по полезности от y, имеем:

$$u(y,z)=u(y,z_0)\cdot[1-u(y_0,z)]+u(y,z_1)\cdot u(y_0,z), \tag{5}$$

где $u(y,z)$ нормализовано равенствами $u(y_0,z_0)=0$ и $u(y_1,z_1)=1$.

Исходя из этого, для определения $u(y,z)$ необходимо задать $u(y,z_0)$, $u(y_0,z)$ и $u(y,z_1)$. Поскольку один из параметров является постоянным, то задача сводится к определению функций полезности от одного показателя. Здесь опять мы можем прибегнуть к методу лотерей фон Неймана [109].

2.2. Метод построения функциональной зависимости уровня достижения стратегической цели от значений описывающих её показателей при двух взаимозависимых показателях

В случае взаимной зависимости двух переменных в исследуемой области $[0;1]^2$ специальным образом выбирается некоторый относительно небольшой набор точек, значения искомой функции в которых определяются экспертно, после чего осуществляется интерполяция.

При опросе для облегчения задачи эксперта и получения более точных оценок целесообразно будет задавать вопросы сравнительного характера, например: «Укажите такие значения показателей y и z, при которых УДЦ будет равен u» или «Укажите такие значения показателей y и z, при которых УДЦ будет равен значению функции при $y=y^*$ и $z=z^*$» [108].

При формулировке вопроса сравнительного характера задача эксперта остается сложной по следующей причине: эксперту сложно указать значения сразу двух показателей, при которых функция полезности будет иметь определенное значение (данные пары являются не чем иным, как точками на кривой безразличия). Для решения этой проблемы предлагается в каждом вопросе фиксировать один из показателей на определенном уровне, тогда эксперту необходимо будет выбрать уровень второго показателя, при котором функция достигает заданного значения. Такой способ опроса позволяет получать точки кривой безразличия функции полезности экспертным путем, изменяя величину одного из показателей определенным образом и вычисляя значение другого при условии сохранения величины УДЦ. Количество рассмотренных значений функции и соответствующих кривых безразличия будет определять точность последующего интерполирования функции.

Далее в работе будет рассматриваться нахождение трех кривых безразличия, УДЦ которых равно 0,25, 0,5 и 0,75. Предполагается, что этих кривых будет достаточно в большинстве случаев. Поиск значений показателей, для которых УДЦ меньше 0,25, нецелесообразен с точки зрения точности оценки, поскольку на начальном этапе выполнения работ по достижению цели руководителю сложно адекватно оценить объемы оставшейся работы. Также предполагается, что значения показателей нормированы к их целевому значению, при этом плановое (желаемое) значение каждого нормированного показателя равно единице, а начальное – нулю. УДЦ равен нулю (единице), если каждый из нормированных показателей равен нулю (единице).

Кривая безразличия функции полезности имеет отрицательный наклон, поэтому кривая безразличия пересекает рассматриваемую область в двух точках, первая их которых находится на ломаной *OAC*, вторая – на ломаной *OBC* (рис. 6). Для построения кривой с заданным УДЦ необходимо определить координаты этих точек, а также, возможно, ещё несколько дополнительных точек, лежащих внутри рассматриваемой области. Количество таких «внутренних» точек может варьироваться в зависимости от требуемой точности интерполирования функции.

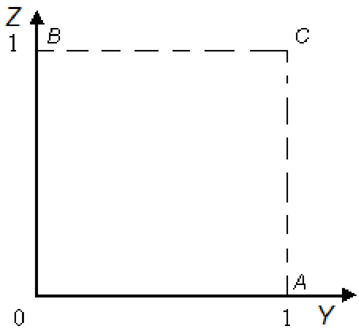


Рис. 6. Исследуемая область значений показателей

Вышеизложенные соображения позволяют сформулировать предлагаемый **алгоритм опроса эксперта.** Перед началом опроса определим количество искомых кривых безразличия s, а также их УДЦ u_i, $i=1,\dots, s$, причем $u_i<u_{i+1}$, а также параметр m – максимальное количество дополнительных точек.

Найдем s граничных точек a_i на ломаной OAC, в которых функция будет иметь соответствующие значения u_i, где i принимает значение от 1 до s. Для начала определим, какие из этих точек принадлежат отрезку OA, а какие – AC, следующим образом: попросим эксперта ответить на вопрос: «При целевом уровне первого и начальном уровне второго показателя (y=1, z=0) достигнет ли цель уровня u_i?». Если на вопрос получен отрицательный ответ, i увеличивается на единицу, иначе опрос останавливается. Номер $i=k$, на котором остановился опрос, является первым, начиная с которого точки $a_k,\dots, a_s$ принадлежат отрезку AC. Точки $a_1,\dots, a_{k-1}$ принадлежат отрезку OA, при этом, если $i=s$, но на вопрос не получен положительный ответ, данному отрезку принадлежат все точки $a_1,\dots,a_s$.

Затем найдем координаты точек a_i. Для точек, которые лежат на отрезке OA, попросим эксперта ответить на вопрос: «При каком значении y (z=0) УДЦ будет равен u_i?», а для лежащих на AC: «При каком значении z (y=1) УДЦ будет равен u_i?».

Аналогичным образом определяются граничные точки b_i, лежащие на ломаной OBC.

Получившиеся в результате отрезки с концами в точках a_i и b_i являются первым приближением кривых безразличия. Для дальнейшего повышения точности интерполирования функции необходимо аппроксимировать соответствующие кривые безразличия ломаными, для чего следует определить дополнительные внутренние точки, значение УДЦ в которых будет равно значению в крайних точках a_i и b_i.

Кривая безразличия, соединяющая точки a_i и b_i, в силу свойств исследуемой функции полностью находится внутри прямоугольника с противоположными углами в точках a_i и b_i. Данное утверждение будет справедливо и для любых двух других соседних точек P и Q аппроксимирующей ломаной. При этом максимальное возможное расстояние между кривой безразличия, проходящей через точки P и Q, до отрезка, соединяющего эти точки, будет равно высоте h прямоугольного треугольника, построенного на отрезке PQ как на диагонали, катеты которого параллельны осям координат (рис. 7). При этом расстояние h можно использовать в качестве оценки ошибки аппроксимации и вычислить следующим образом (6):

$$h = \left|PQ\right| \cdot \sin\alpha \cdot \cos\alpha, \tag{6}$$

где $\left|PQ\right|$ – длина отрезка PQ;

α – угол между отрезком PQ и осью X.

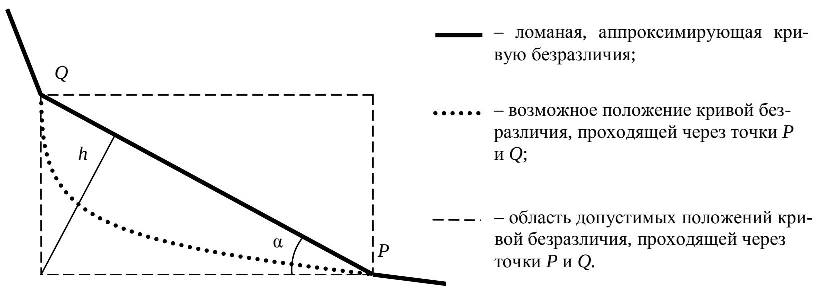


Рис. 7. Ломаная и кривая безразличия

Дальнейшая работа алгоритма опроса эксперта заключается в определении положения дополнительных внутренних точек для некоторых линий уровня. При этом основная задача алгоритма заключается в определении такого звена ломаной, аппроксимирующей кривую безразличия, которое целесообразнее всего разбить на два путем добавления к ломаной ещё одной точки. Критерием целесообразности может служить величина h.

Одним из способов выбора звена ломаной для разбиения является определение величины h для всех имеющихся звеньев с последующим выбором звена с максимальной величиной h. Для внесения максимального количества дополнительных точек ломаных необходимо будет повторить процедуру m раз. Однако при величине угла α, близкой к 0° или 90°, внесение дополнительной точки не приводит к существенному приближению ломаной к кривой безразличия. В этом случае, очевидно, одна из переменных не оказывает существенного влияния на УДЦ в рассматриваемой области.

Предлагаемый способ выбора звена для разбиения основан на определении критического значения h^* и последующего разбиения всех звеньев, для которых $h > h^*$. Для определения h^* рассчитаем для всех найденных точек $a_i(y_{ai}; z_{ai})$ максимальные соответствующие высоты $h_{ai} = \sqrt{2} \cdot (y_{ai} - z_{ai})$, а также для всех точек $b_i(y_{bi}; z_{bi})$ максимальные соответствующие высоты $h_{bi} = \sqrt{2} \cdot (z_{bi} - y_{bi})$. После этого рассчитаем h^* на основании формулы (7):

$$h^* = \frac{\max\left(\sum_{i=1}^{n} h_{ai}; \sum_{i=1}^{n} h_{bi}\right)}{m}. \qquad (7)$$

Такой способ выбора звеньев для разбиения допускает, что количество дополнительных точек будет меньше m.

Предположим, что для разбиения выбрано звено ломаной, соответствующей уровню u_i с граничными точками $c_i^j\left(y_j, z_j\right)$ и $c_i^{j+1}\left(y_{j+1}, z_{j+1}\right)$. Тогда опрос эксперта будет продолжен в зависимости от угла наклона этого звена:

– если $\left|y_{j+1} - y_j\right| < \left|z_{j+1} - z_j\right|$, то эксперту задается вопрос: «При каком значении z' УДЦ будет равен u_i, если $y' = \left(y_{j+1} + y_j\right)/2$?»;

– иначе задается вопрос: «При каком значении y' УДЦ будет равен u_i, если $z' = \left(z_{j+1} + z_j\right)/2$?».

Полученная точка с координатами (y', z') добавляется к ломаной, после чего для новых звеньев вычисляется величина h и опрос повторяется пока есть звенья, для которых $h > h^*$.

Все дополнительные точки обозначим через c_i^j, где i – номер ломаной, j – номер дополнительной точки на данной ломаной.

В результате опроса исследуемая область разбита ломаными, аппроксимирующими кривые безразличия, на несколько частей (рис. 8). Для оценки значения УДЦ в произвольной точке области необходимо определить минимальные расстояния d_i и d_{i+1} от этой точки до ломаных, между которыми она находится (точки (0;0) и (1;1) также играют роль ломаных с соответствующим УДЦ). Тогда УДЦ в данной точке предлагается рассчитывать по формуле (8):

$$u = \frac{u_i d_{i+1} + u_{i+1} d_i}{d_{i+1} + d_i} \tag{8}$$

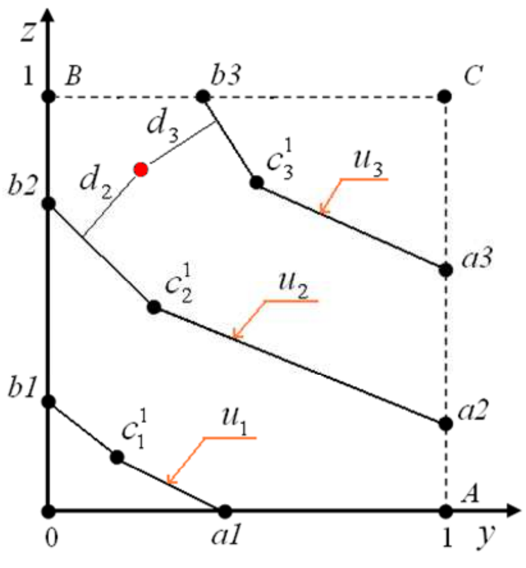


Рис. 8. Ломаные безразличия (двухмерный случай)

Для повышения достоверности экспертных оценок в процессе опроса эксперта предполагается использовать реальные, а не нормированные значения показателей. При расчёте величин y' и z' возможно их незначительное увеличение или уменьшение с целью получения числа, удобного для восприятия.

Предложенный способ определения функции полезности имеет ряд преимуществ [109]:

– упрощается задача эксперта, за счёт чего повышается надежность оценок;

– предоставляется возможность задания желаемой точности оценки путем варьирования начальных параметров опроса (количество ломаных, количество внутренних точек).

Покажем, что заданная таким образом функция является монотонной.

Утверждение 1. Пусть с помощью предложенного метода для некоторой стратегической цели, определяемой двумя показателями, формализована зависимость между уровнем её достижения и нормированными значениями этих показателей (которые являются аргументами функции). Тогда данная функция монотонна.

Доказательство.

Рассмотрим любые две точки из области определения (единичного квадрата), отличающиеся только по одной координате: $M_0(y_0, z_0)$ и $M_1(y_1, z_0)$, $y_0 < y_1$. При этом область определения разбита некоторым количеством кривых безразличия (точнее, аппроксимирующих эту кривую ломаных). Заметим, что эти ломаные являются невозрастающими по каждой координате: если рассматривать их как функции одной переменной y или z, то каждая такая функция невозрастающая (рис. 8).

Возможны следующие случаи.

1. Эти две точки лежат по разные стороны от некоторой ломаной безразличия. Тогда очевидно, что $u(y_0, z_0) < u(y_1, z_0)$, поскольку значение функции в любой точке правее ломаной больше, чем значение функции на ломаной, а значение функции в любой точке левее ломаной меньше, чем значение функции на ломаной.

2. Одна или обе точки лежат на ломаных (включая, может быть, углы квадрата (0,0) и (1,1)). Очевидно, что $u(y_0, z_0) \le u(y_1, z_0)$. Причем $u(y_0, z_0) = u(y_1, z_0)$, только

если обе точки лежат на одной и той же ломаной (такое возможно, если у ломаной есть звено, параллельное оси OY).

3. Обе точки лежат между двумя соседними ломаными (условно назовем их «верхней» и «нижней»). Обозначим значения функции на этих ломаных $u_н$ и $u_в$ ($u_н < u_в$).

В соответствии с формулой (8)

$$u(y_0, z_0) = \frac{d_в^0 u_н + d_н^0 u_в}{d_в^0 + d_н^0} = \frac{d_в^0 u_н - d_н^0 u_н + d_н^0 u_н + d_н^0 u_в}{d_в^0 + d_н^0} =$$

$$= u_н + (u_в - u_н)\frac{d_н^0}{d_в^0 + d_н^0} = u_н + (u_в - u_н)\cdot\frac{1}{1 + \frac{d_в^0}{d_н^0}}.$$

Аналогично,

$$u(y_1, z_0) = u_н + (u_в - u_н)\cdot\frac{1}{1 + \frac{d_в^1}{d_н^1}}.$$

Для того чтобы показать, что $u(y_0, z_0) \le u(y_1, z_0)$, достаточно показать, что $d_в^0 \ge d_в^1$ (доказательство неравенства $d_н^0 \le d_н^1$ будет аналогичным).

Здесь также возможно несколько случаев.

3.1. Если расстояния от обеих точек до соответствующей («верхней») ломаной есть длины перпендикуляров, опущенных на одно и то же звено ломаной (рис. 9), то неравенство $d_в^0 \ge d_в^1$ очевидно в силу невозрастания ломаной безразличия.

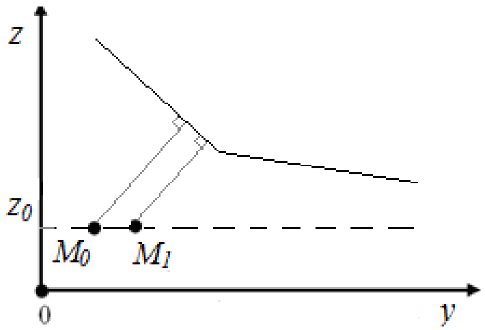


Рис. 9. Расстояния от точек до ломаной суть длины перпендикуляров, опущенных на одно и то же ребро ломаной

3.2. Если расстояния от обеих точек до соответствующей («верхней») ломаной есть длины перпендикуляров, опущенных на разные звенья ломаной (рис. 10), то неравенство $d_в^0 \geq d_в^1$ также следует из невозрастания ломаной безразличия.

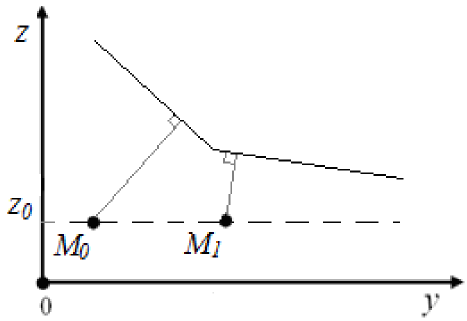


Рис. 10. Расстояния от точек до ломаной суть длины перпендикуляров, опущенных на разные ребра ломаной

3.3. Рассмотрим случай, когда расстояние от точки M_0 до ломаной есть длина перпендикуляра, опущенного на некоторое звено ломаной. В свою очередь, расстояние от точки M_1 до ломаной есть длина отрезка, одним концом которого является точка M_1, а другим – правый конец этого же звена ломаной (рис. 11).

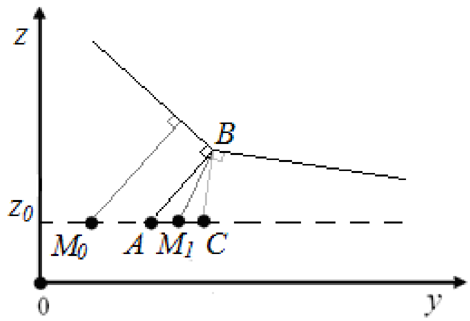


Рис. 11. Расстояние от одной из точек до ломаной суть длина отрезка, вторым концом которого является правый конец звена ломаной

На рисунке 11 точка *B* есть правый конец того звена ломаной, о котором сказано выше (и, одновременно, левый конец следующего звена ломаной). *AB* – перпендикуляр, опущенный в точке *B* на «левое» звено, *CB* – перпендикуляр, опущенный в точке *B* на «правое» звено. Нетрудно видеть, что $d_в^0 \geq |AB| \geq |M_1B| = d_в^1$.

