

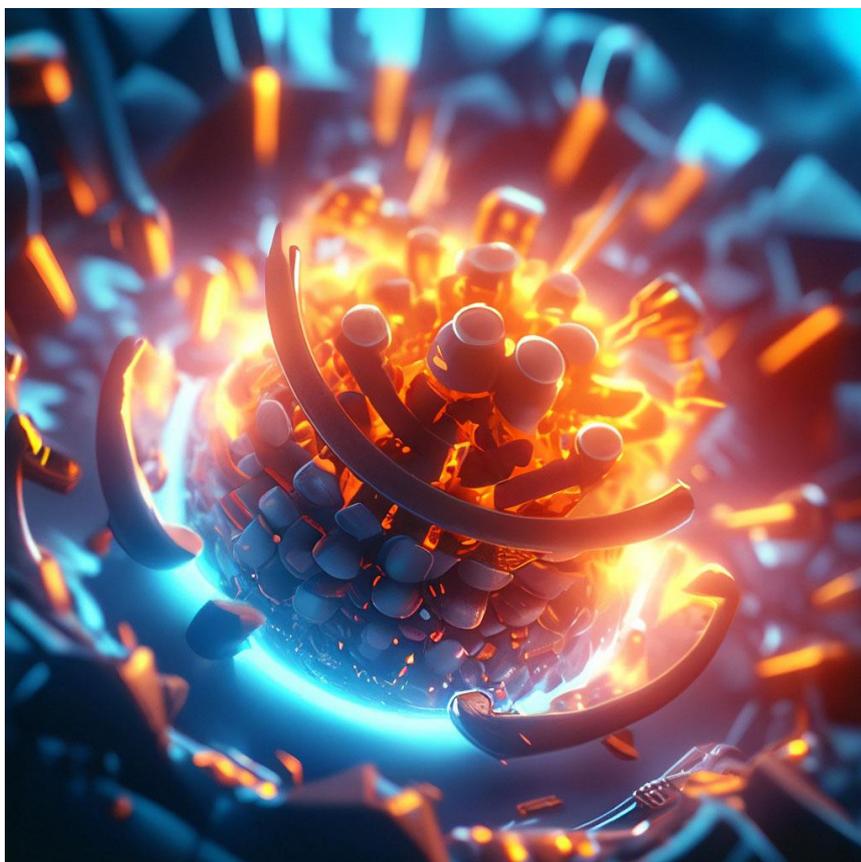
МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ –
МСХА ИМЕНИ К.А. ТИМИРЯЗЕВА

**П.В. Голиницкий, У.Ю. Антонова, Э.И. Черкасова,
А.В. Чепурин, Д.А. Пупкова, Л.А. Гринченко**

Системный анализ в управлении качеством

Учебник



Москва

2023

УДК 658.56
ББК 65.29
С 40

Рецензенты:

Бондарева Г. И.,

доктор технических наук, профессор заместитель директора по инвестициям и общим вопросам ФГБНУ «ВНИИГиМ имени А.Н. Костякова»

Пастухов А. Г.,

доктор технических наук, профессор заведующий кафедрой технической механики и конструирования машин ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ

С 40 Системный анализ в управлении качеством : учебник / Голиницкий П.В., Антонова У.Ю., Черкасова Э.И., Чепурин А.В., Пупкова Д.А., Л.А. Гринченко: – .– Саратов : Амирит, 2023. – 187 с.

ISBN 978-5-00207-377-1

В учебнике рассмотрены основные теоретические сведения и задачи в области системного анализа для обеспечения качества. В первом разделе рассмотрены вопросы, связанные с понятием системы сформулированы основные подходы к решению задач системного анализа. Во втором разделе рассмотрена методология системного анализа и алгоритмы принятия решений. Третий и четвертый разделы посвящены наиболее популярным методам математического моделирования в задачах анализа и синтеза.

Учебник предназначен для студентов, обучающихся по направлению подготовки 27.03.02 «Управление качеством».

Рекомендовано к изданию учебно-методической комиссией института механики и энергетики имени В.П. Горячкина РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, протокол № 13 от 28 июня 2023 г.

УДК 658.56
ББК 65.29

ISBN

© Голиницкий П.В., Антонова У.Ю., Черкасова Э.И., Чепурин А.В., Пупкова Д.А., Гринченко Л.А., 2023
© ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|---|------------|
| ВВЕДЕНИЕ | 5 |
| 1. ПОНЯТИЕ СИСТЕМЫ И ЗАДАЧИ АНАЛИЗА. АНАЛИЗ И СИНТЕЗ В ЗАДАЧАХ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА..... | 6 |
| 1.1. Сущность системного анализа | 6 |
| 1.1.1. Основные понятия системного анализа | 7 |
| 1.1.2. Основные понятия исследования операций | 8 |
| 1.1.3. Терминология и свойства системы | 9 |
| 1.2. Принятие решений на основе системного подхода | 12 |
| 1.3. Свойства систем..... | 15 |
| 1.4. Методы поиска решений. Логический подход..... | 15 |
| 1.4.1. Математический подход к принятию решений..... | 16 |
| 1.4.2. Методы интенсификации мыслительного процесса..... | 17 |
| 1.5. Этапы системного анализа | 20 |
| 1.5.1. Этап первый. Фиксация проблемы | 22 |
| 1.5.2. Этап второй. Диагностика проблемы | 23 |
| 1.5.3. Этап третий. Составление списка стейкхолдеров..... | 24 |
| 1.5.4. Этап четвертый. Выявление проблемного месива..... | 31 |
| 1.5.5. Этап пятый. Определение конфигуратора | 44 |
| 1.5.6. Этап шестой. Целевыявление..... | 47 |
| 1.5.7. Этап седьмой. Определение критериев | 59 |
| 1.5.8. Этап восьмой. Экспериментальное исследование систем | 62 |
| 1.5.8. Этап девятый. Построение и усовершенствование моделей | 72 |
| 1.5.10. Этап десятый. Генерирование альтернатив | 75 |
| 1.5.11. Этап одиннадцатый. Выбор или принятие решения..... | 94 |
| 1.5.12. Этап двенадцатый. Реализация улучшающего вмешательства | 120 |
| Контрольные вопросы..... | 138 |
| 2. МЕТОДОЛОГИЯ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА: ЛОГИКА ПРОЦЕССА РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ..... | 140 |
| 2.1. Принципы системного анализа и принятия решений..... | 140 |
| 2.1.1. О проблемах управления инновационными преобразованиями. | 140 |
| 2.1.2. Определения и методология исследования систем управления инновационной деятельностью. | 142 |
| 2.1.3. Системный подход и системный анализ. | 144 |
| 2.2. Методы системного анализа и принятия решений | 152 |
| Контрольные вопросы..... | 154 |
| 3. АНАЛИЗ СИСТЕМ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДОВ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ | 155 |
| 3.1. Нестатистические модели нечетких чисел и функции принадлежности | 155 |
| 3.2. Вычисление функций принадлежности методом парных сравнений. | 155 |
| 3.3. Основные определения теории нечетких чисел и множеств. | 157 |
| 3.4. Принятие решения на основе нечетких чисел и множеств. | 158 |
| Контрольные вопросы..... | 159 |

| | |
|---|------------|
| 4. КОГНИТИВНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ. ТЕОРИЯ ИГР | 160 |
| 4.1 Когнитивное моделирование..... | 160 |
| 4.2. Теория игр | 165 |
| Вопросы для самоконтроля | 169 |
| Библиографический список | 170 |

ВВЕДЕНИЕ

Системный анализ относится к направлениям современной науки управления, которая возникла в период обострения социальных, экономических, технических, политических проблем, вызывавших необходимость поиска и обоснования новых решений в различных областях деятельности. Причем решения в науке, в управлении производством, при проектировании и технической эксплуатации машин, оборудования, сооружений должны приниматься быстро с минимальным риском ошибок.

Системный анализ в настоящее время широко используется в теории и практике научных исследований. Этой области научных знаний посвящено большое число учебных пособий и монографий, которые отражают теоретический и практический опыт применения методов системного анализа и принятия решений в прикладных задачах, в частности, в задачах управления инновационной деятельностью.

Системный подход характеризуется целостностью, упорядоченностью, управляемостью и другими свойствами элементов и подсистем, отражающих особенности объекта управления и методов управления. Для анализа и исследования систем управления широко используются методы системного анализа и теории принятия решений.

1. ПОНЯТИЕ СИСТЕМЫ И ЗАДАЧИ АНАЛИЗА.