Аналогично показывается, что $d_в^0 \geq d_в^1$, когда обе точки M_0 и M_1 находятся внутри угла *ABC* (рис. 12) и когда точка M_0 находится внутри угла *ABC*, а расстояние от точки M_1 до ломаной есть перпендикуляр, опущенный на «правое» звено ломаной (рис. 13).

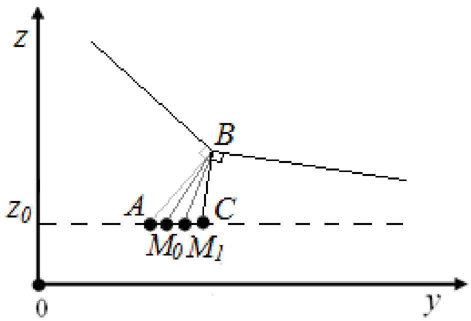


Рис. 12. Расстояние от обеих точек до ломаной суть длины отрезков, вторым концом которых является конец звена ломаной

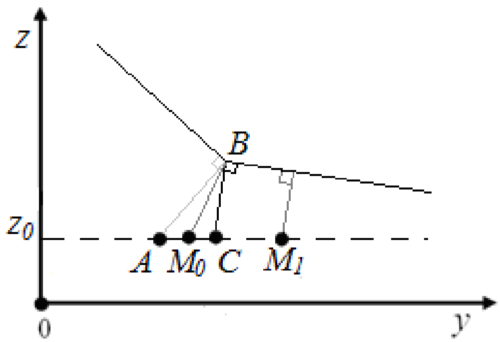


Рис. 13. Расстояние от одной из точек до ломаной суть длина отрезка, вторым концом которого является левый конец звена ломаной

3.4. Возможен также случай, когда расстояние от точки M_0 до ломаной есть перпендикуляр, опущенный из неё на некоторое звено ломаной, или длина отрезка до правого конца этого звена, при этом расстояние от точки M_1 до ломаной есть перпендикуляр, опущенный из неё на другое звено ломаной, или длина отрезка до правого конца этого звена. В этом случае неравенство $d_в^0 \geq d_в^1$ доказывается аналогично.

Заметим, что если ломаная выпукла вверх (рис. 14), то ситуации, когда расстояние от одной (или обеих) точки до ломаной суть длина отрезка, вторым концом которого является конец звена ломаной, невозможны. В этом случае для каждой пары соседних звеньев ломаной на прямой $z = z_0$ найдется такая точка, при которой длины опущенных из нее на звенья ломаной перпендикуляров равны (на рис. 14 это точка E). Если точка M_1 лежит левее точки E, то имеем случай 3.1. Если точка M_1 лежит правее точки E, то налицо случай 3.2.

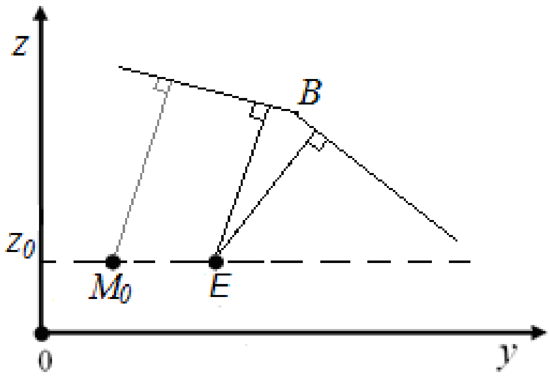


Рис. 14. Случай ломаной, выпуклой вверх

Итак, мы доказали, что $u(y_0, z_0) \leq u(y_1, z_0)$ при $y_0 < y_1$.

Неравенство $u(y_0, z_0) \leq u(y_0, z_1)$ при $z_0 < z_1$ доказывается аналогично (рис. 15).

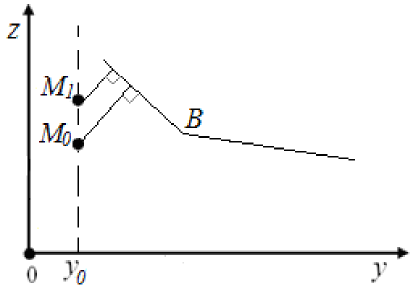


Рис. 15. Случай изменения по координате z

Пусть теперь $y_0 < y_1$, $z_0 < z_1$. Тогда $u(y_0, z_0) \le u(y_1, z_0) \le u(y_1, z_1)$, а значит, функция $u(y, z)$ монотонна.

2.3. Метод построения функциональной зависимости уровня достижения стратегической цели от значений описывающих её показателей для любого количества показателей при произвольном характере отношений между ними

Рассмотрим случай с несколькими (тремя и более) показателями. Одним из способов решения поставленной задачи (нахождение функциональной зависимости) является декомпозиция: все показатели разбиваются определенным образом на две группы, каждая из которых делится ещё на две и т.д. Таким образом, мы сводим решение задачи к двумерному случаю (случаю двух показателей). Применяя для каждой пары описанный выше метод, мы можем определить функцию УДЦ (как функцию полезности). При этом, однако, следует учитывать некоторые сложности:

– необходимо найти отношение (зависимость или независимость по полезности) между всеми парами показателей: это требуется для того, чтобы в дальнейшем определить отношения между группами, в которые они будут входить;

– показатели, принадлежащие одной и той же группе, должны иметь близкие смысловые значения: при опросе эксперту сложно оперировать показателями с разным смысловым содержанием как одной сущностью.

Целесообразнее делить показатели на группы так, чтобы отношения между показателями, принадлежащими разным группам, имели взаимную независимость: как следствие, отношения между самими группами тоже будут взаимно независимы. В случае невозможности разбиения на такие группы показатели следует группировать так, чтобы имела место односторонняя зависимость. Такая последовательность обусловлена сложностью нахождения функции УДЦ (как функции полезности): легче всего определить функцию при двух взаимно независимых показателях, случай взаимной зависимости показателей самый сложный.

Приведем пример разбиения показателей на группы. Имеем четыре показателя *A, B, C, D*. С помощью вышеописанного метода определим отношения между ними (рис. 16):

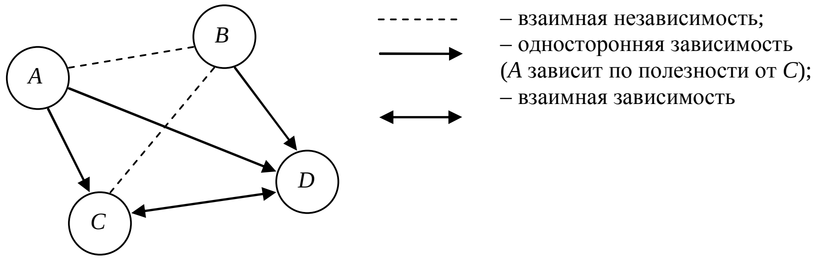


Рис. 16. Отношение между показателями

В данном случае существует несколько вариантов разбиения (рис. 17).

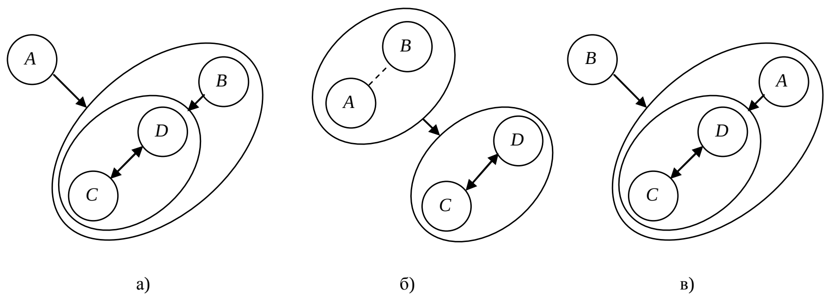


Рис. 17. Варианты разбиения показателей на группы

Соответственно, получаем:

$$
\text{а)}\quad
\begin{aligned}
u(a,b,c,d) = {} & u(a,u_{BCD}(b_0,c_0,d_0))\cdot[1-u(a_0,u_{BCD}(b,c,d))]+ \\
& u(a,u_{BCD}(b_1,c_1,d_1))\cdot u(a_0,u_{BCD}(b,c,d)); \\
u_{BCD}(b,c,d) = {} & u_{BCD}(b,u_{CD}(c_0,d_0))\cdot[1-u_{BCD}(b_0,u_{CD}(c,d))]+ \\
& u_{BCD}(b,u_{CD}(c_1,d_1))\cdot u(b_0,u_{CD}(c,d));
\end{aligned}
$$

$$
\text{б)}\quad
\begin{aligned}
u(a,b,c,d) = {} & u(u_{AB}(a,b),u_{CD}(c_0,d_0))\cdot[1-u(u_{AB}(a_0,b_0),u_{CD}(c,d))]+ \\
& u(u_{AB}(a,b),u_{CD}(c_1,d_1))\cdot u(u_{AB}(a_0,b_0),u_{CD}(c,d)); \\
u_{AB}(a,b) = {} & u_{AB}(a,b_0)+u_{AB}(a_0,b)+k\cdot u_{AB}(a,b_0)\cdot u(a_0,b);
\end{aligned}
\qquad (9)
$$

$$
\text{в)}\quad
\begin{aligned}
u(a,b,c,d) = {} & u(b,u_{ACD}(a_0,c_0,d_0))\cdot[1-u(b_0,u_{ACD}(a,c,d))]+ \\
& u(b,u_{ACD}(a_1,c_1,d_1))\cdot u(b_0,u_{ACD}(a,c,d)); \\
u_{ACD}(a,c,d) = {} & u_{ACD}(a,u_{CD}(c_0,d_0))\cdot[1-u_{ACD}(a_0,u_{CD}(c,d))]+ \\
& u_{ACD}(a,u_{CD}(c_1,d_1))\cdot u(a_0,u_{CD}(c,d));
\end{aligned}
$$

Таким образом, построение четырехкритериальной функции полезности свелось к построению нескольких двухкритериальных.

Из всех вариантов следует выбрать такой, при котором показатели одной и той же группы имеют схожие смысловые содержания. Если же таких вариантов нет, то применение данного способа повлечет большие трудности, что повлияет на точность.

С увеличением количества показателей увеличивается и количество отношений, которые должны быть определены (при n показателях требуется определить $n\cdot(n-1)/2$ отношений). Необходимо рассматривать n-1 двухмерных случаев, которые образуются при декомпозиции задачи. Поэтому данный способ рекомендуется применять при малом количестве показателей.

Для произвольного количества показателей при любых вариантах взаимосвязей между ними (что позволяет считать данный метод универсальным) предложен следующий метод. Суть его состоит в генерировании по некоторому алгоритму вопросов определенного вида для опроса экспертов, определении значений функции в соответствующих точках на основе ответов экспертов и расчёте значений функции в любой заданной точке из её области определения.

Опишем способ определения значения функции n переменных, т.е. нахождения уровня достижения цели, которая измеряется количеством показателей, равным n. Перед началом опроса зададим количество искомых поверхностей безразличия s, а также их УДЦ u_i, i=1,…,s, причем $u_i<u_{i+1}$, а также параметр m – мак-

симальное количество дополнительных точек (аналогично ранее описанному методу) [110].

Для расчётов по-прежнему берутся нормированные значения показателей (от 0 до 1). Таким образом, значения функции находятся в n-мерном кубе ($[0;1]^n$).

Граничной будем называть точку пересечения поверхности безразличия с ребром куба, т.е. такую точку, для которой только одна координата может лежать в интервале от 0 до 1, а остальные либо равны 0, либо 1. Значение УДЦ для граничной точки поверхности безразличия i будет равно u_i. Через n граничных точек данной поверхности безразличия можно однозначно провести гиперплоскость в n-мерном евклидовом пространстве.

Найдем $s \cdot n$ таких граничных точек $a_{i,j}$ (i=1,…,s; j=1,…,n) следующим способом. Зададим вопрос эксперту: «При максимальном значении первого показателя и минимальных остальных превысит ли УДЦ величину u_i?». Если ответ отрицательный, продолжим задавать вопрос, добавляя к показателям, достигшим максимального значения, второй, третий и т.д., пока анкетируемый не даст положительный ответ. После этого попросим уточнить, при каком именно значении последнего добавленного показателя УДЦ будет точно равен u_i. Это значение определит, в каком «месте» ребра будет находиться граничная точка. Для нахождения второй и следующих граничных точек, принадлежащих этой же гиперплоскости порядок добавления показателей будет циклической перестановкой исходного, т.е. при определении, например, четвертой точки порядок добавления показателей будет следующим: 4, …, n, 1, 2, 3. Для случая n=3 покажем, какие ребра будут использованы (рис. 18).

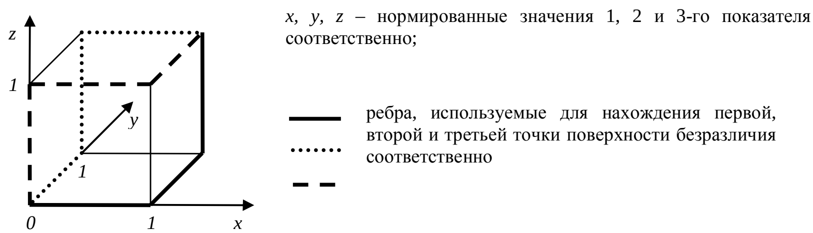


Рис. 18. Используемые ребра при n=3

Поверхность безразличия, соединяющая граничные точки, в силу свойств исследуемой функции полностью находится внутри такого гиперпараллелепипеда (n-мерного параллелепипеда), так что его ребра параллельны осям и все граничные точки лежат на этих ребрах (хотя бы одна из них лежит в вершине). При этом максимально возможное расстояние между поверхностью безразличия, проходящей через данные точки, и найденной гиперплоскостью можно определить как максимум длин перпендикуляров, опущенных на гиперплоскость из вершин гиперпараллелепипеда, имеющих все минимальные и все максимальные координаты среди прочих. Для случая n=3 эти перпендикуляры показаны на рис. 19.

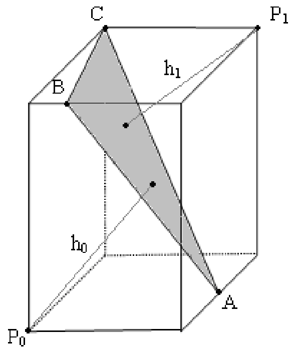


Рис. 19. Перпендикуляры, опущенные на гиперплоскость, n=3

На рисунке 19 точки $A(x_a,y_a,z_a)$, $B(x_b,y_b,z_b)$, и $C(x_c,y_c,z_c)$ принадлежат ребрам параллелепипеда и через них проведена плоскость. Координаты точек $P_0(x_{p0},y_{p0},z_{p0})$ и $P_1(x_{p1},y_{p1},z_{p1})$ могут быть вычислены следующим образом: $x_{p0}=min(x_a,x_b,x_c),\ldots$, $z_{p0}=min(z_a,z_b,z_c)$, $x_{p1}=max(x_a,x_b,x_c)$, …, $z_{p1}=max(z_a,z_b,z_c)$. Максимально возможное расстояние между поверхностью безразличия и плоскостью определим как $h=min(h_0,\ h_1)$. При этом расстояние h можно использовать в качестве оценки ошибки аппроксимации. Длины перпендикуляров можно вычислить следующим образом (10):

$$h_i = \frac{\left| \sum_{j=1}^{n} A_j \cdot p_{ij} + B \right|}{\sqrt{\sum_{j=1}^{n} (A_j)^2}}, \tag{10}$$

где p_{ij} – j-я координата точки P_i;

A_j, B – коэффициенты уравнения гиперплоскости в n-мерном пространстве: $\sum_{j=1}^{n} A_j \cdot x_j + B = 0$.

После определения граничных точек гиперплоскость, проведенная через них, является аппроксимацией поверхности безразличия соответствующего уровня. Для повышения точности аппроксимации в случае относительно большой кривизны поверхности необходимо увеличить количество сегментов гиперплоскостей. Для этого найдем дополнительные точки с тем же УДЦ, но лежащие не на ребрах,

а внутри гиперкуба, и таким образом разобьем найденную гиперплоскость на несколько других, использующих новую найденную точку. Подобное разбиение будем продолжать до тех пор, пока не достигнем заданной точности аппроксимации.

В качестве индикатора такой точности будем использовать расстояние h, поскольку большое значение длины перпендикуляра h служит индикатором потенциально большой кривизны поверхности и, как следствие, ошибки интерполирования, а в процессе разбиения эта величина для новых гиперповерхностей не может превышать исходную. Для ограничения итерационного процесса рассчитаем такую величину $h*$ (будем называть её критической длиной перпендикуляра), что при превышении длины перпендикуляра для некоторой гиперплоскости величины $h*$ необходимо разбить эту гиперплоскость на несколько других путем нахождения новой внутренней точки.

Величину $h*$ будем вычислять следующим образом:

– через каждую граничную точку a_{ij} проведем гиперплоскость, компоненты нормального вектора которой равны между собой;

– рассчитаем длины перпендикуляров, опущенных на эту плоскость из минимальной и максимальной вершины параллелепипеда, найдем минимальную из них и обозначим её как h_{ij}.

Рассчитаем критическую длину $h*$ по формуле (11):

$$h* = \frac{\max\left(\sum_{i=1}^{s} h_{i1}; \sum_{i=1}^{s} h_{i2}; \ldots; \sum_{i=1}^{s} h_{in}\right)}{m}, \tag{11}$$

где m – максимальное количество дополнительных точек, заданных в начале анкетирования.

Данный способ выбора звеньев для разбиения допускает, что количество внесенных дополнительных точек будет меньше m.

Для нахождения дополнительных (внутренних) точек некоторой гиперплоскости (находящейся в некотором параллелепипеде) мы предоставим эксперту выбрать значение одного из показателей при фиксированных значениях остальных. Такой способ облегчает задачу эксперта и увеличивает точность его ответов. С целью предоставления эксперту большей свободы выбора следует предлагать для оценки тот показатель, который соответствует самому длинному ребру параллелепипеда. Значения остальных показателей должны быть зафиксированы на уровне, соответствующем середине ребра параллелепипеда.

После того как эксперт указал значение показателя, при котором точка с остальными фиксированными координатами будет иметь тот же УДЦ, что и остальные точки линии уровня, разобьем гиперплоскость следующим образом: каждая вершина в разбитой плоскости будет поочередно заменена новой вершиной, при этом исходная гиперплоскость будет заменена на n новых. Например, в 3-мерном пространстве (n=3) плоскость, построенная на точках A, B и C, будет разбита новой точкой D на три новых плоскости, образованные следующими тройками вершин: (D, B, C), (A, D, C) и (A, B, D), как показано на рис. 20.

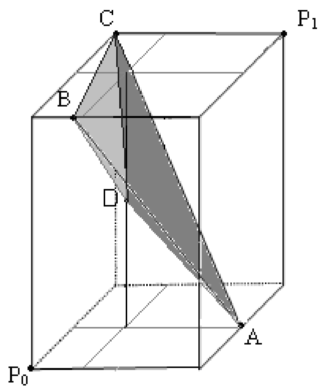


Рис. 20. Разбиение плоскости дополнительной точкой, n=3

После проведения опроса для каждого заранее заданного значения УДЦ имеется набор точек, на которых строится аппроксимирующая поверхность, составленная из сегментов гиперплоскостей. Для определения значения УДЦ в любой другой точке мы предлагаем следующий метод: определим минимальные расстояния d_i и d_{i+1} от этой точки до ближайших аппроксимирующих поверхностей с УДЦ, соответственно, u_i и u_{i+1} (минимальная и максимальная точка куба также играют роль вырожденных поверхностей с соответствующим УДЦ). Тогда УДЦ в данной точке предлагается рассчитывать аналогично по формуле (8).

Покажем, что при рассмотренном обобщении метода построенная функция остается монотонной.

Для этого также сначала покажем, что для любых двух точек $M_0(x_1^0,\dots,x_{i-1}^0,x_i^0,x_{i+1}^0,\dots,x_n^0)$ и $M_1(x_1^0,\dots,x_{i-1}^0,x_i^1,x_{i+1}^0,\dots,x_n^0)$ ($x_i^0 < x_i^1$) из области определения (единичного n-мерного куба), лежащих на прямой, параллельной одной из осей координат (OX_i), расстояние от точки M_1 до «верхней» поверхности безразличия (точнее аппроксимирующей ее поверхности, состоящей из «кусков» гиперплоскостей размерности n–1) не будет превосходить расстояние до этой поверхности от точки M_0 (непосредственно следует из того, что поверхность безразличия монотонно не возрастает по каждой координате). Тогда $u(x_1^0,\dots,x_{i-1}^0,x_i^0,x_{i+1}^0,\dots,x_n^0) \le u(x_1^0,\dots,x_{i-1}^0,x_i^1,x_{i+1}^0,\dots,x_n^0)$.

После этого нетрудно показать, что если $x_1^0 \le x_1^1, x_2^0 \le x_2^1,\dots,x_n^0 \le x_n^1$, то $u(x_1^0,x_2^0,\dots,x_n^0) \le u(x_1^{!},x_2^1,\dots,x_n^1)$, т.е. функция $u(x_1,x_2,\dots,x_n)$ монотонна. Для этого достаточно выписать соответствующую цепочку неравенств. Например, при n=3: $u(x_1^0,x_2^0,x_3^0) \le u(x_1^1,x_2^0,x_3^0) \le u(x_1^1,x_2^1,x_3^0) \le u(x_1^1,x_2^1,x_3^1)$.

2.4. Метод построения функциональной зависимости уровня достижения стратегической цели от значений описывающих её показателей на основе знакопеременной функции полезности

Рассмотрим случай, когда при выполнении нескольких (или даже одного) стратегических мероприятий целевые значения показателей оказываются превышены. В таких условиях функция полезности может принимать отрицательные значения [57, 99].

Впервые знакопеременная функция полезности была получена американскими исследователями Кини и Райфа на основе лотерей и предназначалась для экономических показателей: отрицательной области соответствовали убытки предпринимателя [41].

Для простоты разберем ситуацию, когда уровень достижения стратегической цели зависит от значений двух показателей.

Обозначим через $x_{\min}$, $y_{\min}$ минимально возможные значения показателей x и y, а через $x_{\max}$, $y_{\max}$ – максимально возможные. В частном случае минимальные значения $x_{\min}$, $y_{\min}$ и начальные значения x_0, y_0 могут совпадать.

Пусть рассматриваемая нами функция достигает своего максимума в единственной точке. При этом будем полагать, что при превышении целевых значений показателей функция полезности начинает убывать.

В соответствии с принятыми нами обозначениями введем следующие предположения:

– функция $U(x;y)$ непрерывна на всей области определения;

– область значений функции $U(x;y)$ есть отрезок $[-1;1]$;

– $U(x_0;y_0)=0$;

– $U(x_1;y_1)=1$;

– $U(0;0)=-1$;

– на области $[0,x_1]\times[0,y_1]$ функция $U(x;y)$ возрастает по каждой переменной;

– на области $[x_1,x_{\max}]\times[y_1,y_{\max}]$ функция $U(x;y)$ убывает по каждой переменной.

Координатное поле, в котором располагаются изолинии (кривые безразличия функции $U(x;y)$), представлено на рис. 21.

Как видно из рис. 21, область $[0,x_{\max}]\times[0,y_{\max}]$ разбита на шестнадцать прямоугольных областей. В рамках поставленной задачи нас в первую очередь интересуют области, в которых значения обоих показателей превышают начальные. Для удобства пронумеруем их.

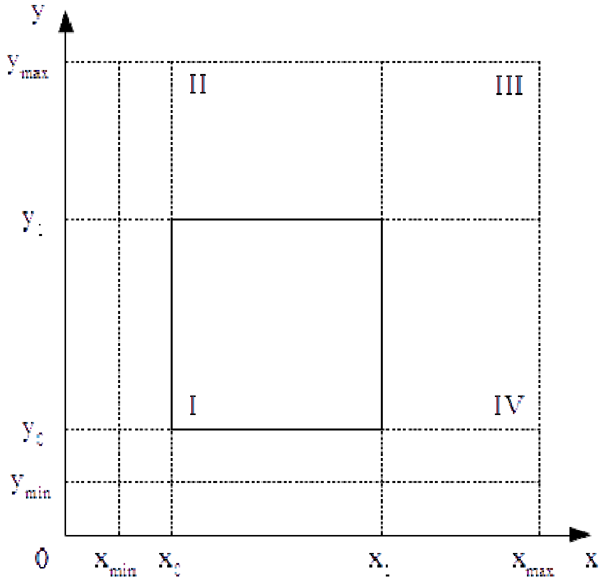


Рис. 21. Координатное поле области определения функции полезности

Для рассматриваемого случая под «полезным» приростом здесь и в дальнейшем будем понимать положительный прирост показателя на отрезке от начального значения до целевого (в этом случае полезность возрастает). «Вредный» прирост – это положительный прирост показателя на отрезке от целевого значения до максимально возможного (в этом случае полезность убывает). Область I представляет собой прямоугольник, где оба показателя x и y имеют «полезный» прирост по сравнению с начальными значениями.

Для областей II и IV характерен «полезный» прирост одного из показателей (в области II по x, в области IV по y) и «вредный» прирост второго. В области III происходит «вредный» прирост обоих показателей.

Для дальнейшего решения поставленной задачи введем ряд предположений об изолиниях искомой функции полезности:

– изолинии являются замкнутыми непрерывными кривыми;

– изолинии являются кусочно-гладкими (гладкость может нарушаться только на границах областей);

– в областях I и III изолиния как функция $y(x)$ не возрастает;

– в областях II и IV изолиния как функция $y(x)$ не убывает;

– направление выпуклости изолинии может меняться (т.е. $y''(x)$ меняет знак) только на границах областей.

В ситуации, когда имеют место описанные нами ограничения, может быть применена модификация метода, описанного в работах [108–110]. Необходимость модификации связана с тем, что указанный метод позволяет получить значение целевой функции только в области от начальных значений показателей до целевых (область I в принятых нами обозначениях). Ещё одним недостатком прямого применения указанного метода является существенный рост количества точек, которые необходимо найти для построения искомой зависимости. От количества искомых точек напрямую зависит количество вопросов, на которые эксперту необходимо дать ответ. При увеличении количества показателей, описывающих цель, эта проблема становится всё более существенной, так как большое количество вопросов может утомить эксперта, что, в свою очередь, может сказаться на качестве ответов и/или на сроках формирования итоговой карты целей и списка стратегических мероприятий.

В соответствии с указанным методом найдем кривые безразличия для функции полезности в области I. В результате экспертного опроса сначала будут получены граничные точки для искомых изолиний. Следует заметить, что граничные точки, которые лежат на границе области I и области II, а также на границе области I и области IV, можно будет использовать для нахождения продолжения изолинии с соответствующим уровнем полезности в областях II и IV.

Далее нужно достроить изолинию в областях II и IV. Возможное место расположения граничных точек в этих областях отличается от возможного расположения граничных точек в областях I и III. В областях I и III левые граничные точки могут быть расположены на левой и/или на верхней границе, а правые точки – на правой и/или нижней. В областях II и IV левые граничные точки могут быть расположены на левой и/или на нижней границе, а правые точки – на правой и/или верхней границе. Такое расположение граничных точек связано с введенными нами предположениями об изолиниях функции полезности.

Граничные точки, лежащие на границах области III с областями II и IV, также можно использовать для нахождения изолиний в области III. Такой подход позволяет снизить количество вопросов, задаваемых эксперту.

Первым приближением кривых безразличия являются отрезки, соединяющие граничные точки с одинаковым уровнем полезности в соответствующих областях. Для повышения точности интерполяции функции необходимо аппроксимировать кривые безразличия ломаными. Для этого нужно определить дополнительные точки, значение полезности в которых будет равно значению в граничных точках. Способ аппроксимации описан в работе [109].

Для оценки значения функции полезности в произвольной точке области используются минимальные расстояния от этой точки до ломаных, между которыми она находится. Расчет происходит по следующей формуле:

$$u = \frac{u_i \cdot d_{i+1} + u_{i+1} \cdot d_i}{d_{i+1} + d_i},$$

где i – порядковый номер ломаной;

d_i, d_{i+1} – расстояния до соответствующих ломаных;

u_i, u_{i+1} – значения функции полезности в соответствующих ломаных.

При расчете значения по данной формуле используются ломаные той области, в которой находится заданная точка. При этом в области I в качестве ломаных выступают еще и точки $(x_0; y_0)$, $(x_1; y_1)$, в области II – $(x_0; y_{\max})$, $(x_1; y_1)$, в области III – $(x_1; y_1)$, $(x_{\max}; y_{\max})$, в области IV – $(x_1; y_1)$, $(x_{\max}; y_0)$.

2.5. Метод определения влияния мероприятий на показатели карты целей

Любая организация для реализации разработанной стратегии предпринимает определенные шаги в виде выполнения мероприятий (проектов), результаты которых способствуют улучшению значений соответствующих показателей стратегических целей. При установлении зависимостей, определяющих изменения значений показателей в результате выполнения мероприятий, мы сталкиваемся с уже описанными сложностями, связанными, прежде всего, с уникальностью стратегии организации.

Экспертным путем относительно несложно определить эффект (в виде изменения значений показателей) от выполнения каждого отдельного мероприятия. Однако эффект от выполнения нескольких мероприятий определить гораздо сложнее, что связано, в том числе, с синергическими эффектами. При этом количество возможных комбинаций n мероприятий велико: $2^n - 1$ (случай, когда не выполнено ни одно мероприятие, не рассматривается). Соответственно, экспертам пришлось бы задавать большое количество вопросов, на большинство из которых ответить впрямую проблематично.

В этой связи предлагается модифицировать описанный выше метод. Вместо значений показателей рассмотрим степени выполнения мероприятий (от 0 – мероприятие не выполнялось, до 1 – мероприятие выполнено полностью), а вместо УДЦ – значение выбранного показателя.

В случае определения функциональной зависимости между УДЦ и показателями предполагалось, что при достижении всеми показателями желаемых (плановых) значений УДЦ равен 1. В данном случае при выполнении всех мероприятий из рассматриваемого набора достигнутое значение интересующего нас показателя может быть как больше, так и меньше желаемого.

В этой связи эксперту необходимо задать вопрос: «Как изменится значение показателя при всех выполненных мероприятиях?». Если значение показателя при выполнении всех мероприятий будет больше желаемого, то в качестве одной из поверхностей безразличия, разбивающих исследуемую область $[0;1]^n$, нужно выбрать поверхность безразличия, соответствующую желаемому уровню показателя. В силу того, что в конечном итоге нас интересуют значения показателя только при полностью выполненных мероприятиях, областью определения искомой функции будет только часть единичного n-мерного куба, «отсеченная» этой самой поверхностью безразличия (рис. 22). Соответственно, нас будут интересовать значения построенной функции только в вершинах куба, но не всех, а тех, которые попали в область определения.

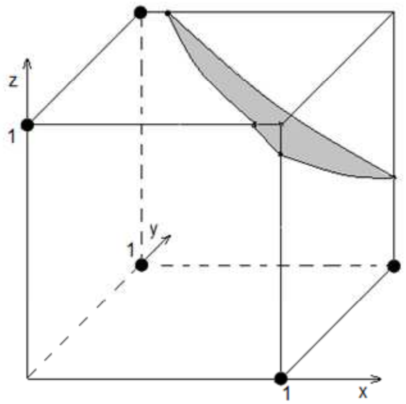


Рис. 22. Часть единичного n-мерного куба (n=3), «отсеченная» поверхностью безразличия

Если значение показателя при выполнении всех мероприятий будет меньше желаемого, то областью определения искомой функции станет весь единичный n-мерный куб, однако в этом случае возможно, следует уменьшить количество поверхностей безразличия.

Итак, мы пришли к следующим заключениям:

1. Американскими исследователями Р.Л. Кини и Х. Райфой предложен метод построения аналитической функции полезности для случая одного или нескольких независимых по полезности критериев. Адаптирован для экспертного опроса метод лотерей фон Неймана.

Данный метод может быть частично использован для определения функциональной зависимости уровня достижения стратегической цели от значений описывающих её показателей. Однако в связи с тем, что на практике обычно приходится иметь дело с взаимозависимыми показателями, нами разработан авторский метод построения функциональной зависимости уровня достижения стратегической цели от значений описывающих её показателей при двух взаимозависимых показателях. Идея метода состоит в выборе специальным образом некоторого относительно небольшого набора точек в рассматриваемой области, экспертном определении значений искомой функции в этих точках и последующем интерполировании.

2. Предложенный метод обобщен для любого количества показателей цели при произвольном характере отношений между ними, который, в свою очередь, модифицирован для определения влияния набора стратегических мероприятий на показатели карты целей.

3. В рамках предложенного метода построения многокритериальной функции полезности разработан адаптивный метод экспертного опроса, отличительной особенностью которого является формирование вопросов сравнительного характера для облегчения задачи экспертов и получения более точных оценок.

Глава 3. ПРАКТИЧЕСКАЯ АПРОБАЦИЯ МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ФОРМАЛИЗАЦИИ СТРАТЕГИИ ВУЗА

3.1. Построение функциональной зависимости уровня достижения стратегической цели от значения описывающего её показателя

Определим функцию УДЦ для стратегической цели вуза «Создание проектно-ориентированной организационной структуры». Судя по описанию, для этого необходимо увеличить значение показателя «Количество успешных проектов» с 10 до 20. Применим предложенный метод определения функций УДЦ для одномерного случая, используя нахождение детерминированных эквивалентов лотерей.

Продемонстрируем процедуру экспертного опроса в виде диалога. Напомним, что под экспертом понимается группа, сформированная, по возможности, из числа участвовавших в разработке стратегии: вопросы задаются не одному человеку, а всей группе, после согласования мнений членов группы даются окончательные ответы.

Аналитик. Я хотел бы исследовать Вашу оценку уровня достижения цели «Создание проектно-ориентированной организационной структуры» при различных количествах успешных проектов. Сейчас мы выполняем примерно 10 успешных проектов в год, что мы принимаем за 0% достижения цели. Также мы принимаем, что цель будет достигнута на 100% при 20 успешно выполненных проектов за год.

Если бы Вам предложили выбор: сыграть в лотерею, где с вероятностью 50% количество успешных проектов за год остается равным 10 либо с вероятностью 50% увеличивается до 20, либо «получить» всего 15 успешных проектов, но наверняка (лотерея <10;20>), что бы Вы выбрали?

Эксперт. Конечно же, в таком случае, выбрал бы 15 наверняка.

Аналитик. А если вместо 15 Вам предложили 13?

Эксперт. Я затрудняюсь ответить: большой разницы в выборе нет.

Аналитик. Хорошо, мы нашли детерминированный эквивалент лотереи (13~<10;20>). Не могли бы Вы ответить ещё на несколько вопросов? Если стоит выбор между лотереей <13;20> и 17, что было бы предпочтительнее?

Эксперт. Если Вам нужно подобрать такое количество успешных проектов, при котором для меня нет разницы в выборе, то могу сказать сразу, что искомое значение примерно 15, я бы даже сказал 16.

Аналитик. Вы можете оперировать вещественными числами.

Эксперт. Тогда пусть будет 15,7 (15,7~<13;20>).

Аналитик. Отлично. И последняя лотерея <10;13>, что Вы думаете об этой ситуации?

Эксперт. Ситуация, довольно сложная: диапазон лотереи довольно маленький. Я бы выбрал 11,2.