АНАЛИЗ И СИНТЕЗ В ЗАДАЧАХ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА

1.1. Сущность системного анализа

В Анализе и синтезе *системой* называется упорядоченная совокупность материальных объектов (элементов), объединенных какими-либо связями (механическими, информационными и др.) и предназначенных для достижения определенной цели.

Системный анализ есть совокупность средств научного познания и прикладных исследований, используемых для подготовки и обоснования решений по сложным проблемам социально-экономического и научного характера. При системном анализе в условиях неопределенности существенное значение имеет принятие решений в условиях полного или частичного отсутствия информации, когда имеется риск принятия неправильных, ошибочных решений.

Системный анализ – наука, занимающаяся проблемой принятия решений в условиях анализа большого количества информации различной природы. В системном анализе выделяют методологию, аппаратную реализацию, практические приложения. Методология включает определения используемых понятий и принципы системного подхода.

С необходимостью принятия решений человек был связан всегда, зачастую на инициативном уровне.

Началом науки «Теория принятия решений» следует считать работу Жозефа Луи Лагранжа, посвященную производительности труда при земляных работах.

Бурный рост технического прогресса ставил задачи, для решения которых привлекались и разрабатывались научные методы. Научно-технические предпосылки становления «Теории принятия решений» явились:

– удорожание «цены ошибки». Чем сложнее, дороже, масштабнее планируемое мероприятие, тем менее допустимы в нем «волевые» решения и тем важнее становятся научные методы, позволяющие заранее оценить последствия каждого решения;

– ускорение научно-технической революции техники. Жизненный цикл технических решений сократился, «опыт» не успевает накапливаться, и требуется применение математического аппарата в проектировании;

– возникновение и развитие ЭВМ позволили ускорить решение задач, не используя аналитические методы.

1.1.1. Основные понятия системного анализа

Наиболее общий термин «теория систем» относится к всевозможным аспектам исследования систем. Ее основные части: системный анализ, под которым понимается исследование проблемы принятия решения в сложной системе, и кибернетика, рассматриваемая как наука об управлении и преобразовании информации.

Следует заметить, что понятия «управление» и «принятие решения» не совпадают. Условная граница между кибернетикой и системным анализом состоит в том, что первая изучает отдельные процессы, а системный анализ – совокупность процессов и процедур.

Элемент – некоторый объект (материальный, энергетический, информационный), который имеет ряд важных для нас свойств, но внутреннее строение (содержание) которого безотносительно к цели рассмотрения.

Связь – важный для целей рассмотрения обмен между элементами, веществом, энергией, информацией.

Система – совокупность элементов, которая обладает связями, позволяющими посредством переходов по ним от элемента к элементу соединить два любых элемента совокупности.

Большая система – система, которая включает значительное число однотипных элементов и однотипных связей, например система смазки подшипников бумагоделательной машины.

Сложная система – система, которая состоит из элементов разных типов и обладает разнородными связями между ними. В качестве примера можно приве-

сти бумагоделательную машину, состоящую из нескольких взаимосвязанных составных частей (формующей, прессовой, сушильной) и систем (массоподводящей, вакуумной, смазки и др.).

Автоматизированная система – сложная система с определяющей ролью двух элементов: технических средств и действий человека. Типичная ситуация, когда решение, выработанное техническими средствами, утверждается к исполнению человеком.

Структура системы – расчленение системы на группы элементов с указанием связей между ними, неизменное на все время рассмотрения и дающее представление о системе в целом. Расчленение может иметь материальную, функциональную, алгоритмическую и другую основу.

1.1.2. Основные понятия исследования операций

Операцией называется мероприятие (система действий), объединенное единым замыслом и направленное к достижению какой-то цели.

Цель исследования операций – предварительное количественное обоснование решений, под которым понимается любой выбор зависящих от нас параметров.

Параметры, совокупность которых образует решение, называются *элементами решения*. Оптимальными называются решения, по тем или другим признакам предпочтительные перед другими. Множеством допустимых решений называются заданные условия, которые фиксированы не могут быть нарушены.

Декомпозиция – деление системы на части, удобное для каких-либо операций с этой системой. Примерами будут разделение объекта на отдельно проектируемые части, зоны обслуживания, рассмотрение физического явления или математическое описание отдельно для данной части системы.

Иерархия – структура с наличием подчиненности, т.е. неравноправных связей между элементами, когда воздействие в одном из направлений оказывает гораздо большее влияние на элемент, чем в другом.

Принципы системного подхода – это положения общего характера, являющиеся обобщением опыта работы человека со сложными системами. Известно около двух десятков таких принципов, важнейшими из которых являются:

- принцип конечной цели – абсолютный приоритет конечной цели;
- принцип единства – совместное рассмотрение системы как целого и как совокупности элементов;
- принцип связности – рассмотрение любой части совместно с ее связями с окружением.

Показатель эффективности – количественная мера, позволяющая сравнивать разные решения по эффективности.

Задача называется статической, если принятие решения происходит в наперед известном и неизменяющемся информационном состоянии. Если информационные состояния в ходе принятия решения сменяют друг друга, то задача называется *динамической*.

Аппаратная реализация включает стандартные приемы моделирования принятия решения в сложной системе и общие способы работы с этими моделями. Модель строится в виде связанных множеств отдельных процедур. Системный анализ исследует как организацию таких множеств, так и вид отдельных процедур, которые максимально приспособливают для принятия управленческих решений в сложной системе.

Отдельные процедуры (операции) принято классифицировать на формализуемые и неформализуемые. Системный анализ допускает, что в определенных ситуациях неформализуемые решения, принимаемые человеком, являются более предпочтительными.

1.1.3. Терминология и свойства системы

Внешняя среда. Понятие «система» предусматривает границу между некоторым ограниченным множеством элементов. Элементы, которые остались за пре-

делами границы, образуют множество, называемое внешней средой. Всякая система может рассматриваться, с одной стороны, как подсистема более высокого порядка (надсистемы), а с другой, – как надсистема системы низшего порядка.

Функциональность – это проявление отдельных свойств (функций) системы при взаимодействии с внешней средой.

Структура системы – это способ существования системы и выражения ее функции.

Целостность – это выражение внутреннего единства объекта, наличия всех необходимых элементов со связями между ними, относительной автономности объекта в смысле независимости от окружающей среды.

Связи – это элементы, осуществляющие непосредственное взаимодействие между элементами (или подсистемами) системы, а также с элементами и подсистемами окружения. Связи различают по характеру взаимосвязи (прямые и обратные) и по виду проявления (детерминированные и вероятностные).

Критерии – признаки, по которым проводится оценка соответствия функционирования системы желаемому результату (цели) при заданных ограничениях.

Эффективность системы – соотношения между заданным показателем результата функционирования системы и фактически реализованным.

Техническая система имеет стабильно выраженную целевую функцию. Различают простые технические системы, в которых поддержание эффективности осуществляется регулированием процессов, и сложные, в которых эффективность поддерживается регулированием параметров. Функционально техническая система состоит из трех блоков: *вход – процесс – выход*.

Вход – все, что изменяется при протекании процесса (функционирования системы).

Выход – результат конечного состояния процесса.

Процесс – переход входа в выход.

Вход и выход располагаются на границе системы и выполняют одновременно функции входа и выхода предшествующих и последующих систем. Управление системой связано с понятием прямой и обратной связи ограничениями.

Обратная связь предназначена для воздействия на *вход*.

Определение функционирования системы связано с понятием «проблемной ситуации», которая возникает, если имеются различия между необходимым (желаемым) и существующим (реальным) входом. *Проблема* – это разница между существующей и желаемой системами. Если этой разницы нет, то и нет проблемы. Решить проблему – значит скорректировать старую систему или сконструировать новую, желаемую.

Системный анализ предполагает разделение проблемы на подпроблемы с последующим рассмотрением этих подпроблем в условиях определенности или неопределенности.

Между компонентами множества, образующего систему, существуют системообразующие связи и отношения, благодаря которым реализуется специфическое для системы единство.

Отношения отличаются от связей тем, что не имеют ярко выраженного вещественно-энергетического характера. Тем не менее, их учет важен для понимания той или иной системы. Отношения могут быть, например, пространственные (выше, ниже, левее, правее), временные (раньше, позже), количественные (меньше, больше).

Состояния и фазы функционирования важны для анализа действующих на протяжении длительного времени систем. Сам процесс функционирования познается путем выявления связей и отношений между различными состояниями.

Любая система существует лишь в определенных границах изменений ее свойств, поэтому обычно задаются максимальные и минимальные значения ее переменных. Сложная система – это результат эволюции более простой системы. Система не может быть изучена, если не изучен ее генезис.