Аналитик. Давайте, проверим согласованность результатов. При лотерее <11,2;15,7>, какой бы был Ваш ответ (детерминированный эквивалент)?

Эксперт. Думаю 12,5.

Аналитик. Спасибо. Мы собрали все необходимые данные.

При проверке на согласованность результатов разница детерминированных эквивалентов лотерей <10;20> и <11,2;15,7> не слишком велика ($|13-12{,}5| = 0{,}5$), поэтому мы можем утверждать, что результаты согласованы.

Имеем следующие точки искомой функции УДЦ:

$$\begin{aligned} &u(10) = 0; \\ &u(11{,}2) = 0{,}25; \\ &u(13) = 0{,}5; \\ &u(15{,}7) = 0{,}75; \\ &u(20) = 1. \end{aligned} \tag{13}$$

Попробуем подобрать такую функцию из списка (3), которая проходит как можно ближе к найденным точкам.

В целях автоматизации расчётов нами был разработан программный комплекс, состоящий из нескольких программных средств. Для подбора однокритериальной функции полезности (на основе результатов лотерей) нами используется первое программное средство, позволяющее подобрать коэффициент a для наиболее распространенных функций полезности методом «золотого сечения».

В данном случае наиболее подходящей является функция $u(x) = -e^{-ax}$ (рис. 23), при a=1,8, для которой сумма квадратов отклонений минимальна (меньше чем 0,001).

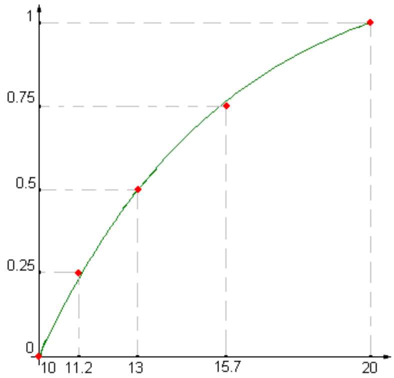


Рис. 23. Найденная функция УДЦ

Таким образом, мы определили функцию УДЦ в аналитическом виде.

Стоит отметить, что результирующую функцию и её параметр следует нормировать.

3.2. Построение функциональной зависимости уровня достижения стратегической цели от значений двух описывающих её показателей

Рассмотрим теперь случаи, в которых стратегическая цель описывается двумя показателями, при разных отношениях между ними: когда показатели взаимно независимые и когда взаимно зависимые.

Рассмотрим стратегическую цель «Повышение качества работы с клиентами», которая описывается двумя показателями: «Среднее время прохождения документов» и «Отношение заключенных договоров к количеству обращений». Начальное значение первого показателя находится на уровне 3,5 рабочих дня, второго – 30%; желаемый уровень первого – 2 рабочих дня, второго – 70%.

Проведем процедуру проверки зависимости между показателями.

Аналитик. Нам необходимо с Вашей помощью проверить зависимость между двумя показателями «Среднее время прохождения документов» и «Отношение заключенных договоров к количеству обращений». Для этого воспользуемся знакомым Вам методом лотерей фон Неймана. Для простоты обозначим показатели через *y* и *z* соответственно.

Для первого показателя *y* укажите детерминированный эквивалент лотереи <3,5;2>, при неизменном начальном значении второго показателя *z* (30%).

Эксперт. Думаю, 2,5 рабочих дня будет достаточно.

Аналитик. А каким должно быть значение показателя *y* при такой же лотерее, но с плановым значением *z* (70%)?

Эксперт. Для меня даже с максимальным значением *z* в 70% детерминированный эквивалент останется 2,5 рабочих дня.

Аналитик. Догадываюсь, что и при *z* в 50% Ваше решение останется таким же.

Эксперт. Да, вы правы. Не думаю, что количество заключенных контрактов как-то сможет повлиять на результат лотереи.

Представим результаты опроса в графическом виде (рис. 24).

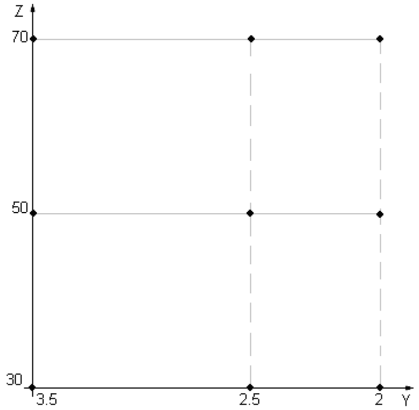


Рис. 24. Детерминированный эквивалент y=2,5 лотереи <3,5;2> при z=30, z=50 и z=70

В силу того, что детерминированный эквивалент лотереи первого показателя не изменяется при разных значениях второго, можно считать, что показатель *y* «Среднее время прохождение документов» не зависит от показателя *z* «Отношение заключенных договоров к количеству обращений» по полезности.

Аналогично определяем независимость *z* от *y*. В итоге имеем случай взаимной независимости показателей, поэтому для нахождения функции УДЦ воспользуемся формулой (5).

Нам необходимо найти ещё несколько детерминированных эквивалентов лотерей y_1~<2,5;2>, y_2~<3,5;2,5>, а также z_1~<30;45>, z_2~<45;70> (во время процедуры определения независимости нами уже был найден детерминированный эквивалент лотереи <30;70> по показателю *z*, равный 45). Во время опроса по одному показателю нам не нужно уточнять значение другого показателя в силу их взаимной независимости. Результаты опроса приведены в табл. 3.

Таблица 3

Результаты опроса

Среднее время прохождения документов	Отношение заключенных договоров к количеству обращений
2,15~ <2,5;2>	37 ~ <30;45>
2,5 ~ <3,5;2>	45 ~ <30;70>
2,75 ~ <3,5;2,5>	53 ~ <45;70>

Имеем следующие точки искомой функции УДЦ:

$$\begin{aligned} &u_y(3{,}5) = 0;\\ &u_y(2{,}75) = 0{,}25;\\ &u_y(2{,}5) = 0{,}5;\\ &u_y(2{,}15) = 0{,}75;\\ &u_y(2) = 1; \end{aligned} \tag{15}$$

$$\begin{aligned} &u_z(30) = 0;\\ &u_z(37) = 0{,}25;\\ &u_z(45) = 0{,}5;\\ &u_z(53) = 0{,}75;\\ &u_z(70) = 1. \end{aligned} \tag{16}$$

Воспользовавшись разработанным программным средством, подберем функции из списка (3) с минимально возможной суммой квадратов отклонений (рис. 25, 26).

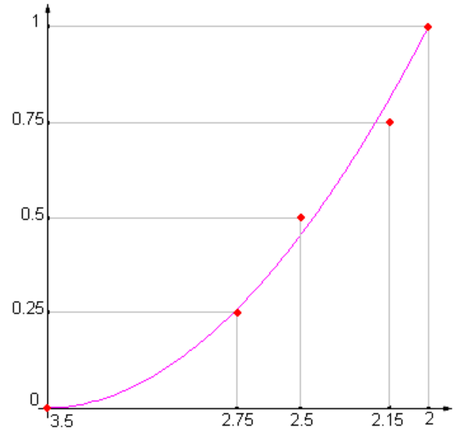


Рис. 25. График функции $u(y) = y^{1,93}$, $y = \dfrac{y_{абс} - 3{,}5}{2 - 3{,}5} = \dfrac{y_{абс} - 3{,}5}{-1{,}5}$,

сумма квадратов отклонений равна 0,006

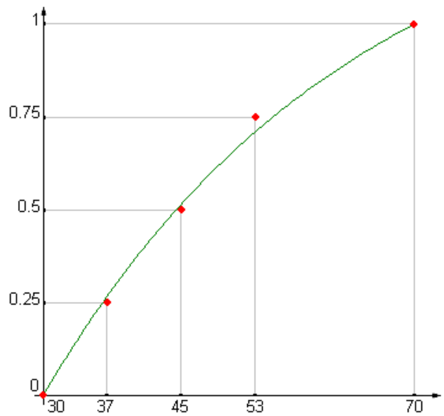


Рис. 26. График функции $u(z) = \dfrac{-e^{-1,2 \cdot z} - 1}{-e^{-1,2} - 1}$, $z = \dfrac{z_{абс} - 30}{70 - 30}$,

сумма квадратов отклонений равна 0,002

Теперь необходимо определить коэффициенты k_y, k_z и k_{yz}.

Аналитик. Как Вы думаете, при максимальном значении первого показателя и минимальном значении второго на сколько цель «Повышение качества работы с клиентами» будет выполнена?

Эксперт. Думаю, процентов на 20–25, пусть будет 23.

Аналитик. А если первый показатель не изменится, а второй достигнет желаемого уровня?

Эксперт. Этот показатель, по моему мнению, более важен, поэтому цель будет выполнена на 45%.

Таким образом, k_y=0,23, k_z=0,45, значение k_{yz} может быть вычислено как $1-(k_y+k_z)=1-(0{,}23+0{,}45)=0{,}32$.

Используя все полученные данные, имеем функцию:

$$\begin{aligned} &u(y,z)=0{,}23\cdot u_y(y)+0{,}45\cdot u_z(z)+0{,}32\cdot u_y(y)\cdot u_z(z);\\ &u_y(y)=y^{1{,}93};\\ &u_z(z)=\frac{-e^{-1{,}2\cdot z}-1}{-e^{-1{,}2}-1}. \end{aligned} \qquad (17)$$

График искомой функции, построенный с помощью соответствующего программного средства, изображен на рис. 27.

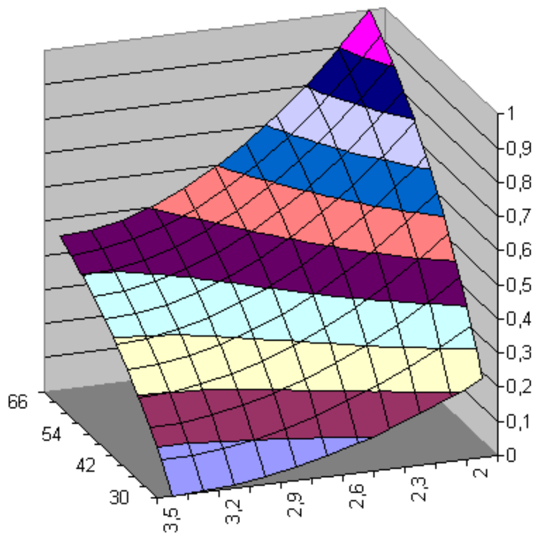


Рис. 27. Полученный график функции УДЦ «Повышение качества работы с клиентами»

Теперь рассмотрим случай, когда показатели стратегической цели взаимно зависимы. Рассмотрим стратегическую цель: «Широкий спектр образовательных программ продвинутого уровня». В описании этой цели сказано, что её достижение измеряется двумя показателями: y – «Количество магистерских программ» и z – «Количество направлений аспирантуры». Начальные значения показателей: y=11; z=16; целевые значения – 17 и 21 соответственно [108].

С помощью метода фон Неймана можно показать, что имеет место взаимная зависимость этих показателей, поэтому для построения функциональной зависимости между УДЦ и значениями показателей применим разработанный нами метод.

Прежде всего, определим количество кривых безразличия s=3 и их УДЦ u_1=0,25; u_2=0,5; u_3=0,75, максимальное количество дополнительных точек m=14. Эксперту будут предлагаться вопросы с использованием реальных величин (количество программ и направлений), но для расчётов необходимо оперировать нормированными значениями.

Аналитик. Я хотел бы исследовать Вашу оценку уровня достижения цели «Широкий спектр образовательных программ продвинутого уровня» при различных комбинациях количества магистерских программ и направлений аспирантуры. Сейчас у нас 11 магистерских программ и 16 направлений аспирантуры, что мы принимаем за 0% достижения цели. Также мы принимаем, что цель будет достигнута на 100% при увеличении значений этих показателей до 17 и 21 соответственно.

По вашему мнению, если у нас 17 магистерских программ и 16 аспирантских направлений, означает ли это, что УДЦ хотя бы 25%?

Эксперт. Если у нас будет 17 магистерских программ и только 16 аспирантских направлений, то УДЦ будет больше 25%.

Аналитик. А будет ли УДЦ больше 50% при таких же условиях?

Эксперт. Нет, при таких значениях показателей нельзя утверждать, что работа по достижению цели выполнена наполовину.

Мы определи, что граничная точка a_1, при которой u=u_1=0,25, принадлежит отрезку OA, остальные точки a_2 и a_3 – отрезку AC (рис. 28).

Аналитик. Сколько магистерских специальностей нужно, чтобы УДЦ равнялся 25%, при неизменном количестве направлений в аспирантуре?

Эксперт. Мне кажется, что это значение очень близко к 14, можно ли указывать нецелые числа?

Аналитик. Да, можно. Для открытия новой специальности необходимо выполнить ряд действий, например, изучить спрос на эту специальность, согласовать с руководителями подразделений, нанять дополнительных сотрудников и т.д. Так вот, говоря «почти 14», Вы имеете в виду, что большую часть необходимых действий Вы уже выполнили.

Эксперт. В таком случае, пусть будет 13,7.

Аналитик. При каком количестве аспирантских направлений цель будет выполнена на 50%, если магистерских программ будет 17?

Эксперт. Думаю, что при таких условиях, 18 направлений будет достаточно, т.е. нужно открыть ещё 2.

Аналитик. Сколько аспирантских направлений нужно, чтобы цель была выполнена на 75%, если магистерских программ будет 17?

Эксперт. Мой ответ «19,2», т.е. нужно 3,2 направлений и 17 специальностей, чтобы задача была выполнена на 75%.

Проведя эту часть процедуры опроса, мы определили граничные точки a_1, a_2 и a_3.

Аналогичным способом определяем граничные точки b_1, b_2 и b_3. Все данные приведены в табл. 4, в скобках представлены нормированные значения.

Таблица 4

Значения показателей в граничных точках

Точка	x	y	u_i
a_1	13,7 (0,45)	16 (0)	25% (0,25)
b_1	11 (0)	18,5 (0,5)	
a_2	17 (1)	18 (0,4)	50% (0,5)
b_2	12 (0,17)	21 (1)	
a_3	17 (1)	19,2 (0,64)	75% (0,75)
b_3	14,3 (0,55)	21 (1)	

Рассчитаем критическую высоту h^* по формуле (7):

$$h_{a1} = \sqrt{2} \cdot (x_{a1} - y_{a1}) = \sqrt{2} \cdot (0{,}45 - 0) = 0{,}64;$$

$$h_{a2} = \sqrt{2} \cdot (x_{a2} - y_{a2}) = \sqrt{2} \cdot (1 - 0{,}4) = 0{,}82;$$

$$h_{a3} = \sqrt{2} \cdot (x_{a3} - y_{a3}) = \sqrt{2} \cdot (1 - 0{,}64) = 0{,}51;$$

$$h_{b1} = \sqrt{2} \cdot (y_{b1} - x_{b1}) = \sqrt{2} \cdot (0{,}5 - 0) = 0{,}71;$$

$$h_{b2} = \sqrt{2} \cdot (y_{b2} - x_{b2}) = \sqrt{2} \cdot (1 - 0{,}17) = 1{,}17;$$

$$h_{b3} = \sqrt{2} \cdot (y_{b3} - x_{b3}) = \sqrt{2} \cdot (1 - 0{,}55) = 0{,}64;$$

$$h^* = \frac{\max(0{,}64 + 0{,}82 + 0{,}51;\ 0{,}71 + 1{,}17 + 0{,}64)}{14} =$$

$$= \frac{\max(1{,}97;\ 2{,}52)}{14} = 0{,}18.$$

В данный момент ломаные каждого уровня УДЦ являются отрезками, соединяющими граничные точки. Расчёт показывает, что $h1$=0,33, $h2$=0,49, $h3$=0,28, следовательно, каждый из отрезков необходимо разбивать, по крайней мере, одной дополнительной точкой.

Поскольку для первого звена условие $\left| x_{j+1} - x_j \right| < \left| y_{j+1} - y_j \right|$ верно, то для нахождения «внутренней» точки для этого звена зададим следующий вопрос: «При каком значении показателя «Количество направлений аспирантуры» УДЦ будет равен 25%, если значение показателя «Количество магистерских программ» равно 12,35 (0,23)?» (в скобках указаны нормированные значения). А для второго и третьего звена – «При каком значении показателя «Количество магистерских программ» УДЦ будет равен 50 и 75%, если значение показателя «Количество направлений аспирантуры» равно 19,5 (0,7) и 20,1 (0,82) соответственно?»

Отвечая на заданные вопросы, эксперт указал следующие значения: 17 (0,2) для первого; 13,2 (0,37) и 15 (0,67) для второго и третьего звена. Построим новые ломаные на основе всех полученных точек (рис. 28).

Для каждого полученного звена ломаных вычисляем величины h и в случае превышения критической величины h^*=0,18 разбиваем данное звено дополнительной точкой. Расчёты показывают, что для звена $b_1c_1^1$ величина h=0,182, а для $c_2^1a_2$ – величина h=0,27.

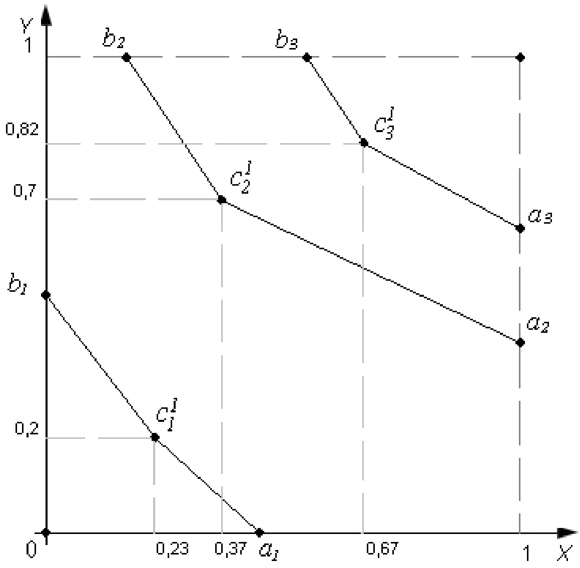


Рис. 28. Ломаные с внутренними точками

Продолжаем опрос эксперта.