Познание того или иного объекта как системы должно включать в себя следующие определения: структура и организация системы, собственные (внутренние) интегральные свойства и функции системы, функции системы как реакции на выходы в ответ на воздействие других объектов на входы, генезис системы,

т.е. способы и механизмы ее образования, а для развивающихся систем – способы их дальнейшего развития.

Управление в системах делится на три типа: *самосохранение, саморазвитие и самовоспроизведение*. В случае самосохранения конечная цель управления заключается в сохранении целостности, качественной определенности системы. Саморазвитие же предполагает изменение структуры. Система, саморазвиваясь, может изменять свой тип целостности, качественной определенности, оставаясь в то же время сама собой.

Еще более сложный тип управления – самовоспроизведение. Он свойствен живым организмам и обществу. Общим для всех процессов самовоспроизводства является то, что при сохранении или даже увеличении информационного содержания одной системы ею порождается другая система, как правило, способная к саморазвитию.

При принятии решений в условиях неопределенности используются теоретико-игровые модели, сущность которых будет рассмотрена далее.

Прогрессивное развитие системы сопровождается качественными скачками. Поэтому прогресс системы сопровождается не только количественным ростом параметров, но и изменением ее качества. Это позволяет вводить в рассмотрение качественные информационные критерии развития.

1.2. Принятие решений на основе системного подхода

Принятие решений в философском понимании представляется как диалектико-материалистический процесс познания, идущий по пути обнаружения и преодоления противоречий. Это представление согласуется с теорией познания истины в известной триаде: чувственное восприятие – абстрактное мышление – практика.

Представим алгоритмы процесса принятия решения с различных позиций философии, системного подхода и разнообразных практических методов (табл. 1.1). Из таблицы видно, что просматривается единая диалектико-материалистическая суть и принципиальная сквозная схема поиска – от постановки задачи через

вскрытие противоречий к их разрешению (преодолению) и, наконец, осмыслению результата.

Таблица 1.1

Алгоритм принятия решения на основе системного подхода

| Термин | Постановка задачи | Вскрытие противоречий | Преодоление противоречий | Осмысление результата |
|------------------|--|--|---|--|
| Философия | Теория познания | Чувственное познание | Абстрактное мышление | Практика |
| Системный подход | Исследование потребности. Постановка цели и уяснение задачи. Анализ структуры системы (целостность, элементы, связи, взаимодействие со средой, функциональность). Выбор и обоснование критериев оценки результата; анализ с позиций надсистемы | Построение и анализ дерева противоречий. Анализ структуры системы по принципу иерархичности: управляющие и управляемые элементы и подсистемы. Анализ влияния окружающей среды на систему | Поиск концепций системы. Построение и анализ дерева функций системы. Функциональные и конструктивные модули системы. Системотехника | Оценка решения. Обратные связи. Воздействие выхода на вход |

Рассматриваемые методы принятия решений условно разделим на две группы: общие, охватывающие неограниченно широкий круг проблем, и более частные, относящиеся к синтезу новых технических объектов, т.е. непосредственно к инженерной деятельности.

Факторы, учитываемые при принятии решения:

- лицо (лица), принимающее решение (ЛПР), т.е. тот, кому предстоит решать проблемы, может быть как отдельным индивидуумом, так и небольшой группой людей и даже большим коллективом;
- управляемые переменные, т.е. параметры и ситуации, которыми может управлять ЛПР;
- неуправляемые переменные, которыми не может управлять ЛПР; в совокупности эти переменные образуют «окружающую среду», или фон проблемы;
- внутренние либо внешние ограничения на возможные значения управляемых и неуправляемых переменных;

– возможные исходы (решения, результат) – должно быть не менее двух неравноценных, так как в противном случае не имеет значения, какое решение принять.

Принципы поиска решений:

– анализ поставленной задачи с точки зрения ее своевременности и общественной потребности в ней. Раскрытие внутренних противоречий в процессах, обусловивших или обуславливающих постановку задачи;

– проверка правомерности постановки задачи с точки зрения общих законов природы;

– проверка осуществимости решения задачи на современном уровне науки, техники и производства;

– разработка методов решения задачи, выбор головного эксперимента и анализ полученных результатов головного эксперимента;

– нахождение взаимосвязи решений с поставленной задачей.

Системный подход – это направление методологии научного познания и социальной практики, в основе которого лежит рассмотрение объектов как систем. Системный подход ориентирует исследователей на раскрытие целостности объекта, на выявление многообразных связей в нем и сведение их в единую теоретическую картину.

При системном подходе система представляется двумя составляющими:

– внешнее окружение, включающее в себя вход и выход системы, связь с внешней средой и обратную связь;

– внутренняя структура, обеспечивающая переработку входа системы и ее выход и достижение целей системы.

К системному подходу можно также отнести и комплексный подход.

Системный подход неразрывно связан с материалистической диалектикой, является конкретизацией ее основных параметров.

Анализ и синтез являются фундаментальными понятиями в философии и в системном подходе.

Анализ – процесс мысленного расчленения (декомпозиции) или реального разбиения объекта на элементы с учетом имеющихся между ними связей.

Синтез – процесс воссоединения элементов в одно целое.

Не следует полностью отождествлять диалектику и системный подход. В отличие от диалектики системный подход представляет собой специализированную методологию, хотя и имеющую общенаучное значение.

1.3. Свойства систем

Система состоит из исходных единиц – компонентов. В качестве компонентов системы (в широком смысле) могут рассматриваться объекты, свойства, связи, отношения, состояния, фазы функционирования, стадии развития. Объекты, представляющие собой единицы, из которых состоит система, могут быть материальными и нематериальными.

Свойства системы, специфичные для данного класса объектов, могут стать компонентами системного анализа. Свойства могут быть как изменяющимися, так и неизменными при данных условиях существования системы: внутренних (собственных) и внешних. Собственные свойства зависят только от связей (взаимодействий) внутри системы, это свойства системы «самой по себе». Внешние свойства актуально существуют лишь тогда, когда имеются связи, взаимодействия с внешними объектами (системами).

Связи изучаемого объекта также могут быть компонентами при его системном анализе. Связи имеют вещественно-энергетический характер.

1.4. Методы поиска решений. Логический подход

Логика (греч. *logike*) – наука о ходе и способах доказательств и опровержений. В основе формально-логических методов принятия решений лежит использование логических законов выводного значения, полученного логически из предшествующих знаний без непосредственного отношения к опыту. Основное требование логики – обязательность последовательного непротиворечивого, обоснованного мышления. Нельзя считать истинными знания, содержащие логические противоречия.

Различие между шаблонным и нешаблонным мышлением состоит в том, что при шаблонном мышлении логика управляет разумом, тогда как при нешаблонном она его обслуживает. Шаблонное мышление называют «психологической инерцией», под которой подразумевается бессознательное предрасположение к какому-нибудь конкретному методу или образу мышления, которые обычно характеризуют выражением «идти по проторенной дорожке». Психологическая инерция - это следствие существующих методов обучения, по которым изучают не способы добычи знаний, а готовые конкретные рецепты.

1.4.1. Математический подход к принятию решений

Проблемы принятия решений изучаются специалистами в области системного анализа, исследования операций и управления, используются многомерная теория полезности как самостоятельная научная дисциплина, методы многокритериальных задач принятия решений, методы оптимизации и прогнозирования. Но и при математических подходах основная часть алгоритма системного подхода к принятию решения остается неформализованной, выполняется человеком при постановке задач и обобщении результатов математического анализа.

Лицо, принимающее решение (ЛПР), должно определить критерии оценки (целевую функцию) возможных решений проблемы. Этими критериями могут быть, например, расходы, прибыль, повышение производительности, предотвращение аварий.

Успешность решения проблемы зависит от того, насколько успешно разработаны возможные альтернативы. Желательно не упустить ни одной сколько-нибудь значащей альтернативы, включая альтернативу ничего не предпринимать. Для анализа и сравнения альтернатив, выбора наилучшей альтернативы часто применяются математические методы, включая методы оптимизации и прогнозирования.

Осуществление выбранной альтернативы означает просто осуществление действий, обозначенных в альтернативе. Принятие решения требует проверки результатов его осуществления и, при необходимости, устранения ошибки. На

принятие решения всегда накладываются объективные ограничения, вызываемые расходами, человеческими возможностями, сроками, технологией и наличием информации.