Аналитик. Сколько Вам необходимо аспирантских направлений, чтобы цель была выполнена на 25%, если магистерских программ будет 11,675 (0,115)?

Эксперт. Мне довольно сложно представить такую ситуацию, при которой количество магистерских программ будет 11,675. Возможно ли переформулировать вопрос и увеличить количество магистерских программ до 12?

Аналитик. Да, это возможно, наш метод это позволяет.

Эксперт. В таком случае цель будет выполнена на 25% при 12 магистерских программ и при 17,5 аспирантских направлений.

Аналитик. Сколько необходимо магистерских программ, чтобы цель была выполнена на 50%, если аспирантских направлений будет 18,75 (0,55)?

Эксперт. Думаю, 14 будет достаточно, т.е. нужно открыть ещё 3 магистерские программы.

Координаты полученных точек ломаных, аппроксимирующих кривые безразличия, приведены в табл. 5.

Таблица 5

Координаты точек ломаных

i	УДЦ	a_i	c_i^j	b_i
1	0,25	(0,45; 0)	(0,23; 0,2), (0,167; 0,3)	(0; 0,5)
2	0,5	(1; 0,4)	(0,37; 0,7), (0,5; 0,55)	(0,17; 1)
3	0,75	(1; 0,64)	(0,67; 0,82)	(0,55; 1)

На основании полученных точек может быть рассчитана величина УДЦ для любой допустимой комбинации показателей. Покажем, например, как рассчитать значение УДЦ при наличии 14 (0,5) магистерских программ и 20 (0,8) направлений аспирантуры. Точка d(0,5;0,8) лежит между ломаными, соответствующими уровням 0,5 и 0,75. Вычисляем расстояния от этой точки до соответствующих ломаных, применяем формулу (8) и получаем УДЦ=0,63.

Разработанное программное средство позволяет автоматизировать процесс опроса экспертов и расчет УДЦ в любой заданной точке. Поверхность (график функции полезности), полученная с помощью данного программного средства, приведена на рис. 29.

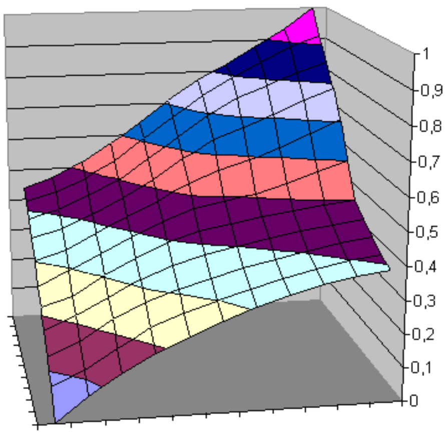


Рис. 29. График функции УДЦ «Широкий спектр образовательных программ продвинутого уровня»

3.3. Построение функциональной зависимости уровня достижения стратегической цели от значений нескольких описывающих её показателей

Рассмотрим случай, когда стратегическая цель описывается показателями, количество которых больше двух. Например, стратегическая цель «Предпринимательская инновационная корпоративная культура вуза» описывается тремя показателями:

– количество сотрудников, задействованных в инновационных проектах;

– количество малых предприятий при университете;

– количество успешных научно-педагогических и творческих коллективов.

Для удобства обозначим показатели через x, y, z соответственно. Начальные и желаемые значения показателей представлены в табл. 6.

Таблица 6

Начальные и желаемые значения показателей

Показатель	Начальное значение	Желаемое значение
x	120	330
y	13	30
z	20	50

Применим декомпозиционный метод. Определим отношения зависимости между всеми показателями, разобьем показатели на группы, найдем функции УДЦ между группами и показателями внутри группы.

Количество отношений, которое необходимо рассмотреть, рассчитывается по формуле $n \cdot (n-1)/2 = 3 \cdot (3-1)/2 = 3$ (n – количество показателей): x и y, x и z, y и z. Используя описанный выше метод фон Неймана, можно определить, что y и z зависят от x по полезности. Изобразим данные отношения схематично (рис. 30):

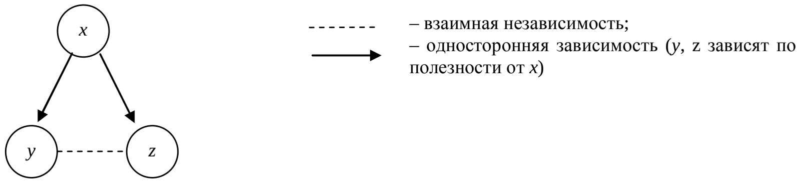


Рис. 30. Отношения между показателями

При такой структуре отношений зависимости возможны три варианта разбиения исходного множества показателей: можно объединить x и y, x и z или y и z. Наиболее предпочтителен последний вариант, в этом случае мы будем рассматривать одно независимое отношение и одно одностороннее, причем объединение показателей y и z в одну группу облегчается близостью их смысловых содержаний: новый (укрупненный) показатель может быть назван «Количество успешных коллективов (творческих, научных, рабочих)». При остальных вариантах будут два односторонних отношения, причем смысловая нагрузка пар показателей x и y или x и z сильно отличается (рис. 31).

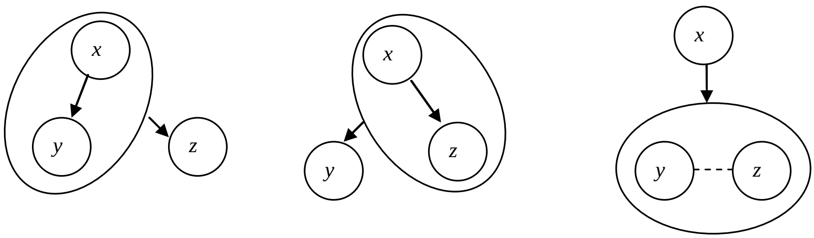


Рис. 31. Варианты разбиения множества показателей на группы

Поскольку нами выбран третий вариант, результирующая функция будет выглядеть следующим образом:

$$\begin{aligned} u(x,y,z) = {} & u'(x,u_{yz}(y,z)) = u'(x_0,u_{yz}(y,z))\cdot\left[1-u'(x,u_{yz}(y_0,z_0))\right]+ \\ & u'(x_1,u_{yz}(y,z))\cdot u'(x,u_{yz}(y_0,z_0)); \\ u_{yz}(y,z) = {} & u_{yz}(y,z_0)+u_{yz}(y_0,z)+k\cdot u_{yz}(y,z_0)\cdot u(y_0,z) = \\ & k_y\cdot u_y'(y)+k_z\cdot u_z'(z)+k_{yz}\cdot u_y'(y)\cdot u_z'(z). \end{aligned} \tag{18}$$

Определим теперь функцию u_{yz}. Нами уже была продемонстрирована процедура определения функции УДЦ при двух взаимно независимых показателях. В данном случае опрос показал следующие результаты (приведены детерминированные эквиваленты):

$$u_{yz}(y, z_0) = u_{yz}(y{,}20) = k_y u'_y(y) \qquad \begin{aligned} &u'_y(13) = 0;\\ &u'_y(19) = 0{,}25;\\ &u'_y(25) = 0{,}5;\\ &u'_y(28) = 0{,}75;\\ &u'_y(30) = 1; \end{aligned} \tag{19}$$

$$u_{yz}(y_0, z) = u_{yz}(13, z) = k_z u'_z(z) \qquad \begin{aligned} &u'_z(20) = 0;\\ &u'_z(30) = 0{,}25;\\ &u'_z(38) = 0{,}5;\\ &u'_z(46) = 0{,}75;\\ &u'_z(50) = 1. \end{aligned} \tag{20}$$

Следует помнить, что при опросе за цель следует принимать не «Предпринимательскую инновационную корпоративную культуру вуза», а «Количество успешных коллективов (творческих, научных, рабочих)».

Найдем необходимые функции (рис. 32, 33).

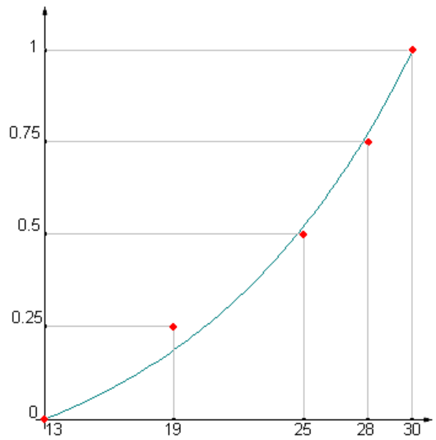


Рис. 32. $u_{yz}(y{,}20) = e^{1{,}637 \cdot z}$, $y = \dfrac{y_{абс} - 13}{30 - 13}$,
сумма квадратов отклонений равна 0,005

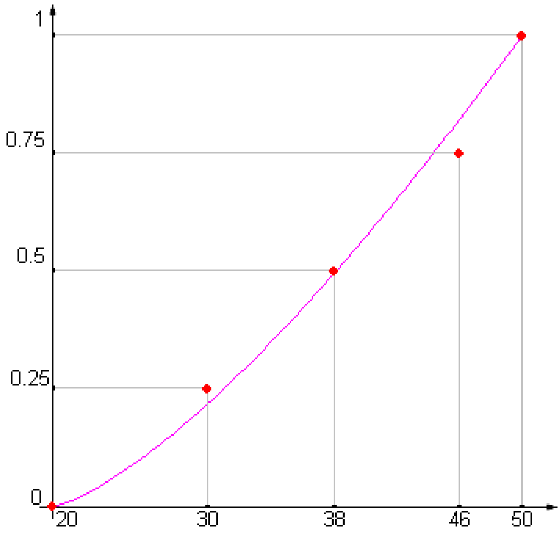


Рис. 33. $u_{yz}(13, z) = z^{1,376}$, $z = \dfrac{z_{абс} - 20}{50 - 20}$,
сумма квадратов отклонений равна 0,005

Продолжая экспертный опрос, определим, как изменится цель «Количество успешных коллективов» при максимальном значении показателя y и минимальном z, а также при минимальном значении показателя y и максимальном z, иными словами, найдем коэффициенты k_y и k_z. Получили: k_y=0,65 и k_z=0,35, при таких значениях шкалирующих констант k_{yz}=1-(k_y+k_z)=1-(0,65+0,35)=0.

В итоге имеем следующую функцию:

$$u_{yz}(y, z) = 0{,}65 \cdot u_{yz}(y, 20) + 0{,}35 \cdot u_{yz}(13, z). \qquad (21)$$

Для того чтобы теперь определить функцию УДЦ «Предпринимательская инновационная корпоративная культура» необходимо рассмотреть показатель x и рассмотренный нами укрупненный показатель (будем обозначать его yz).

Механизм остается тем же: как видно из формулы (18), требуется найти 3 одномерные функции $(u'(x_0; u_{yz})$, $u'(x_1; u_{yz})$ и $u'(x; u_{yz0}))$.

С нахождением функции $u'(x;u_{yz0})$ никаких трудностей не возникает: чтобы найти детерминированный эквивалент лотереи по показателю x, разыграем лотереи при условии, что остальные показатели не изменятся. Вопросы анкетируемому будут задаваться в обычной форме: «Не могли бы Вы указать детерминированный эквивалент лотерей относительно показателя x, при условии, что оставшиеся показатели не изменятся по отношению к УДЦ «Предпринимательская инновационная корпоративная культура»?».

С $u'(x_0;u_{yz})$ и $u'(x_1;u_{yz})$ ситуация другая: чтобы найти детерминированный эквивалент лотереи по второй переменной u_{yz}, также разыграем лотереи при условии, что значение первого показателя не изменяется. При этом следует помнить, что эксперт должен оперировать не показателями y и z, а укрупненным показателем yz, нормированное значение которого изменяется от нуля до единицы (ноль – показатели y и z не изменились, единица – y и z на желаемом уровне).

Итак, имеем следующие результаты:

$$u'(x;u_{yz0}) = u'(x;0) \quad \begin{aligned} &u'(120;0) = 0; \\ &u'(135;0) = 0{,}25; \\ &u'(150;0) = 0{,}5; \\ &u'(200;0) = 0{,}75; \\ &u'(330;0) = 1. \end{aligned} \tag{22}$$

$$u'(x_0;u_{yz}) = u'(120;u_{yz}) \quad \begin{aligned} &u'(120;0) = 0; \\ &u'(120;0{,}42) = 0{,}25; \\ &u'(120;0{,}65) = 0{,}5; \\ &u'(120;0{,}83) = 0{,}75; \\ &u'(120;1) = 1. \end{aligned} \tag{23}$$

$$u'(x_1;u_{yz}) = u'(330;u_{yz}) \quad \begin{aligned} &u'(330{,}0) = 0; \\ &u'(330;0{,}6) = 0{,}25; \\ &u'(330;0{,}85) = 0{,}5; \\ &u'(330;0{,}9) = 0{,}75; \\ &u'(330;1) = 1. \end{aligned} \tag{24}$$

Подберем функции (рис. 34–36):

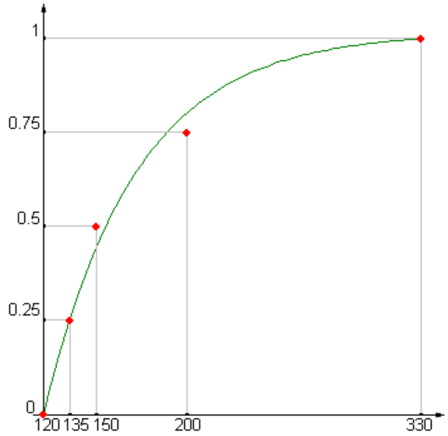


Рис. 34. $u'(x,0)=\dfrac{e^{-4,1\cdot x_{норм}}-1}{-e^{-4,1}-1}$, $x_{норм}=\dfrac{x-120}{330-120}$,
сумма квадратов отклонений равна 0,005

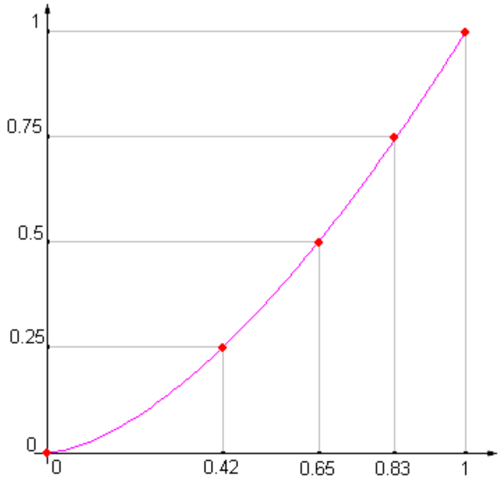


Рис. 35. $u'(120,u_{yz})=u_{yz}^{\ 1,594}$,
сумма квадратов отклонений меньше, чем 0,001

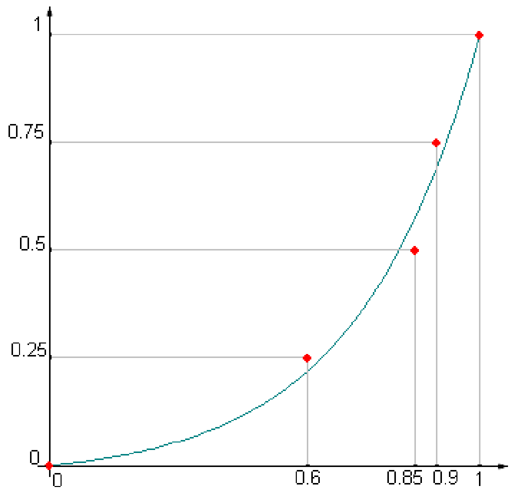


Рис. 36. $u'(330, u_{yz}) = \dfrac{e^{3,541 \cdot u_{yz}} - 1}{e^{3,541} - 1}$,

сумма квадратов отклонений равна 0,009

Используя полученные результаты, имеем искомую функцию УДЦ:

$$\begin{aligned} &u(x, y, z) = u'(120, u_{yz}) \cdot (1 - u'(x, 0)) + u'(330, u_{yz}) \cdot u'(x, 0); \\ &u_{yz}(y, z) = 0{,}65 \cdot u_{yz}(y, 20) + 0{,}35 \cdot u_{yz}(13, z). \end{aligned} \qquad (25)$$

Очевидно, что декомпозиционный метод очень трудоемок в применении: необходимо строить много функций, просить эксперта отвечать на большое количество вопросов.

Продемонстрируем теперь применение разработанного нами метода. Рассмотрим стратегическую цель вуза (ВГУЭС): «Эффективная ценовая политика». В описании этой цели сказано, что её достижение измеряется четырьмя показателями [110]:

– выполнение финансового плана;

– доля абитуриентов ВГУЭС в общем количестве поступивших в вузы города;

– средний уровень цен ВГУЭС на образовательные услуги;

– количество рекламаций на предоставляемые услуги.

Начальные и целевые значения показателей были определены следующим образом (табл. 7).

Таблица 7

Начальные и целевые значения показателей цели «Эффективная ценовая политика»

Показатель	Начальный уровень	Желаемый уровень
Выполнение финансового плана	76%	100%
Доля абитуриентов ВГУЭС в общем количестве поступивших в вузы города	25%	36%
Средний уровень цен ВГУЭС на образовательные услуги	115 000	105 000
Количество рекламаций на предоставляемые услуги	53	21

Для выполнения экспертного опроса воспользуемся ещё одной разработанной программой. Определим параметры опроса: количество искомых поверхностей безразличия s=3, УДЦ поверхностей безразличия u_1=0,25; u_2=0,5; u_3=0,75; максимальное количество дополнительных точек m=9. Эксперту будут предлагаться вопросы с использованием как реальных, так и нормированных величин, но для расчётов будут использованы только нормированные. Введем исходные данные в программу (рис. 37).