Причиной неудач технических решений является субоптимизация, когда принимаются оптимальные решения для одной составной части системы, приводящие к неоптимальным решениям всей системы. Выбор техники анализа определяется условиями, в которых принимаются решения. Эти условия классифицируются по степени точности и уверенности. Имеются три основных категории условий: уверенность, риск и неопределенность.

В условиях уверенности выбирается альтернатива, которая дает наибольшее (наименьшее) значение основного критерия. Фактор риска находится между двумя полярными случаями – уверенностью и неопределенностью.

1.4.2. Методы интенсификации мыслительного процесса

К методам интенсификации мыслительного процесса при принятии решений относятся мозговая атака, деловые игры, конференции идей, методы экспертных оценок и другие методы.

При *мозговой атаке* процесс выдвижения идей происходит лавинообразно. Выдвинутая идея порождает либо творческую, либо критическую реакцию, что стимулирует появление новых идей. Групповое мышление производит на 70 % больше ценных новых идей, чем сумма индивидуальных мышлений. Существует несколько модификаций мозговой атаки: индивидуальная, массовая, письменная, двойная и обратная, а также синектика.

В основу синектики (совмещение разнородных элементов) положена мозговая атака, отличающаяся тем, что здесь используются постоянные группы, составленные из специалистов разных профессий. Рекомендуется, чтобы члены синектической группы (кроме руководителя) перед началом работы не знали сути рассматриваемой проблемы, что позволяет им абстрагироваться от привычного

стереотипа мышления, успешнее преодолевать психологическую инерцию мышления. Ибо умственная деятельность человека более продуктивна в новой, незнакомой ему обстановке.

Конференция идей – одна из разновидностей коллективного творчества. От мозговой атаки она отличается прежде всего темпом работы и проводится в виде совещания по выдвижению идеи с допущением доброжелательной критики в форме реплик, комментариев и т.п. Считается, что критика может даже повысить ценность выдвинутых идей. Все выдвинутые идеи фиксируются в протоколе без указания авторов. В этом заключается тот существенный смысл, что результаты конференции идей являются как бы коллективным трудом.

Деловые игры представляют собой метод имитации принятия управленческих и других решений в различных ситуациях (производственных и непроизводственных) путем игры по заданным правилам группы людей или человека с ЭВМ. Проигрывается множество ситуаций как бы произвольных. В действительности же, в силу специфических дискуссионных приемов, плодотворность которых отмечали еще древние («истина рождается в споре»), возникает ряд альтернативных решений.

Сущность *экспертных методов* состоит в использовании опыта работы, эрудиции и интуиции высококвалифицированных специалистов, способных находить решения в условиях трудно формализуемых ситуаций и недостаточной информации. Методы экспертных оценок позволяют квалифицировать (количественно выразить) качественные характеристики изучаемого объекта. При этом реализуются возможности системного подхода, поскольку интегрально используется информация, которой владеет группа экспертов.

При системном подходе принятия решений нельзя исключить эвристические методы (догадки, озарения и т.п.), над проблемой можно работать годы, но идея может возникнуть мгновенно, как результат озарения.

У многих зрелых инженеров, ученых, педагогов на основе большого личного опыта вырабатывается «своя система» принятия решений. Но овладев системным подходом к принятию решений, можно быстрее постигнуть и выбрать для своей деятельности оптимальные методы принятия решений.

Системный подход к принятию решений состоит в следующем:

- принятие решений является не начальным, а завершающим этапом творческого цикла, который начинается с выделения системы, определяющей проблемную ситуацию, затем продолжается в выявлении тех закономерностей, по которым развивается и функционирует данная система, и только потом наступает этап выбора метода принятия решения;
- возможность выбора методов принятия решений обеспечивается использованием функционально-структурного подхода;
- процесс принятия решения нельзя отделить от «человеческого фактора», от психологических и социально-экономических факторов, от особенностей личности, в частности смелости и умения ввести (включить) в решение некоторую степень риска.

Выработка верных решений – это не только наука, а также интуиция, опыт, чутье, все то, что называется словом «искусство». В их единстве рождается высшая мудрость.

Представляя процесс инженерного творчества как связь трех неразрывных составляющих (системный подход – законы развития – принятие решений), раскроем смысл, вкладываемый в концепцию современного взгляда на научную, инженерную и учебную деятельности:

- во-первых, мировоззренческая позиция, основанная на диалектическом материализме. Находит эта позиция свое отражение в системном (функционально-структурном) подходе;
- во-вторых, применяя системный подход к решению задач технических систем, мы базируемся на законах и закономерностях их развития;
- в третьих, результатом системного подхода к задачам развития техники является принятие решения, которое выражает процесс вскрытия и преодоления противоречий. Здесь весьма важно владеть разнообразными методами активизации творческого мышления и использовать накопленные в различных отраслях техники опыт, банки данных.

Таким образом, ученый, инженер, педагог на основе системного подхода, опираясь на законы развития техники, может принимать эффективные решения в своей научной, инженерной и учебной деятельности.

В заключение отметим, что ознакомление аспирантов и студентов с основами системного анализа и системного подхода при решении технических, управленческих и научных проблем направлено на повышение уровня их инженерной подготовки.

1.5. Этапы системного анализа

В соответствии с нашими системными представлениями, изложенными в частях 1.1-1.4, переход из состояния проблемной ситуации в состояние желаемой конечной цели – решения проблемы – должен осуществляться системно, упорядоченно, путем последовательного выполнения определенных шагов. При этом каждый этап тоже имеет свою структуру из более мелких шагов, которую следует соблюдать достаточно строго – ее нарушение может отрицательно повлиять на качество результата одного этапа и, следовательно, всего процесса в целом.

Технология прикладного системного анализа и есть изложение всего этого алгоритма с описанием всех особенностей каждого этапа.

Придя к системному аналитику со своей проблемой, которую не смог решить сам, клиент инициирует процедуру анализа. Аналитик возьмется за работу по решению любой проблемы, но только на определенных условиях. Эти условия абсолютно необходимы (хотя и недостаточны) для успеха. Без их наличия опытные аналитики просто не берутся за работу. Перечислим эти условия, хотя полностью их смысл и необходимость станут понятными позже, после ознакомления с определенными моментами и тонкостями технологии.

Условия успеха системного исследования:

1) гарантия доступа к любой необходимой информации (при этом аналитик со своей стороны гарантирует конфиденциальность);

2) гарантия личного участия первых лиц организаций – обязательных участников проблемной ситуации (руководителей проблемосодержащих и проблеморазрешающих систем);

3) отказ от требования заранее сформулировать необходимый результат («техническое задание»), так как улучшающих вмешательств много и заранее

они неизвестны, тем более – какое будет избрано к осуществлению. Операции системного анализа.

Невсегда последовательное линейное прохождение всех этапов всегда приведет к желаемому решению. Так бывает только тогда, когда исполнитель заранее знает полное решение проблемы клиента.

В практике же прикладного системного анализа конечный результат заранее никому не известен, он будет постепенно формироваться в ходе. В результате на последующих этапах анализа может обнаружиться неполная завершенность или погрешность какого-то из предыдущих этапов; потребуется вернуться к нему и исправить обнаруженный недостаток, вновь проходя уже пройденные этапы.

Алгоритм решения конкретной проблемы не будет линейным, будет содержать циклы, возвраты. По сути, это другое представление метода проб и ошибок: решение проблемы есть преодоление сложности. Чем сложнее проблема, тем больше возвратов потребуется (их количество можно считать мерой сложности).

Однако в дальнейшем изложении технологии мы будем обсуждать этапы последовательно, один за другим. Реальный же ход работы может совершать челночные траектории, пока не будет достигнуто окончательное решение.

Распространенным заблуждением, главной причиной неудач является мнение, будто для любой проблемной ситуации существует некое простое и единственно правильное решение.

разнообразием, сложностью и слабо предсказуемой изменчивостью.

В ответ на потребности в конкретных практических методах управления в условиях сложности управляемой системы возникло много методик, рекламируемых как панацеи от всех бед (некоторые из них):

- анализ добавленной стоимости (value chain analysis);
- базовые компетенции (core competencies);
- балансовый учет (balanced scorecard);
- всеобщее управление качеством (total quality management);
- непрерывное совершенствование (continuous improvement);
- оптимизация штатной численности (downsizing – rightsizing);
- ориентация на пользователя (customer focus);
- планирование в форме сценариев (scenario planning);

- реинжиниринг бизнеспроцессов (process reengineering); – самообучение организации (learning organizations);
- управление знаниями (knowledge management);
- установление критериев и стандартов (benchmarking).

Практика использования таких методик показывает, что они редко дают желаемое улучшение. Причин частых неудач каждый раз может быть несколько, но есть одна, фундаментальная, общая для всех панацей: *неумение видеть целостность системы*, сосредоточение внимания на отдельных ее частях, неучет главной особенности систем – эмерджентности, синергии.

Современный прикладной системный анализ предлагает холистический и креативный подход, который состоит в сосредоточении внимания на двух «системообразующих» факторах:

- 1) целостность, эмерджентность системы (недопустимость отдельного рассмотрения любой части, когда целью является улучшение всей системы в целом);
- 2) вхождение системы как части в большие, объединяющие ее системы, и взаимосвязанность системы с другими системами в окружающей среде (необходимость учета целостности охватывающей метасистемы; рассмотрение проблемной ситуации с нескольких разных точек зрения).

1.5.1. Этап первый. Фиксация проблемы

Задача этого этапа – сформулировать проблему и зафиксировать ее документально.

Формулировка проблемы вырабатывается самим клиентом; дело аналитика – выяснить, на что жалуется клиент, чем он недоволен. Это и есть проблема клиента так, как он ее видит. При этом следует стараться не повлиять на его мнение, не исказить его.

Самой грубой ошибкой на этом этапе было бы тут же заняться решением поставленной проблемы. Этого нельзя делать по ряду причин.

1. Клиент обратился за помощью потому, что он не смог решить проблему самостоятельно: ситуация для него оказалась сложной. Следовательно, его модель ситуации неадекватна, а сообщить о ситуации он может только то, что он сам знает, что входит в его модель. Поэтому попытка решать проблему сразу, только с этой информацией заранее обречена

на неудачу. По сути дела, последующие этапы и предназначены для сбора информации, недостающей для обеспечения адекватности модели.

2. Впоследствии станет ясно, в том числе и самому клиенту, что первоначальное определение его проблемы является неточным, или неполным, или даже неверным. Слишком часто клиент сам диагностирует свою проблему и слишком часто при этом ошибается. Часто симптомы принимаются за проблему.
3. В ходе исследования может оказаться, что для устранения проблемы клиента нужно решить вовсе не его, а чью-то еще, совсем другую проблему.

Например, служащие крупной организации жаловались на долгое ожидание лифтов в их многоэтажном здании. Технические службы предложили следующие варианты: а) построить дополнительные лифты; б) установить скоростные лифты вместо старых медленных; в) создать единое диспетчерское управление лифтами. Психолог предложил повесить в предлифтовых холлах большие зеркала. Вариант оказался самым дешевым и очень эффективным: женщины занялись прихорашиванием, мужчины незаметно подглядывали за ними, и жалобы прекратились.

Другие примеры: для решения ряда проблем студентов надо сначала решить проблемы преподавателей; чтобы решить проблемы пациентов, нужно решить проблемы медперсонала.

Таким образом, фиксация проблемы клиента является лишь отправной точкой, началом системного исследования, а не готовой формулировкой проблемы, подлежащей немедленному решению.

Что касается самой фиксации проблемы, то необходимо заметить, что документальное оформление работ, сделанных не только на этом, но и на последующих этапах, необходимо в связи с изъянами человеческой памяти, нарастанием объемов информации по ходу работы, изменениями окружающей обстановки со временем и т.д.

1.5.2. Этап второй. Диагностика проблемы

Какой из способов решения проблем применить для решения данной проблемы, зависит от того, выберем ли мы воздействие на самого недовольного

субъекта или вмешательство в реальность, которой он недоволен (возможны случаи, когда целесообразно сочетание обоих воздействий). Задача данного этапа и состоит в том, чтобы поставить диагноз – определить, к какому типу относится проблема.

Иногда решение этого вопроса лежит на поверхности, но часто диагностика проблемы является непростым делом. Ошибка в диагнозе приведет к неверным действиям и принесет лишь вред. Хотя при нашем старании осуществить улучшающее вмешательство этот вред будет снижен.

Постановка диагноза – сложное дело. Поскольку трудно дать какие-то общие теоретические рекомендации по выполнению этого этапа, диагностика оказывается более искусством, чем наукой, в ней большую роль играют интуиция, опыт и везение. И все же есть подсказки, как это делать.

Например, английский философ Дж. Милл советует: «Ищи то, что является общим для каждой неудачи и что никогда не появляется в случае успеха». В каких-то случаях этот совет может помочь.

1.5.3. Этап третий. Составление списка стейкхолдеров

Нашей конечной целью является осуществление улучшающего вмешательства. Каждый этап должен на шаг приблизить нас к нему, но надо специально заботиться, чтобы этот шаг был именно в нужную, а не в другую сторону.

Для того чтобы впоследствии учесть интересы всех участников проблемной ситуации (а именно на этом основано понятие улучшающего вмешательства), необходимо сначала узнать, кто же вовлечен в проблемную ситуацию, составить их список. При этом важно не пропустить никого: ведь невозможно учесть интересы того, кто нам неизвестен, а не учёт кого-либо грозит тем, что наше вмешательство не будет улучшающим. Таким образом, список участников проблемной ситуации должен быть *полным*.

К сожалению, поставленная задача невыполнима. Из-за открытости всех систем все в мире взаимосвязано (следствие второго свойства системы), и, значит

в проблемной ситуации так или иначе участвует вся Вселенная, переписать бесконечное число ее частей – невысказанное дело. Выход состоит в том, чтобы описать бесконечное разнообразие Вселенной упрощенно, – конечно, через модель классификации. И в самом деле, хотя действительно все в мире связано с нашей проблемной ситуацией, но связано в разной мере: одни находятся вблизи нее, другие – вдалеке; одни тесно, сильно, прямо, непосредственно связаны с нею, другие – слабо, опосредованно, косвенно. Прямые участники в силу их связанности с косвенными обладают информацией о последних и так или иначе представляют их в ситуации. Это позволяет всю Вселенную разбить на два класса: в первый класс отнесем только непосредственных участников ситуации, во второй – всех остальных (рис. 1.1), и ограничимся теперь учетом только попавших в первый класс. Так в определенной ограниченной окрестности проблемной ситуации оказывается теперь конечное число элементов, и их перепись становится реальным делом. Но требование полноты списка («поголовной переписи») остается и даже ужесточается.

В соответствии с канонами классификации, каждому классу должно быть присвоено имя, которое будут носить все его члены. Впервые это было сделано в английском языке. Была использована аналогия рис. 1.1 с ситуацией на ипподроме: на прямоугольном поле происходят скачки, а пришедшие на них зрители делают ставки в тотализаторе на полюбившихся им лошадей. Ситуация одна, интересы разные – полная аналогия с любой другой проблемной ситуацией. Игроки в тотализатор называются *stakeholders* («держатели ставок»). Было предложено таким же термином обозначать всех «непосредственных» участников любой проблемной ситуации. Термин прижился, пополнив профессиональный язык системных аналитиков. При переводе его на русский язык разные авторы предлагали разные варианты (например, «акционеры», «заинтересованные стороны»), но каждый из них был неточным (у акционеров совпадающие интересы; среди участников могут быть и незаинтересованные стороны). Поэтому в конце концов остановились на прямом заимствовании иностранного термина – всех прямых,

непосредственных участников проблемной ситуации будем называть одним словом «стейкхолдеры». Это всего лишь еще один профессиональный термин иностранного происхождения, каких немало в русском языке.

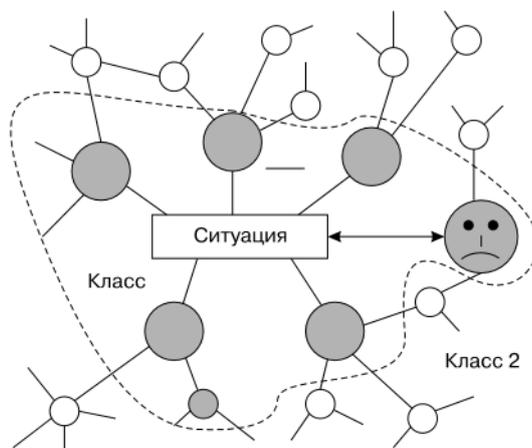


Рис. 1.1 Разбивка на классы Вселенной

Трудности составления списка стейкхолдеров. Итак, перед нами задача составления полного списка стейкхолдеров нашей проблемной ситуации. В принципе, задача выполнима: число стейкхолдеров конечно. Но на практике эта задача трудная.