Рис. 37. Ввод исходных данных

Первый этап опроса эксперта заключается в определении граничных точек. Эксперт может изменять только один показатель (доступен один ползунок) при фиксированных значениях остальных, как показано на рис. 38.

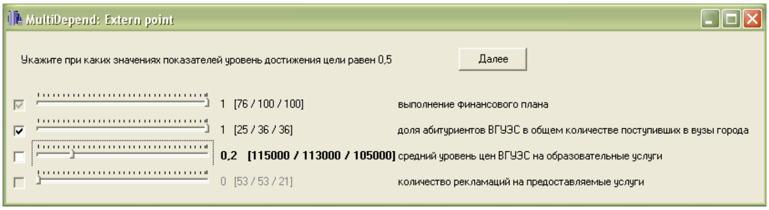


Рис. 38. Определение граничных точек

После этого программа, вычислив критическую длину перпендикуляра, предлагает эксперту указать дополнительные точки (рис. 39). Здесь также необходимо определить значение только одного показателя при фиксированных значениях остальных.

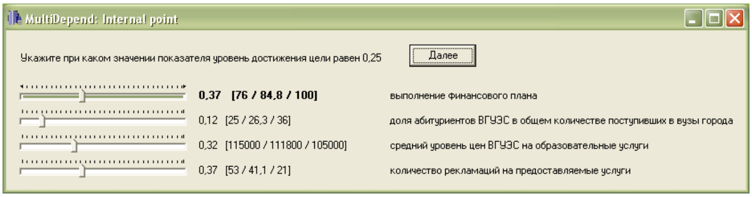


Рис. 39. Определение дополнительных точек

Наконец, используя полученные данные, можно определить значение УДЦ для любой комбинации значений показателей.

Например, определим УДЦ при следующих значениях:

– выполнение финансового плана на 87%;

– доля абитуриентов – 32%;

– средний уровень – 113 000 руб.;

– количество рекламаций уменьшится до 37.

При таких значениях показателей расчётное значение УДЦ равно 0,398, т.е. данная цель будет достигнута примерно на 40% (рис. 40).

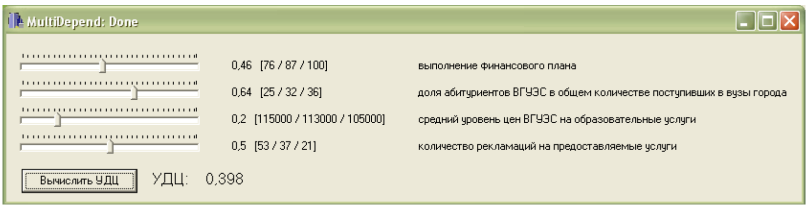


Рис. 40. Вычисление УДЦ

3.4. Определение влияния набора стратегических мероприятий на значение показателя карты целей

Апробируем метод определения влияния выполненных мероприятий на показатель карты целей. Рассмотрим показатель «Количество преподавателей, применяющих новые технологии в учебном процессе». На данный момент значение этого показателя равно 40, желаемый уровень – 120. Для улучшения ситуации предложены несколько мероприятий (проектов):

– стажировка преподавателей в ведущих вузах России;

– обучение преподавателей новым технологиям преподавания;

– развитие учебно-методического обеспечения.

Поскольку мероприятий, влияющих на данный показатель, всего три (n=3), то их возможных комбинаций будет семь (2^3-1). Конечно, мы можем попросить эксперта высказать свое мнение по каждой комбинации, но такой опрос не может быть успешным при большом значении n.

Воспользуемся разработанным нами методом (см. п. 2.4). В силу того, что данный метод является модификацией предыдущего, апробацию которого мы выполнили с помощью специально разработанного программного средства, то необходима модификация самого программного средства.

Экспертным путем определим уровень показателя в случае выполнения всех мероприятий: эксперт указал значение 100. Учитывая это, нами было решено использовать две поверхности безразличия со значениями 60 и 80, максимальное количество дополнительных точек m=2.

Введем исходные данные в программу (рис. 41).

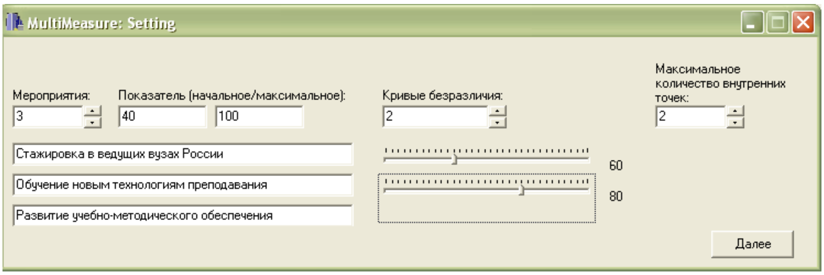


Рис. 41. Ввод исходных данных

Далее эксперту предлагается ответить на несколько вопросов (рис. 42).

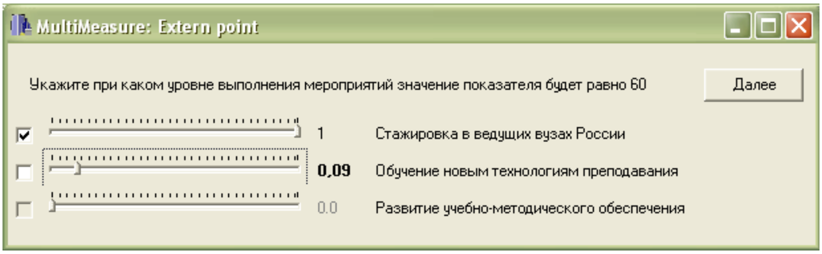


Рис. 42. Определение граничных точек

Наконец, используя полученные данные, можно оценить значение показателя при любой комбинации выполненных мероприятий (рис. 43).

Рис. 43. Определение дополнительных точек

3.5. Применение построенных функциональных зависимостей в моделях поддержки принятия стратегических решений

Как уже отмечалось в первой главе, в работе К.С. Солодухина [81] был предложен ряд многокритериальных экономико-математических моделей для поддержки процессов принятия стратегических решений в вузе. Учеными был разработан соответствующий программный комплекс, позволяющий автоматизировать процесс получения, анализа и представления информации в удобном для ЛПР виде.

В данных моделях предполагается, что должны быть известны функциональные зависимости между элементами стратегической карты целей. В этой связи их использование на практике было затруднено, поскольку не было методов определения таких зависимостей при произвольном количестве критериев (показателей, мероприятий) и при любом характере отношений между ними. Теперь, когда такие методы разработаны, данные модели и соответствующий программный комплекс могут быть апробированы.

Для простоты и иллюстративности в качестве примера рассмотрим лишь фрагмент карты стратегических целей ВГУЭС, а именно: четыре стратегические цели, связанные определенными причинно-следственными связями, соответствующие им показатели с начальными и целевыми значениями и некоторые мероприятия с требуемыми ресурсами в финансовом выражении (табл. 8, 9, рис. 44). Отметим, что цель «Рост доходов» не имеет собственных показателей, а определяется исключительно через подцели (они и будут выступать в роли локальных критериев).

Таблица 8

Стратегические цели и описывающие их показатели

<table>
<tr><th colspan="2">Стратегические цели / подцели</th><th>Показатели</th><th>Значение показателей (начальное / целевое)</th></tr>
<tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Рост доходов</td><td rowspan="2">Привлечение новых клиентов</td><td>Количество договоров с предприятиями на обучение</td><td>50 / 150 (шт./год)</td></tr>
<tr><td>Количество новых образовательных программ и предоставляемых услуг</td><td>8 / 20 (шт./год)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Целевая подготовка по заказам компаний</td><td>Доход от целевой подготовки</td><td>5 / 40 (млн руб./год)</td></tr>
<tr><td>Количество компаний-заказчиков</td><td>10 / 60 (шт./год)</td></tr>
</table>

Окончание табл. 8

1	2	3	4
		Количество программ и услуг по целевой подготовке	6 / 30 (шт./год)
		Количество выездных часов	500 / 3000 (час./год)
	Развитие продукта и продуктовой линейки	Количество модифицированных продуктов для постоянных клиентов	10 / 20 (шт./год)
		Количество новых продуктов для постоянных клиентов по сегментам рынка, направлениям, структурным подразделениям	6 / 15 (шт./год)

Таблица 9

Мероприятия и необходимые ресурсы

Мероприятие (проект)	Требуемые ресурсы (тыс. руб.)
Создание информационной системы по установлению взаимодействия между исполнителями (ППС университета) и потенциальными заказчиками	400
Развитие партнерских отношений внутри вуза на проектной основе: ОИСКП+ОИР+НИИРПО+центр трансферов	400
Разработка пакетов нормативных документов, регламентов взаимодействия	150
Формирование условий для создания программы или услуги, пользующейся спросом	2000

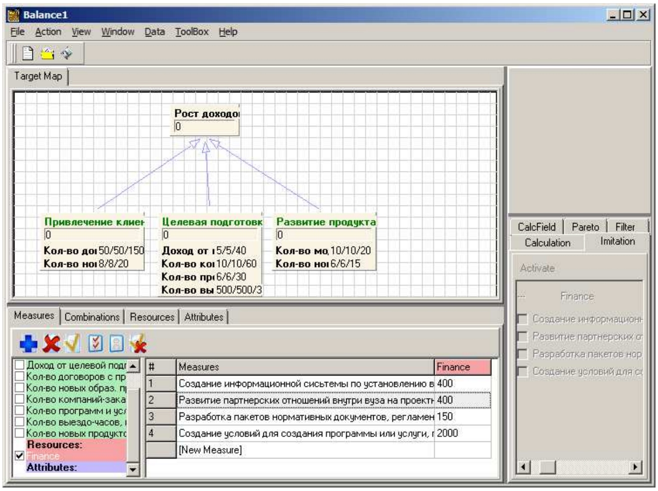


Рис. 44. Задание основных элементов карты целей

После задания элементов карты целей применим разработанные методы для определения функциональных зависимостей между ними и полученные данные внесем в программу (рис. 45).

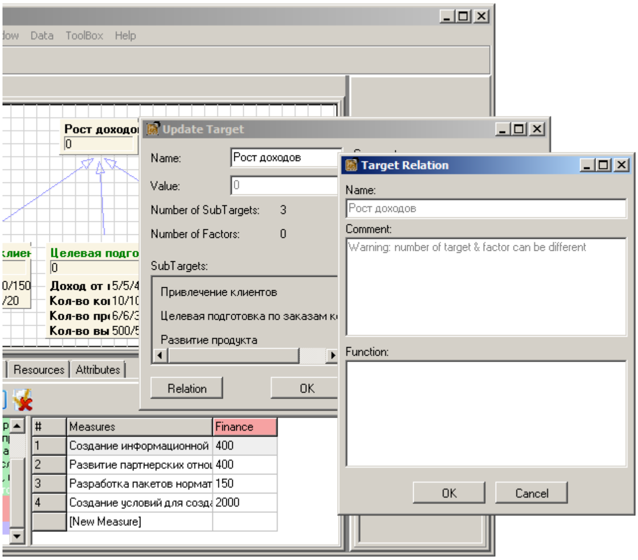
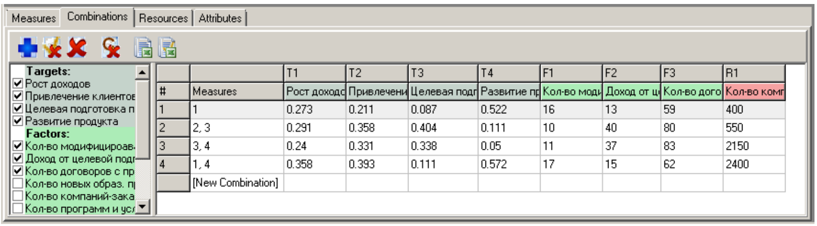


Рис. 45. Окно задания функциональной зависимости между элементами карты целей

В моделях единицей принимаемого управленческого решения является мероприятие или, более точно, решение об осуществлении или неосуществлении каждого мероприятия. Таким образом, ЛПР выбирает из множества возможных мероприятий (за каждым из которых стоят необходимые ресурсы и определенные последствия в виде изменения значений показателей, уровней достижения целей и текущей экономической эффективности) некоторую конкретную совокупность мероприятий. Для этого ЛПР необходимы, с одной стороны, информация о последствиях осуществления каждого возможного комплекса мероприятий и необходимых ресурсах, с другой – критерии выбора того или иного комплекса мероприятий.

В программе реализована возможность генерации всех возможных комбинаций мероприятий, при выполнении которых не будет превышен установленный объем ресурсов (определяется допустимое множество решений). При этом могут быть установлены любые (не только финансовые) ограничения по потребным ресурсам.

При заданных нами ограничениях были отобраны следующие комбинации мероприятий: $\{M_1\}$, $\{M_2, M_3\}$, $\{M_3, M_4\}$ и $\{M_1, M_4\}$ (рис. 46). При этом ЛПР может видеть последствия выполнения каждого набора мероприятий. Заметим, что последствия также могут выступать в роли ограничений. Например, могут быть отобраны все возможные наборы мероприятий, при выполнении которых уровни достижения некоторых целей равны единице (для целей, требующих безусловного выполнения), а по другим целям УДЦ не меньше, чем 0,7. При этом выполняются установленные ограничения по ресурсам и на изменение текущей экономической эффективности (выраженной, например, показателями удельных затрат).



		T1	T2	T3	T4	F1	F2	F3	R1
#	Measures	Рост доходо	Привлечени	Целевая подг	Развитие пр	Кол-во моди	Доход от ц	Кол-во дого	Кол-во комп
1	1	0.273	0.211	0.087	0.522	16	13	59	400
2	2, 3	0.291	0.358	0.404	0.111	10	40	80	550
3	3, 4	0.24	0.331	0.338	0.05	11	37	83	2150
4	1, 4	0.358	0.393	0.111	0.572	17	15	62	2400
	[New Combination]								

Рис. 46. Результаты выполнения мероприятий

На полученном допустимом множестве решений могут быть применены вышеупомянутые многокритериальные оптимизационные модели.

Прежде всего, допустимое множество решений необходимо сузить (определена область допустимых компромиссов) на основе Парето оптимизации. Для этого должен быть установлен (в специальном окне) набор критериев, в качестве которых также могут выступать значения показателей, УДЦ, объемы потребных ресурсов, показатели текущей экономической эффективности. Критерии выбираются ЛПР в зависимости от стоящих перед ним задач.

После установления критериев программа определяет Парето оптимальные наборы мероприятий. В нашем случае это $\{M_2, M_3\}$ и $\{M_1, M_4\}$ (рис. 47). Наборы $\{M_1\}$ и $\{M_3, M_4\}$ могут быть исключены из дальнейшего рассмотрения. Очевидно, что при других критериях эти наборы могли также быть Парето оптимальными.

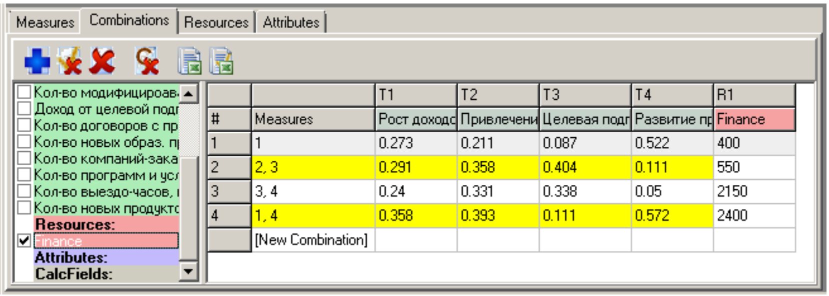


Рис. 47. Решения, удовлетворяющие Парето оптимизации

На допустимом множестве решений (а точнее на области допустимых компромиссов) могут быть найдены решения, оптимальные по совокупности заданных критериев (с установленными для них весами), или несколько локально оптимальных решений.

Кроме того, может быть найдено решение, оптимальное по принципу справедливого компромисса (для выбранных критериев и установленных условий уступки). Продемонстрируем процедуру нахождения такого решения более подробно.

Пусть $H_1, H_2, \ldots, H_m$ – нормативы, установленные для каждой стратегической цели ($0 \le H_i \le 1, i = \overline{1, m}$), т.е. максимальные (в сложившихся условиях) уровни достижения целей (на каком-то этапе изменились внутренние и внешние условия, и, понимая невозможность или даже нецелесообразность достижения всех изначально поставленных целей, по некоторым целям «планка была опущена»). При этом текущие степени достижения целей (изначально равные 0, но на данном этапе уже ненулевые) обозначим через $b_1, b_2, \ldots, b_m$.

Тогда степень относительного недовыполнения i-й цели может быть представлена как

$$W_i = \frac{H_i - b_i}{H_i} \cdot 100\% \cdot$$

Условие равенства степени относительного недовыполнения по всем целям является целевой функцией, которая может быть названа целевой функцией пропорционального развития и в более общем случае представлена в виде

$$\frac{H_i - b_i}{H_i} k_i = \frac{H_j - b_j}{H_j} k_j \quad (i, j = \overline{1, m}),$$

где k_i, k_j – коэффициенты, корректирующие степени относительного недовыполнения исходя из дополнительных условий. В качестве коэффициентов могут выступать веса целей.

Для реализации этой модели в разработанном программном обеспечении появляется возможность задать формулы расчета нового критерия (условно названного «Пропорциональность развития»). На рисунке 48 в столбце C_1 отражена разность отклонений (в %) УДЦ «Привлечение клиентов» и «Целевая подготовка по заказам компаний» от нормативов в результате выполнения наборов мероприятий $\{M_2, M_3\}$ и $\{M_1, M_4\}$. Нетрудно видеть, что по данному критерию набор $\{M_2, M_3\}$ является более предпочтительным. Заметим, что данный критерий может быть использован наравне с другими (например, при Парето оптимизации).

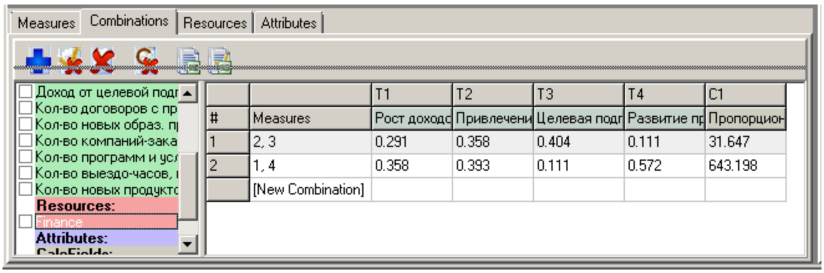


Рис. 48. Расчет нового критерия «Пропорциональность развития»

Различные критерии могут объединяться в группы. Например, уровни достижения целей (всех или некоторых наиболее важных) – в одну группу «стратегических» критериев. При этом критерии, связанные с затратами потребных ресурсов и изменением текущей экономической эффективности, могут составить другую группу «экономических» критериев. Групп критериев может быть более двух. Представленное программное обеспечение позволяет генерировать с помощью имитационной процедуры многокритериальные целевые функции, варьируя степень предпочтения между различными группами критериев, и выбирать решения, оптимальные в соответствии с каждой функцией.

При необходимости программное обеспечение может быть легко настроено на использование других оптимизационных моделей.

Таким образом, ЛПР обеспечивается важной для решения стоящих пред ним задач аналитической информацией (вариантами решений, удовлетворяющими определенным требованиям), тем самым повышается эффективность принимаемых им стратегических решений.

Итак, мы пришли к следующим выводам:

1. Для практического применения предложенных методов формализации стратегической карты целей разработан программный комплекс, с помощью которого можно провести экспертный опрос и на его основании найти значения необходимых функциональных зависимостей в любой точке исследуемой области.

2. Приведен пример использования метода определения функции зависимости уровня достижения стратегической цели вуза от значения одного показателя, продемонстрированы: нахождение детерминированных эквивалентов лотерей, процедура опроса в виде диалога с экспертом и подбор аналитической функции на основе результатов экспертного опроса.

3. Апробирован метод нахождения функции уровня достижения цели от значений двух показателей для случая независимых и взаимозависимых показателей, продемонстрированы: процедура определения независимости по полезности, нахождение шкалирующих констант и построение функции уровня достижения цели, основанное на адаптивном экспертном опросе.

4. Апробирован метод нахождения функции уровня достижения цели от значений нескольких показателей: описан декомпозиционный метод, показана его сложность, продемонстрирована процедура построения функции на основе адаптивного экспертного опроса.

5. Представлен пример определения влияния набора мероприятий на показатель стратегической цели.

6. Апробированы ранее предложенные многокритериальные модели поддержки принятия стратегических решений в вузе, требующие предварительного определения функциональных зависимостей между элементами стратегической карты целей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В монографии исследована проблема формализации стратегий вузов, представлен инструментарий, позволяющий существенно повысить эффективность операционализации (процесса принятия решений и определения требуемых ресурсов) и реализации стратегий.

В процессе исследования определены место и роль формализации стратегии в системе стратегического управления организацией. Показано, что формализация стратегии остается наименее изученным и наиболее проблемным этапом стратегического управления, что существенным образом отражается на операционализации и реализации стратегии.

Процесс формализации стратегии рассматривается как процесс разработки стратегической карты целей, включая определение не только причинно-следственных, но и функциональных зависимостей между её элементами (целями, показателями, мероприятиями), без которых проблематично увязать достижение стратегических целей с затраченными ресурсами и изменением текущей экономической эффективности. Недостаточная степень формализации карты целей препятствует и объективной оценке экономической эффективности принимаемой стратегии, и решению задачи оптимального использования имеющихся ресурсов для реализации стратегии (что может стать основанием для корректировки или пересмотра стратегии), и оперативному управлению реализацией стратегии.

Рассмотрены известные методы свертывания локальных критериев в единый функционал, в том числе методы, основанные на построении многокритериальной функции полезности, которые могут быть использованы для нахождения функциональных зависимостей между элементами стратегии. Показано, что эти методы обладают недостатками, значительно ограничивающими их применение при решении поставленной задачи: рассматривая элементы стратегии как локальные критерии, мы сталкиваемся с тем, что в большинстве случаев эти критерии являются взаимозависимыми, применение же известных методов требует независимости (по крайней мере, односторонней) по полезности локальных критериев.

Рассмотрены различные методы получения информации в процессе разработки и формализации стратегии. Выявлена особая роль экспертных методов, связанная с высокой степенью уникальности разрабатываемых стратегий и невозможностью построения функций полезности без экспертных оценок.

Обоснована необходимость разработки новых методов нахождения функциональных зависимостей между элементами стратегии, в том числе особых (адаптивных) методов экспертного опроса для построения многокритериальных функций полезности при взаимозависимых критериях.

Разработаны и апробированы авторские методы для определения функциональных зависимостей между элементами стратегии:

– предложен метод определения уровня достижения цели от значений описывающих её показателей при произвольном количестве показателей и при любом характере отношений между ними (идея метода состоит в разбиении исследуемой области поверхностями специального вида, аппроксимирующими поверхности безразличия, и последующей интерполяции);

– разработан метод определения влияния выполнения набора мероприятий на значения показателей целей, позволяющий учесть возникающие при одновременном выполнении нескольких мероприятий синергические эффекты (данный метод является модификацией предыдущего).

Для получения необходимых данных при формализации стратегии разработан и апробирован адаптивный метод экспертного опроса, позволяющий существенно облегчить задачу экспертов и получить более точные оценки за счёт формулирования вопросов сравнительного характера и возможности варьирования начальных параметров опроса. Показано, что в этом случае целесообразно опрашивать не отдельных экспертов, а группу экспертов, составленную из числа участвовавших в разработке стратегии.

Для проведения экспертного опроса и определения функциональных зависимостей между элементами стратегии разработан и апробирован программный комплекс, позволяющий:

– строить однокритериальные функции полезности;

– определять независимость нескольких критериев (показателей, мероприятий) по полезности;

– генерировать вопросы специального вида экспертам в зависимости от предыдущих ответов;

– рассчитывать значения функций в любой точке исследуемой области.

Кроме того, разработан и апробирован отдельный программный комплекс, реализующий ранее предложенные имитационные и оптимизационные многокритериальные экономико-математические модели для поддержки процессов принятия стратегических решений в вузе. Ранее это было затруднено, поскольку в предложенных моделях предполагалось, что известны функциональные зависимости между элементами стратегической карты целей.

Теоретическая значимость исследования состоит, прежде всего, в разработке метода построения многокритериальных функций полезности при взаимозависимых критериях, который может быть использован, в том числе, при формализации стратегий организаций.

Практическая ценность работы заключается в возможности прямого использования разработанного инструментария в стратегическом управлении вузами и другими организациями, а именно: в предоставлении руководителям всех уровней управления инструментов, позволяющих определять уровни достижения поставленных целей в зависимости от значений соответствующих показателей, а также вклад любого набора мероприятий в достижение целей. Решение проблемы формализации карты целей вуза позволит также использовать на практике модели поддержки принятия управленческих решений, требующие определения функциональных зависимостей между элементами карты.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Агранович, Б.Л. Развитие вуза как субъекта рыночных отношений. Предпринимательство и преобразование российских университетов / Б.Л. Агранович. – Ростов-н/Д.: РГУ, 2003. – 123 с.

2. Афоничкин, А.И. Управленческие решения в экономических системах: учебник для вузов / А.И. Афоничкин, Д.Г. Михаленко. – СПб.: Питер, 2009. – 480 с.

3. Балобанов, А.Е. Стратегическое планирование развития университета / А.Е. Балобанов, А.К. Клюев // Университетское управление: практика и анализ. – 2002. – № 2. – С. 19–28.

4. Баранов, И.Н. Оценка деятельности организации: поход Р. Каплана и Д. Нортона / И.Н. Баранов // Российский журнал менеджмента. – 2004. – №2, Т. 3. – С. 63–70.

5. Белоусова, Е.В. Стратегическое планирование в университете (опыт ВГУЭС) / Е.В. Белоусова, О.В. Горшкова, К.С. Солодухин / под общ. ред. Г.И. Мальцевой. – Владивосток: Изд-во ВГУЭС, 2006. – 230 с.

6. Белый, Е.К. О классе допустимых функций полезности денег / Е.К. Белый // Учёные записки Петрозаводского государственного университета. Сер. Общественные и гуманитарные науки. – 2009. – № 5. – С. 83–89.

7. Белый, Е.М. Использование концепции стратегического менеджмента в управлении государственным вузом / Е.М. Белый, И.Б. Романова // Менеджмент в России и за рубежом. – 2003. – № 3.

8. Бринза, В.В. Стратегия управления вузом / В.В. Бринза, В.П. Соловьев // Практика и анализ. – 2002. – № 2 (21). – С. 15–19.

9. Бурса, И.А. Методика определения интегрального показателя эффективности переработки молока с использованием функции желательности Харрингтона / И.А. Бурса // Труды Кубанского

государственного аграрного университета. – 2012. – № 1 (35). – С. 68–73.

10. Веретенникова, О.Б. Разработка стратегии образовательного учреждения: методические рекомендации / О.Б. Веретенникова и др.; под ред. Е.А. Князева, А.К. Клюева. – Екатеринбург, 2007. – 408 с.

11. Виноградов, И.М. Математическая энциклопедия: в 5 т. / И.М. Виноградов. – М.: Советская энциклопедия, 1977. – 1140 с.

12. Виханский, О.С. Стратегическое управление / О.С. Виханский. – М.: Гардарика, 1998.

13. Вовк, С.П. О двух методологиях построения функции полезности / С.П. Вовк // Изв. Южного федер. ун-та. Технические науки. – 2008. – № 87 (10). – С. 186–188.

14. Гарина, М.И. Применение мультипликативной обобщающей функции для агрегирования показателей с положительной и отрицательной полезностью / М.И. Гарина // Тр. СПИИРАН. – 2012. – № 3. – С. 176–188.

15. Гафуров, Р.А. Применение функций желательности в решении задачи оптимизации эффективности государственных закупок / Р.А. Гафуров // Сегодня и завтра российской экономики. – 2012. – № 53. – С. 47–49.

16. Горбунов, В.М. Теория принятия решений: учеб. пособие / В.М. Горбунов. – Томск, 2010. – 67 с.

17. Горелов, В.И. Ранжирование альтернативных вариантов развития системы и построение функции полезности в многофакторном анализе / В.И. Горелов, Т.Н. Ледащева // Вестн. Российского университета дружбы народов. Экология и безопасность жизнедеятельности. – 2003. – № 9. – С. 20–26.

18. Гресько, А.А. Выбор стратегий взаимодействия вуза с группами заинтересованных сторон с учетом отношений заинтересованных сторон между собой: дис. … канд. экон. наук / А.А. Гресько. – М., 2012.

19. Гресько, А.А. Отношенческий подход и стейкхолдерская концепция как теоретические основы разработки новых методов стратегического управления вузом / А.А. Гресько, М.С. Рахманова, К.С. Солодухин // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 4 (Электронный журнал).

20. Гресько, А.А. Разработка стратегий взаимодействия вуза с группами заинтересованных сторон с учетом отношений заинте-

ресованных сторон между собой / А.А. Гресько, М.С. Рахманова, К.С. Солодухин // Современные проблемы науки и образования. – 2011. – № 5 (Электронный журнал).

21. Гресько, А.А. Анализ влияния изменений свойств групп заинтересованных сторон на ожидания организации / А.А. Гресько, К.С. Солодухин // Интеллектуальный потенциал вузов – на развитие Дальневосточного региона России и стран АТР: материалы XIII Междунар. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. – Владивосток, 2011. Кн. 1. – С. 13–14.

22. Гресько, А.А. Линейная модель ресурсного обмена стейкхолдеров вуза / А.А. Гресько, К.С. Солодухин // Интеллектуальный потенциал вузов – на развитие Дальневосточного региона России и стран АТР: материалы X Междунар. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. – Владивосток, 2008. Кн. 5. – С. 75–81.

23. Гресько, А.А. Выбор стратегий взаимодействия организации с группами заинтересованных сторон с учетом отношений между заинтересованными сторонами / А.А. Гресько, К.С. Солодухин, М.С. Рахманова // Научное обозрение. Сер. 1. Экономика и право. – 2011. – № 4. – С. 20–31.

24. Гресько, А.А. Искусство разработки и реализации стратегии: новое видение / А.А. Гресько, Г.А. Дзина, К.С. Солодухин и др.; под общ. ред. С.С. Чернова. – Новосибирск: ЦРНС – Изд-во «СИБПРИНТ», 2008. – 168 с.

25. Громова, Ю.Ю. Представление функции полезности систем защиты информации / Ю.Ю. Громова, В.О. Драчева, К.А. Набатова, Д.Е. Винокурова и Т.Г. Самхарадзе // Системы управления и информационные технологии. – 2007. – № 3 (29). – С. 346–349.

26. Грубов, Е.О. Разработка системы поддержки принятия решений в вузе на основе теории нечетких множеств: дис. … канд. экон. наук / Е.О. Грубов. – Иваново, 2001.

27. Грудзинский, А.О. Стратегическое управление университетом: от плана к инновационной миссии / А.О. Грудзинский // Университетское управление: практика и анализ. – 2004.– № 1 (30). – С. 9–20.

28. Гурков, И.Б. Факторы формирования и механизмы реализации стратегических целей российских компаний: доклад

на Секции экономики Отделения общественных наук РАН 13.03.2008 / И.Б. Гурков. – М., 2008.

29. Дзина, Г.А. Методические основы управления инновационной деятельностью вуза с позиций теории заинтересованных сторон: дис. … канд. экон. наук / Г.А. Дзина. – Владивосток, 2010.

30. Дзина, Г.А. Применение системы сбалансированных показателей в университете на основе теории заинтересованных сторон / Г.А. Дзина, К.С. Солодухин // Контроллинг. – 2009. – № 1. – С. 12–23.

31. Евстаров, А.А. Многокритериальная оптимизация осветительной установки с применением функции желательности / А.А. Евстаров, В.Б. Файн // Вестн. ЧГАА. – 2010. – № 57. – С. 71–76.

32. Елтаренко, Е.А. Элементы теории измерений / Е.А. Елтаренко. – М.: МИФИ, 1979. – 39 с.

33. Еремеев, А.П. Экспертные модели и методы принятия решений: учеб. пособие / А.П. Еремеев; под ред. В.Н. Вагина. – М.: Изд-во МЭИ, 1995. – 110 с.

34. Ишемгулова, Ю.А. Анализ мер риска, построенных на основе асимметричных функций полезности / Ю.А. Ишемгулова // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2010. – № 7. – С. 81–85.

35. Камышникова, Э.В. Формирование универсальной шкалы оценки уровня экономической безопасности предприятия / Э.В. Камышникова // Вестн. ДонНУЭТ: экономические науки. – 2009. – № 4 (44). – С. 76–80.

36. Каплан, Р.С. Измерение стратегической готовности нематериальных активов / Р.С. Каплан, Д.П. Нортон // Российский журнал менеджмента. – 2004. – Т. 2, № 3. – С. 85–104.

37. Каплан, Р.С. Сбалансированная система показателей, определяющая эффективность работы организации / Р.С. Каплан, Д.П. Нортон // Российский журнал менеджмента. – 2004. – Т. 2, № 3. – С. 71–84.

38. Каплан, Р.С. Стратегические карты. Трансформация нематериальных активов в материальные результаты / Р.С. Каплан, Д.П. Нортон; пер. с англ. – М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2005. – 512 с: ил.

39. Катькало, В.С. Эволюция теории стратегического управления: монография / В.С. Катькало – СПб.: Издат. дом СПбГУ, 2006. – 548 с.

40. Кемени, Дж. Кибернетическое моделирование: Некоторые приложения / Дж. Кемени, Дж. Снелл. – М.: Советское радио, 1972. – 192 с.

41. Кини, Р.Л. Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения / Р.Л. Кини, Х. Райфа. – М.: Радио и связь, 1981. – 242 с.

42. Князев, Е.А. Об университетах и их стратегиях / Е.А. Князев // Университетское управление: практика и анализ. – 2005. – № 4. – С. 9–17.

43. Когай, Г.Д. Функция желательности как универсальный критерий оценки деятельности учебных подразделений / Г.Д. Когай, А.М. Нургужина, Г.М. Яворская // Труды университета. – 2003. – № 1. – С. 73–74.

44. Лазарев, Г.И. Глобальные проблемы современной образовательной системы. Каким будет ответ университетов? / Г.И. Лазарев // Университетское управление: практика и анализ. – 2005. – № 2. – С. 8–14.

45. Лазарев, Г.И. Управленческие стратегии современного университета / Г.И. Лазарев // Совет ректоров. – 2007. – № 4. – С. 44–50.

46. Ли, И.Т. О функциях полезности электроэнергии / И.Т. Ли, О.В. Соколовская // Вестник университета. – 2010. – № 1 (4). – С. 133–139.

47. Литвак, Б.Г. Экспертная информация: методы получения и анализа / Б.Г. Литвак. – М.: Радио и связь, 1982. – 184 с.

48. Литвак, Б.Г. Экспертные оценки и принятие решений / Б.Г. Литвак. – М.: Патент, 1996.

49. Лопатников, Л.И. Экономико-математический словарь: словарь современной экономической науки / Л.И. Лопатников. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Дело, 2003. – 520 с.