Главная трудность связана с оценочностью (а следовательно, с субъективностью) характеристик принадлежности к классу стейкхолдеров. Кого еще считать «близким», «непосредственно связанным», а кого уже нет? Граница между прямым и косвенным участием должна быть проведена, но она относительна. Например, семья проигравшего в тотализатор крупную сумму – непосредственный или косвенный участник? Или более важный пример список вызываемых на допрос (стейкхолдеры). Оказывается, кроме преступников и прямых свидетелей преступления, в этот список, для повышения надежности информации, приходится включать и косвенных свидетелей: последние ничего не знают о самом преступлении, но зато многое знают о его участниках и прямых свидетелях.

Аналогичные проблемы возникают при экономическом анализе положения фирмы на рынке (кого из необъятной среды внести в стейкхолдеры?), при проектировании технического устройства (кто так или иначе будет иметь с ним дело – в его производстве, эксплуатации, торговле, сервисе, утилизации и т.д.?).

Руководящим принципом выделения стейкхолдеров является то, что этот класс является полем, с которого будет собираться информационный урожай обо всей ситуации. Эта информация нужна для построения адекватной модели. Так что к стейкхолдерам причисляются все, кто обладает необходимой информацией.

Однако сама по себе фактическая вовлеченность субъекта в проблемную ситуацию еще не является гарантией обладания необходимой информацией. Участники ситуации могут выявить проблемы, связанные с ней, но для проектирования соответствующих разделов улучшающего вмешательства могут потребоваться более глубокие, специальные знания по конкретному вопросу. В таких случаях придется прибегать к услугам экспертов, специалистов по таким вопросам. Какие именно эксперты потребуются, выяснится лишь на пятом этапе, описанном ниже. Но участие пусть некомпетентных, но прямых стейкхолдеров будет необходимым для оценивания и критики описаний и проектов, предлагаемых экспертами, так как только сам стейкхолдер в состоянии определить, соответствуют ли эти описания и проекты его интересам.

Очень разумным советом является предложение включить в команду для оценивания организации как внешнего наблюдателя, отлично умеющего выслушивать других и наблюдать самому, так и внутреннего наблюдателя с осязаемым опытом работы в системе. При этом рекомендуется внутренних представителей брать из числа работников с двух-трехлетним стажем работы в фирме, чтобы они уже увидели ее недостатки, но не успели свыкнуться с ними.

Подсказки, облегчающие работу. Опыт, накопленный при выполнении этого этапа, может быть оформлен в виде подсказок, эвристик, полезных советов, следуя которым можно повысить полноту списка стейкхолдеров. Приведем несколько таких подсказок, найденных в разных источниках.

1. Список стейкхолдеров есть модель черного ящика для проблемной ситуации. Нас ожидают известные нам по второй главе ошибки первого, второго и третьего родов и нужно принять любые доступные меры для их предотвращения. Но это непростое дело.

Например, в 1970х гг., когда обнаружились проблемы в народном хозяйстве СССР, выход виделся в совершенствовании управления, в частности в программно-целевом управлении. Для этого все ведомства строили «деревья целей», на основе которых разрабатывались кратко-, средне- и долгосрочные планы. Например, группа московских экономистов проделала эту работу для Министерства морского флота СССР. За основу они взяли модель черного ящика министерства. Схема-то проста: надо учесть ниже-, выше- и рядом стоящие системы. Вышестоящие системы были очевидны: ЦК КПСС и Совет Министров; в качестве нижестоящих было решено взять флот каботажный и флот дальнего плавания; рядом стоящими системами были названы флоты социалистических и капиталистических государств. По соответствующей методике была составлена целевая программа развития Морфлота. Наступил 1984-й год, и в средствах массовой информации стали появляться сообщения о развале этой системы. Результат не совпал с ожиданиями, – верный признак неадекватности модели. При ближайшем рассмотрении обнаруживаются ошибки второго рода: например, в число стейкхолдеров не попали железнодорожный и речной транспорт. Но главной ошибкой был не учет собственных интересов системы, в результате чего в инфраструктуре остро не хватало жилья, детских, медицинских, культурных учреждений, это привело к уходу из системы квалифицированных кадров, даже капитанов судов. Таковы последствия идеологии, считавшей, что собственные, а тем более личные интересы несущественны, что-то вроде «пережитков капитализма».

Так что подсказка «черный ящик» советует, что нужно сделать, а как это будет сделано – зависит от аналитика.

2. «Безмолвные стейкхолдеры». Часто в число стейкхолдеров следует включать не только субъектов (индивидов, группы, организации), но и других участников ситуации. В конце 1980-х гг. в Международном институте прикладного системного анализа (Вена, Австрия) под руководством Р. Акоффа состоялся «круглый стол» на тему «Искусство и наука системной практики». Одним из многих результатов этой конференции была замечательная рекомендация о повышении полноты списка стейкхолдеров за счет обязательного включения трех «безмолвных» стейкхолдеров:

1) будущие поколения (их еще нет, но их интересы необходимо учесть, чтобы не создать им проблем нашим вмешательством в сегодняшнюю реальность, как это сделали с нами предыдущие поколения—долги, исчерпание даже возобновимых ресурсов, проблема атомных и промышленных отходов, кислотные дожди и т.п.);

2) прошлые поколения (их уже нет, но их интересы представлены оставленной нам ими культурой. Вмешательство нельзя признать улучшающим, если оно наносит хоть какой ущерб материальной или духовной культуре);

3) окружающая среда (вмешательство не может считаться улучшающим, если оно вредит среде нашего обитания, живой и неживой природе).

Как именно интересы безмолвных стейкхолдеров вы учтете в своем вмешательстве, зависит от природы проблемы и от того, насколько глубоко разработки прониклись идеологией улучшающего вмешательства.

3. Мнемоническая подсказка «ПИРС». Чтобы не забыть все элементы некоторого множества, часто используются мнемонические подсказки типа «Каждый охотник желает знать, где сидит фазан» – о цветах радуги. Достаточно запомнить слово ПИРС, и оно напомнит вам, кого следует включить в список стейкхолдеров, так как составлено из первых букв их наименований (рис. 1.2).

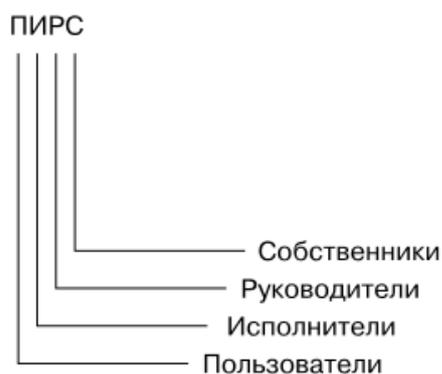


Рис. 1.2 ПИРС

В каждой ситуации есть те, кто в ней что-то получает, покупает, чем-то пользуется. Наше вмешательство может изменить их положение и возможности, а мы обещали осуществить улучшающее вмешательство, не ущемляющее их интересов.

В каждой ситуации есть те, кто работает, выполняя какие-то действия. Наше вмешательство не должно им навредить. Надо внести их в список стейкхолдеров.

В любой ситуации участвуют какие-то организации, предприятия, учреждения. Изменения будут вноситься в интересах одних из них («проблемосодержащих»), осуществляться за счет ресурсов других («проблеморазрешающих») и как-то сказываться на остальных. Можно не сомневаться, что если наше вмешательство не понравится кому-то из руководителей любой из организаций, он употребит свои влияние, связи, ресурсы, чтобы воспрепятствовать этому. Наша задача – сделать каждого из них союзником либо сочувствующим, на худой конец – нейтральным наблюдателем, но никого – противником. Иначе вмешательство не будет улучшающим.

В любой ситуации присутствуют материальные ресурсы: земля, вода, здания, сооружения, минеральные запасы и т.д. И все они принадлежат кому-то: государству, группам людей, частным лицам. Вмешательство в ситуацию неизбежно коснется интересов кого-то из них, а мы намерены никому не навредить. Следовательно, они должны быть внесены в список.

4. Подсказка европейской комиссии. Еще одна подсказка предложена Европейской комиссией в рекомендациях для планирующих получить на некий проект грант TEMPUS/TACIS. Вот перевод соответствующего раздела.

«Следующие вопросы могут помочь вам определить, кто является стейкхолдером:

– Что вам (составляющим план) нужно знать? Чьи мнение и опыт были бы полезны?

– Кто будет принимать решения по проекту?

– Кто предполагается быть исполнителем этих решений?

– Чья активная поддержка существенна для успеха проекта?

– Кто имеет право быть участником проекта?

– Кто может воспринять проект как угрозу?»