50. Луговой, Р.А. Инновационный подход к процессу стратегического управления вузом на основе системы сбалансированных показателей: дис. … канд. экон. наук / Р.А. Луговой. – Владивосток, 2006.

51. Луговой, Р.А. Постановка системы сбалансированных показателей в инновационном вузе с применением метода анализа иерархий / Р.А. Луговой, Г.И. Мальцева // Контроллинг. – 2005. – № 4. – С. 24–33.

52. Малышева, Л.А. Стратегическое управление в вузах: технологии и инструменты / Л.А. Малышева // Университетское управление: практика и анализ. – 2013. – № 1. – С. 78–87.

53. Мальцева, Г.И. Стратегическое управление университетом / Г.И. Мальцева // Университетское управление: практика и анализ. – 2005. – № 2. – С. 15–23.

54. Мальцева, Г.И. Финансовое регулирование в сфере высшего профессионального образования / Г.И. Мальцева, Н.В. Фадейкина. – Новосибирск: СИФБД, 2002. – 147 с.

55. Мальцева, Г.И. Применение системы сбалансированных показателей в процессе стратегического планирования вуза (на примере Владивостокского государственного университета экономики и сервиса) / Г.И. Мальцева, Р.А. Луговой, Ю.А. Солдатова // Университетское управление: практика и анализ. – 2004. – № 5–6. – С. 96–103.

56. Мескон, М. Основы менеджмента / М. Мескон, М. Альберт, Ф. Хедоури. – М.: Дело, 1998.

57. Морозов, В.О. Формализация зависимости между уровнем достижения стратегической цели и значениями её показателей на основе знакопеременной функции полезности [Электронный ресурс] / В.О. Морозов // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 6. Режим доступа: http://www.science-education.ru/113-11179.

58. Назарова, Е.В. Функция полезности и её применение в задаче оптимизации инвестиционного портфеля / Е.В. Назарова, Т.А. Осечкина // Вестн. Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная математика и механика. – 2010. – № 10. – С. 125–135.

59. Орлов, А.И. Современный этап развития теории экспертных оценок / А.И. Орлов // Заводская лаборатория. – 1996. – №1.

60. Орлов, А.И. Экспертные оценки / А.И. Орлов // Заводская лаборатория. – 1996. – Т. 62, №1. – С. 54–60.

61. Пичкалев, А.В. Обобщенная функция желательности Харрингтона для сравнительного анализа технических средств / А.В. Пичкалев // Исследования наукограда. – 2012. – №1. – С. 25–28.

62. Плешкова, Т.Ю. На пути к социально ответственному университету / Т.Ю. Плешкова и др.; под общ. ред. Г.И. Мальцевой. – Владивосток: Изд-во ВГУЭС, 2009.

63. Плешкова, Т.Ю. Вуз и общество: исследование взаимных запросов / Т.Ю. Плешкова, К.С. Солодухин // Человек и общество: проблемы взаимодействия: материалы междунар. науч.-практ. конф. (5–6 февраля 2008 г.) / отв. ред. Л.В. Соколова. – Саратов: СГСЭУ, 2008. – С. 172–173.

64. Плешкова, Т.Ю. Особенности формирования миссии муниципального образования / Т.Ю. Плешкова // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 5 (Электронный журнал).

65. Плешкова, Т.Ю. Инновационный подход к выбору стратегии взаимодействия вуза с его заинтересованными сторонами / Т.Ю. Плешкова, К.С. Солодухин // Экономические науки. – 2009. – № 1(50). – С. 140–146.

66. Плешкова, Т.Ю. Ключевые компетенции государственного вуза / Т.Ю. Плешкова, К.С. Солодухин // Интеллектуальный потенциал вузов на развитие Дальневосточного региона России и стран АТР: материалы IX Междунар. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. 19–20 апреля 2007 г.: в 6 кн. Кн. 2. – Владивосток: Изд-во ВГУЭС, 2007. – С. 204–206.

67. Плешкова, Т.Ю. Сбалансированность отношений в стейкхолдерском подходе / Т.Ю. Плешкова // Интеллектуальный потенциал вузов на развитие Дальневосточного региона России и стран АТР: материалы X Междунар. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. 24–27 апреля 2008 г.: в 6 кн. Кн. 2. – Владивосток: Изд-во ВГУЭС, 2008. – С. 163–168.

68. Плешкова, Т.Ю. Стратегии взаимодействия организации с заинтересованными сторонами / Т.Ю. Плешкова, К.С. Солодухин // Экономика и менеджмент современного предприятия: проблемы и перспективы: межвуз. сб. науч. тр.; под ред. д-ра экон. наук, проф. А.В. Бабкина. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2007. – С. 57–68.

69. Плешкова, Т.Ю. Стратегии взаимодействия организации с заинтересованными сторонами на основе использования ключевых компетенций / Т.Ю. Плешкова, К.С. Солодухин // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – 2008. – № 1. – С. 223–230.

70. Плешкова, Т.Ю. Стратегическое управление вузом в рамках стейкхолдерской концепции / Т.Ю. Плешкова // Материалы XI открытой конференции-конкурса научных работ молодых ученых Хабаровского края (экономическая секция), 15–16 января

2009: сб. ст. / под общ. ред. В.Д. Калашникова; Рос. акад. наук, Дальневост. отд. Ин-та экономических исследований. – Хабаровск, 2009. – С. 145–151.

71. Плешкова, Т.Ю. Управление отношениями с заинтересованными сторонами как фактор формирования инновационного климата вуза: дис. … канд. экон. наук / Т.Ю. Плешкова. – Владивосток, 2009.

72. Побыванец, В.С. Методология Стратегического планирования в учреждениях высшего профессионального образования / В.С. Побыванец // Экономика образования. – 2007. – № 4. – С. 114–138.

73. Подиновский, В.В. Многокритериальные задачи с упорядоченными по важности критериями / В.В. Подиновский // Автоматика и телемеханика. – 1976. – №11. – С. 118–127.

74. Рахманова, М.С. Методология планирования инновационного развития экономических систем: монография / М.С. Рахманова; под ред. д-ра экон. наук, проф. А.В. Бабкина. – СПб., 2008. – 772 с.

75. Рахманова, М.С. Разработка методов инновационного стратегического анализа вуза с позиций теории заинтересованных сторон: дис. … канд. экон. наук / М.С. Рахманова. – Владивосток, 2009.

76. Симанкова, В.С. Повышение эффективности при построении функции полезности иерархических структур критериев на основе когнитивного моделирования / В.С. Симанкова, Т.Т. Зангиева, О.Н. Мызникова // Естественные и технические науки. – 2010. – № 5. – С. 519–523.

77. Солодухин, К.С. Модели поддержки принятия стратегических решений на основе системы сбалансированных показателей / К.С. Солодухин // Экономические науки. – 2009. – № 4 (53). – С. 253–260.

78. Солодухин, К.С. Модель формирования вариантов стратегических решений на основе формализованной системы сбалансированных показателей / К.С. Солодухин // Формувания ринкової економіки: зб. наук. праць. Спец. вип., присвяч. Міжнар. наук.-практ. конф. «Контролінг у бізнесі: теорія і практика». – К.: КНЕУ, 2008. – С. 384–397.

79. Солодухин, К.С. Постановка системы сбалансированных показателей в стейкхолдер-компании / К.С. Солодухин // Контроллинг. – 2009. – №2 (30). – С. 64–69.

80. Солодухин, К.С. Проблемы применения теории заинтересованных сторон в стратегическом управлении организацией / К.С. Солодухин // Проблемы современной экономики. – 2007. – №4. – С. 152–156.

81. Солодухин, К.С. Разработка методологии стратегического управления вузом на основе теории заинтересованных сторон: дис. … д-ра экон. наук / К.С. Солодухин. – М., 2011.

82. Солодухин, К.С. Стратегический анализ университета с точки зрения полезности обществу и его субъектам / К.С. Солодухин // Теория и практика подготовки менеджеров по развитию в современных университетах (По материалам реализации международного межвузовского проекта): науч.-метод. материалы. – М.: Фонд «Новая Евразия», 2009. – С. 78–87.

83. Солодухин, К.С. Стратегический контроллинг в государственном университете / К.С. Солодухин // Материалы IX открытой конференции-конкурса научных работ молодых ученых Хабаровского края (экономическая секция): сб. статей. – Хабаровск, 2007. – С. 216–220.

84. Солодухин, К.С. Стратегическое управление вузом как стейкхолдер-компанией / К.С. Солодухин. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2009. – 290 с.

85. Солодухин, К.С. Инновационная методика анализа ресурсного обмена вуза и его заинтересованных сторон / К.С. Солодухин, А.А. Гресько // Человек и общество: проблемы взаимодействия: материалы II Междунар. науч.-практ. конф. / под ред. Л.В. Соколовой. – Саратов: ИЦ «Наука», 2009. Ч. 2. – С. 209–216.

86. Солодухин, К.С. Методы определения влияния показателей на стратегическую цель при разработке карты целей в организации / К.С. Солодухин, А.А. Гресько, А.Я. Чен // Машиностроение – традиции и инновации: сб. тр. Всерос. молодеж. конф. – Томск, 2011. – С. 333–337.

87. Солодухин, К.С. Инновационный подход к балансировке системы сбалансированных показателей вуза / К.С. Солодухин, Г.А. Дзина // Человек и общество: проблемы взаимодействия:

материалы II Междунар. науч.-практ. конф. / под ред. Л.В. Соколовой. – Саратов: ИЦ «Наука», 2009. Ч. 2. – С. 216–223.

88. Солодухин, К.С. Применение системы сбалансированных показателей в университете на основе теории заинтересованных сторон / К.С. Солодухин, Г.А. Дзина // Контроллинг. – 2009. – № 1 (29). – С. 12–23.

89. Солодухин, К.С. Инновационный подход к выбору стратегии взаимодействия вуза с его заинтересованными сторонами / К.С. Солодухин, Т.Ю. Плешкова // Экономические науки. – 2009. – № 1 (50). – С. 140 – 145.

90. Солодухин, К.С. Стратегии взаимодействия организации на основе использования ключевых компетенций / К.С. Солодухин, Т.Ю. Плешкова // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – 2008. – № 1. – С. 223–230.

91. Солодухин, К.С. Инновационная технология стратегического анализа организации на основе теории заинтересованных сторон / К.С. Солодухин, М.С. Рахманова // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – 2009. – № 2, Т. 1. Экономические науки. – С. 102–111.

92. Солодухин, К.С. Инновационный стратегический анализ вуза как стейкхолдер-компании / К.С. Солодухин, М.С. Рахманова // Экономические науки. – 2009. – № 1 (50). – С. 236–242.

93. Солодухин, К.С. Определение зависимостей между показателями и целями организации при выполнении стратегических планов / К.С. Солодухин, А.Я. Чен // Проблемы формирования и внедрения инновационных технологий в условиях глобализации: сб. науч. тр. по итогам междунар. науч.-практ. конф. – Ташкент, 2010. – С. 188–190.

94. Солодухин, К.С. Инновационная технология стратегического анализа организации на основе теории заинтересованных сторон / К.С. Солодухин, М.С. Рахманова // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – 2009. – № 2. – С. 102–111.

95. Солодухин, К.С. Инновационный стратегический анализ вуза как стейкхолдер-компании / К.С. Солодухин, М.С. Рахманова // Экономические науки. – 2009. – № 1. – С. 236–243.

96. Солодухин, К.С. Пути повышения конкурентоспособности российских предприятий в условиях международной экономической интеграции / К.С. Солодухин // Дальний Восток России: условия и проблемы экономической интеграции в АТР: ма-

териалы междунар. науч.-практ. семинара (12–14 октября 2005 г.). – Владивосток: Изд-во ВГУЭС, 2005. – С. 92–101.

97. Солодухин, К.С. Концептуальная модель Международного науч.-образовательного консалтингового центра / К.С. Солодухин, Л.С. Мазелис, Р.А. Луговой // Проблемы современной экономики. – 2008. – № 4. – С. 467–470.

98. Солодухин, К.С. Анализ рисков при оптимизации цены образовательной программы вуза / К.С. Солодухин, Л.С. Мазелис // Университетское управление: практика и анализ. – 2005. – № 2 (35). – С. 82–84.

99. Солодухин, К.С. Модифицированный метод формализации зависимости между уровнем достижения стратегической цели и значениями её показателей на основе знакопеременной функции полезности / К.С. Солодухин, В.О. Морозов // Controlling in SMEs, 2014. – С. 401–405.

100. Сорокина, М.И. Вклад признака в общую оценку объекта при использовании произвольных функций полезности / М.И. Сорокина // Изв. Петербургского университета путей сообщения. – 2006. – № 3. – С. 144–150.

101. Степанова, М.Д. Прикладные интеллектуальные системы и системы принятия решений: конспект лекций / М.Д. Степанова, С.А. Самодумкин. – Минск, 2007. – 119 с.

102. Филиппов, В.М. Управление в высшей школе: опыт, тенденции, перспективы / В.М. Филиппов и др. – 2-е изд. – М.: Логос, 2006. – 488 с.

103. Фишбен, П. Теория полезности для принятия решений / П. Фишбен. – М.: Мир, 1978. – 380 с.

102 Чен, А.Я. Методика определения зависимостей между стратегическими целями и мероприятиями при постановке системы сбалансированных показателей в организации / А.Я. Чен // Материалы XII Открытой конференции-конкурса научных работ молодых учёных Хабаровского края. − Хабаровск, 2010. − С. 186–192.

104. Чен, А.Я. Применение аппарата нейронных сетей в задаче определения зависимостей между показателями и целями организации / А.Я. Чен // Интеллектуальный потенциал вузов – на развитие Дальневосточного региона России и стран АТР: материалы XII Междунар. конф. студентов, аспирантов и молодых учёных. – Владивосток, 2010. Кн. 1. – С. 63–68.

105. Чен, А.Я. Применение теории полезности при решении проблемы формализации карты целей в вузе / А.Я. Чен // Интеллектуальный потенциал вузов – на развитие Дальневосточного региона России и стран АТР: материалы XIV Междунар. конф. студентов, аспирантов и молодых учёных. – Владивосток, 2012. Кн. 1. – С. 79–81.

106. Чен, А.Я. Разработка программного обеспечения для получения экспертных оценок аппаратом нечетких множеств / А.Я. Чен // Интеллектуальный потенциал вузов – на развитие Дальневосточного региона России и стран АТР: материалы XI Междунар. конф. студентов, аспирантов и молодых учёных. – Владивосток, 2009. Кн. 1. – С. 60–64.

107. Чен, А.Я. Метод формализации зависимости между уровнем достижения стратегической цели и её показателями / А.Я. Чен, К.С. Солодухин, Р.А. Луговой // Университетское управление: практика и анализ. – 2012. – № 1 (77). – С. 19–25.

108. Чен, А.Я. Методы определения влияния показателей на стратегическую цель при разработке карты целей в вузе / А.Я. Чен, К.С. Солодухин, Р.А. Луговой // Научное обозрение. Сер. 1. Экономика и право. – 2011. – № 4. – С. 63–73.

109. Чен, А.Я. Модели поддержки процессов принятия стратегических решений в вузе / А.Я. Чен, К.С. Солодухин, Р.А. Луговой // Университетское управление: практика и анализ. – 2012. – № 4 (80). – С. 25–34.

110. Черноморский, Д.А. Систематизация методов и разработка технологии стратегического анализа при формировании стратегий бизнес-уровня: дис. … канд. экон. наук / Д.А. Черноморский. – СПб., 2004.

111. Шеховцова, Ю.А. Применение функции временной полезности денег в оценке эффективности инвестиционных проектов / Ю.А. Шеховцова // Проблемы современной экономики. – 2011. – № 3. – С. 161–163.

112. Adiel, T. Repair contract decision model through additive utility function / T. Adiel // Journal of quality in maintenance engineering. – 2001. – Vol. 7, № 1. – P. 42–48.

113. Barry, D. The Relationship of Strategic Goals and Planning Processes to Organizational Performance. Unpublished Ph. D. Dissertation / D. Barry // University of Maryland, 1987.

114. Dacey, R. The s-shaped utility function / R. Dacey // Synthese. – 2003. – Vol. 135, № 2. – P. 243–272.

115. Feeny, D. Multiattribute and Single-Attribute Utility Functions for the Health Utilities Index Mark 3 System / D. Feeny, W. Furlong, G.W. Torrance, C.H. Goldsmith, Z. Zhu, S. DePauw, M. Denton, M. Bolyel // Medical Care. – 2002. – Vol. 40, № 2. – P. 113–128.

116. Стратегия организации. Статьи компании «Провокация РОСТА» [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.pr-rost.ru.

117. Особенности применения сбалансированной системы показателей в сфере высшего профессионального образования [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.strategplann.ru/estatiw/osobennosti-primenenija-sbalansirovannoj-sistemy-pokazatelej-v-sfere-vysshego-professionalnogo-obrazovanija.html.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Научное издание

Чен Андрей Яковлевич
Солодухин Константин Сергеевич
Морозов Виталий Олегович

МЕТОДЫ И ИНСТРУМЕНТЫ ФОРМАЛИЗАЦИИ СТРАТЕГИЧЕСКОЙ КАРТЫ ЦЕЛЕЙ УНИВЕРСИТЕТА

Монография

Редактор М.А. Шкарубо
Компьютерная верстка М.А. Портновой

Подписано в печать 18.10.15. Формат 60×84/16.
Бумага писчая. Печать офсетная. Усл. печ. л. 6,7.
Уч.-изд. л. 6,0. Тираж 600 экз. Заказ

Издательство Владивостокского государственного университета
экономики и сервиса
690014, Владивосток, ул. Гоголя, 41
Отпечатано во множительном участке ВГУЭС
690014, Владивосток, ул. Гоголя, 41