Отвечая на эти вопросы применительно к вашей ситуации, вы введете в число стейкхолдеров: а) нужных вам участников ситуации как экспертов, б) представителей проблеморазрешающих систем, в) то же от проблемосодержащих систем, г) кого желательно иметь помощником или союзником при осуществлении

проекта, д) субъектов, юридически связанных с ситуацией, е) тех, на кого неосторожное (не улучшающее) вмешательство может повлиять отрицательно.

Использование любой или всех из приведенных подсказок повысит полноту вашего списка стейкхолдеров, но не гарантирует, что он получится исчерпывающим. Возможно, впоследствии, на более поздних этапах обнаружится, что кто-то существенный все-таки пропущен, и придется вернуться к этому этапу и пополнить список.

1.5.4. Этап четвертый. Выявление проблемного месива

Стейкхолдеры имеют интересы, которые нам предстоит учесть. Но для этого их необходимо знать. Пока же мы имеем лишь список обладателей интересов. Первая порция информации, которую необходимо получить о стейкхолдере, – это его собственная оценка ситуации, проблемной для нашего клиента. Она может быть разной: у кого-то из стейкхолдеров могут быть свои проблемы (оценка отрицательна), кто-то вполне удовлетворен (оценка положительная), другие могут нейтрально относиться к реальности. По сути, мы должны выполнить работу, которую делали на первом этапе с клиентом, но теперь с каждым стейкхолдером в отдельности.

Полученный перечень субъективных оценок существующей реальности (которая для клиента является проблемной) Р. Акофф предложил называть проблемным месивом (mess). Хотя этот термин имеет легкий жаргонный оттенок (из-за чего некоторые авторы предпочитают называть его более сухо – «проблематикой»), он удачно подчеркивает очень существенный, принципиально важный момент: входящие в него суждения не являются независимыми, они переплетены, взаимосвязаны (как суждения об одном и том же). Это означает, что они образуют целостную систему, со всеми вытекающими отсюда последствиями.

В данном случае главным следствием является такое свойство, как неделимость на части (десятое свойство системы). Отсюда очевидной становится не то чтобы недопустимость (к сожалению, не всегда удается удержать кого-то от со-

вершения глупости), но нежелательность, неправильность решения какой-то одной, пусть и очень важной проблемы в отрыве от других компонент проблемного месива.

Таким образом, проблема клиента выступает в месиве как его ядро, зародыш, вокруг которого сгруппированы мнения остальных стейкхолдеров. Теперь ясно, что нашей задачей является не решение проблемы клиента как таковой, а работа с проблемным месивом в целом. Этому и служат проектирование и реализация улучшающего вмешательства, решающего проблему клиента с учетом интересов всех стейкхолдеров.

Технологии выявления проблемного месива. Дж. Уорфилд разработал конкретную технологию разработки проблемного месива, успешно применяемую им на практике.

Первый этап его методики, «Метод групповой формулировки» (NTG – Nominal Group Technique), выявляет проблемное месиво путем постановки перед группой стейкхолдеров вопроса: «Какие проблемы вы видите в данной проблемной ситуации?» Каждый из них создает письменную формулировку осознаваемых им проблем, и их распечатки вывешиваются на стену на общее обозрение. Минут через 15–30 генерация идей затухает. Затем проводится обсуждение каждой из них с целью уточнить, что именно имеет в виду автор. Такое обсуждение может занять два-три часа, так как число проблем обычно оказывается от 40 до 160, а обсуждение идет в дискуссионной манере.

Однако практика решения проблем реальной жизни крупных организаций показывает, что выявление их проблемного месива часто не может быть сведено лишь к разовому, однократному интервьюированию стейкхолдеров. Каждый участник проблемной ситуации смотрит на нее со своей локальной позиции и видит лишь одну из ее сторон и лишь те детали этой стороны, которые содержатся в его модели реальности. Этого бывает недостаточно для адекватного описания ситуации. В таких случаях выявление проблемного месива становится

тщательным исследованием ситуации, построением подробной, богатой картины, содержащей возможно более полную информацию о действительных проблемах, связанных с данной ситуацией.

Ограниченность описания субъектом реальности вызвана тем, что он воспринимает реальность только через свои модели. Поэтому увеличения притока нужной информации можно добиться, предлагая субъекту смотреть на ситуацию не с одной (привычной для него) точки зрения, а используя и другие модели.

В технологии системного анализа используются разные способы реализации этого замысла. Например, применялось разделение стейкхолдеров на две группы – сторонников решения проблемы «сверху вниз» и «снизу вверх», т.е. тех, кто предпочитает планировать от глобальной цели, декомпозируя ее до целей нижайшего уровня, и тех, кто старается цели нижайшего уровня последовательно агрегировать до синтеза глобальной цели. Этим группам и предлагается сформулировать предполагаемые проблемы каждого стейкхолдера, а затем в диалектической дискуссии выработать итоговую формулировку проблемного месива.

Другой вариант предложения набора различных представлений об организации (метафор) состоит в следующем: на организацию можно смотреть как на «машину», «организм», «мозг», «культуру», «политическую систему», «инструмент подавления», и т.д. Каждая из этих точек зрения высвечивает некоторые особенности, не видные с других позиций, а некоторые аспекты являются общими. Это и позволяет увидеть ограниченность модели, которой мы придерживались вначале, и развернуть более подробно проблемное месиво. В публикациях сообщается о практической полезности и других метафор, например, «организация как непрерывно изменяющаяся система», «как сумасшедший дом», «как карнавал».

Метафора «машина» обращает внимание на назначение (цель) системы, на состав частей, их функции и связи между ними, обычно выражаемые иерархическими структурами. Метафора «организм» описывает систему, исходной целью которой является выживание в условиях турбулентной окружающей среды. Ме-

тафора «мозг» выделяет значимость информационных процессов, принятия решений, управления, обучения, коррекции целей. Метафора «культура» фиксируется на учете индивидуальных особенностей работников, их ценностей, личных устремлений; на корпоративной культуре, сплачивающей коллектив. Политическая метафора сосредоточивает внимание на взаимоотношениях между людьми в организации, отношениях власти и ответственности, соперничества и сотрудничества, разрешении конфликтов и т. д. Метафоры «инструмент подавления» и «сумасшедший дом» концентрируются на негативных аспектах жизни в организации: ограничение свободы в мыслях и в раскрытии способностей, эксплуатация, преобладание наказаний над поощрениями, дискриминация по каким-то признакам. Каждая метафора сопровождается моделью системы, и выявление проблем осуществляется путем описания рассматриваемой системы в терминах данной модели.

Еще один вариант раскрытия разнообразия подходов к проблемной ситуации в менеджменте – указать на наличие разных парадигм. Словом, «парадигма» обозначено видение мира, совокупность идей, предположений, убеждений, которыми человек руководствуется в своих действиях.

Следует подчеркнуть разницу между метафорами и парадигмами. Метафора – это частичное, одностороннее представление об объекте или явлении. Различные метафоры не противоречат, а дополняют друг друга. Приверженцы же различных парадигм считают, что они предлагают наилучший способ описания наблюдаемой «реальности». Поэтому парадигмы несовместимы, и порождаемые ими описания – тоже. Поэтому рекомендации, даваемые менеджеру экспертами, придерживающимися разных парадигм, противоречивы, что вынудит его искать нечто «среднее».

Выделяют четыре парадигмы: функциональную (the functionalist paradigm), объяснительную (the interpretive paradigm), освободительную (the emancipatory paradigm), постмодернистскую (the postmodern paradigm).

«Функциональная» парадигма исходит из того, что с помощью научных методов можно понять, как система действует, выяснив природу частей системы,

взаимодействия между ними и между системой и окружающей ее средой. Полученные знания помогут менеджеру улучшить управление организацией. С этой парадигмой обычно связываются метафоры «машина», «организм», «мозг», «изменяющаяся система».

«Объяснительная» парадигма считает, что организации – это социальные системы, создаваемые для достижения субъективных целей, вытекающих из интерпретации обстоятельств, в которых оказался субъект. Организация создается людьми, и люди в ней действуют, – в соответствии со своими интерпретациями реальности. Эта парадигма направлена на достижение понимания смыслов, которые вносят организации в совместную деятельность, определения совпадающих областей этих смыслов, и тем самым – на создание общей целенаправленной работы. Тем самым менеджеры ориентируются на достижение необходимого уровня общей корпоративной культуры в организации, принятия решений с участием работников, повышение их приверженности организации. С этой парадигмой обычно связаны культуральная и политическая метафоры.

«Освободительная» парадигма нацелена на «освобождение» личностей и групп в организациях и обществе. Она настороженно относится к власти и старается предавать гласности ее методы и конкретные факты подавления и принуждения, которые она считает противозаконными. Она критикует status quo и призывает к радикальным реформам и даже революционному изменению существующего порядка. Она против любых форм дискриминации (по расе, полу, статусу, возрасту и т.д.). С этой парадигмой часто связаны метафоры «инструмент подавления» и «сумасшедший дом».

«Постмодернистская» парадигма находится в оппозиции рационализму всех трех модернистских парадигм. Она считает, что социальные системы настолько сложны, что попытки других парадигм дать им рациональное объяснение бесполезны. В частности, они не могут объяснить аспекты удовольствия, развлечения, эмоциональности в действиях людей в организации. Она настаивает на открытом

разрешении конфликтов, свободе выражения противоположных мнений, поощряя вариативность и разнообразие. Этой парадигме соответствует метафора «карнавал».

До сих пор мы говорили о «проблемном месиве» как своего рода «фотографии» текущего состояния отношений стейкхолдеров к существующей ситуации. Однако все происходящее со временем претерпевает изменения, и очень многое зависит от того, что будет происходить в дальнейшем. Поэтому для действительно «системного» решения проблемы необходимо опираться не только на информацию о текущем состоянии («фотографию») – статическую модель системы, но и на ее динамическую модель («кинофильм»).

Таким образом, формулирование проблемного месива требует выявить совокупность взаимосвязанных угроз и возможностей для организации или учреждения, проблему которых мы взялись решать. Вот эта-то совокупность и является полной картиной («rich picture») проблемной ситуации, проблемным месивом («mess»). Она определяет, как организация довела бы себя до краха, если она будет продолжать действовать так же, как до сих пор, т.е., если она не сможет адаптироваться к изменениям во внутренней и внешней среде, даже если бы она могла точно предсказать ход этих изменений. Тем самым выявляется то, чего организация или учреждение должны избегать любой ценой.

Такой подход к формулированию проблемного месива практически одинаков как для организации, которая уже оказалась в кризисе, так и для той, которая лишь встревожена негативными тенденциями и желает предотвратить назревающий кризис.

Иногда формулирование проблемного месива можно свести к выявлению проблем стейкхолдеров, что можно выполнить по типу мозгового штурма на сессии стейкхолдеров или их представителей. Но при достаточно большой сложности ситуации может потребоваться более детальное ее рассмотрение. Например, Р. Акофф рекомендует делать это в несколько этапов.

1. Выполнение анализа системы. Это – подробное описание того, как организация или учреждение работает в настоящее время. Удобно это представить серией блок-схем, показывающих, как в организации входной материал приобретает и преобразуется, как в ней проходят потоки денег и информации. Эти блок-схемы можно готовить по отдельности, но обычно полезно скомбинировать их в единую схему или изобразить на прозрачных слайдах, при наложении которых друг на друга легко просматриваются их взаимосвязи.
2. Выполнение анализа препятствий. Определите те характеристики и свойства организации, которые мешают ее прогрессу или препятствуют изменениям (например, конфликты или традиции).
3. Определение сценариев (опорных проектов) возможного будущего. Сформулируйте, к чему приведет ход событий, каково будущее организации, если будут отсутствовать изменения в ее существующих планах, программах, политике и практике. Это должно обнажить возможность саморазрушения организации, показать, как препятствия, описанные на этапе 2, мешают произвести необходимые перемены.

Структурирование проблемного месива. Индивидуальные представления стейкхолдеров о проблемной ситуации, зафиксированные в протоколах собеседований с ними, являются исходными данными, содержащими сведения о рассматриваемой системе пока еще в неявной форме.

Извлечение сведений выражается в построении все более содержательных моделей (данные, информация, знания, понимание, мудрость).

Первый шаг состоит в сортировке, группировке, классификации данных. Такая первичная обработка дает описание, названное Р. Акоффом информацией. Применительно к этапу формирования проблемного месива эта операция приводит к образованию групп проблем при статическом описании проблемного месива и к появлению сценариев (опорных проекций) при динамическом.

Есть технологии, не требующие дальнейшей структуризации проблемного месива (например, идеализированное проектирование). Однако может встретиться ситуация, когда потребуется перейти к учету взаимосвязей между компонентами проблемного месива, т.е. к построению моделей следующего уровня, типа «знание».

Типичным примером этого служит ситуация, когда заведомо ясно, что наличных ресурсов явно недостаточно для решения всех проблем, образующих месиво.

Встают вопросы, каким проблемам отдать предпочтение и как правильно учесть все остальные. Ответ состоит в том, чтобы для разных распределений ресурсов по проблемам месива спроектировать улучшающие вмешательства, а из всех таких вариантов выбрать тот, который дает наибольшее улучшение при заданных ограничениях (т.е. оптимальный). Обычно в числе ограничений, кроме объема ресурсов, значится обязательное улучшение ситуации для клиента, но и при этом может оказаться, что основные ресурсы не обязательно должны направляться на его личную проблему.

Задача распределения ресурсов и определения очередности решения проблем существенно облегчается, если удастся как-то упорядочить проблемное месиво. Это возможно не всегда. Примером, когда это возможно, является планирование целевого проекта, в котором каждый участник должен определить для себя проблемы и выполнить свою роль. В этом случае рекомендуется после выявления проблемного месива заняться построением иерархического дерева проблем, выявляя тем самым причинно-следственные отношения между ними.

Один вариант техники построения дерева проблем можно описать следующим образом. Стейкхолдеры (участники проекта), ознакомившись с проблемным месивом, выписывают, каждый по своему усмотрению, ключевую, фокальную проблему во всем месиве. Каждый руководствуется собственными интересами и своими проблемами. Далее проводится коллективное обсуждение ранжирования проблем, пока участники не придут к согласию, какая же проблема является отправной. Затем берется следующая проблема и сравнивается с первой. Тогда:

- если вторая проблема является причиной, условием для первой, она помещается уровнем ниже;
- если она является следствием первой, она помещается выше;

– если она не является ни следствием, ни причиной, то ставится на тот же уровень.

По этой схеме рассматриваются остальные проблемы. По ходу работы может оказаться целесообразным изменить фокальную проблему, но это не лишает смысла и значимости проведенный анализ.

Например, если фокальной проблемой взята «Недостаточная численность квалифицированных профессионалов такой-то специальности», то ее причина может быть сформулирована как «Недостаточные масштабы и качество высшего образования по данной специальности», а следствием – «Недоукомплектованность и неэффективность государственных и негосударственных предприятий соответствующего профиля».

При наличии дерева проблем вопрос об очередности проблем решается очевидным образом: вышестоящие проблемы не могут быть решены, пока не решены нижестоящие.

Однако случаи, когда проблемы удается выстроить в идеальную древовидную иерархическую структуру, являются редкостью. Из-за всеобщей взаимосвязи в природе (следствие второго свойства системы) даже только существенные связи между компонентами проблемного месива чаще образуют сетевую структуру, в которой взаимные влияния образуют и замкнутые петли обратной связи. Именно это приводит к пониманию, что для сложных проблем не существует простых решений, что любая проблема не имеет единственной причины, хотя среди них есть «более важные» и «менее важные».

В целом же и при недревовидности месива очередность и интенсивность решения проблем должны определяться именно структурой месива, стремлением продвинуть к улучшению все месиво в целом, а не тем, кто из стейкхолдеров настойчивее добивается решения его проблемы.

Дж. Уорфилд предлагает другой подход к структурированию проблемного месива – строить не древовидную, а сетевую структуру. Он называет это «построение объяснительной модели» (ISM – Interpretive Structural Modeling).

Для каждой пары проблем задается вопрос: «Усугубляет ли проблема x проблеме y ? Ответ является основой для включения ребра между x и y в граф и нанесения направленности на ребро. При этом может потребоваться уточнение формулировок x и y . Решение о наличии связи между x и y и ее направленности принимается голосованием по большинству («не знаю» приравнивается к «нет»). В итоге образуется направленный граф, описывающий структуру месива.

Полученный граф можно далее преобразовывать в меньшее число более простых укрупненных структур второго и третьего порядка, группируя проблемы по каким-то признакам. Например, автор рекомендует группировать проблемы по важности. Каждому стейкхолдеру предлагается выбрать из графа пять важнейших проблем и далее работать с полученными пятерками, например, анализируя их перекрываемость.

Конечной целью структурирования является преобразование графа так, чтобы стрелки были направлены слева направо, что выделяет проблемы, которые следует решать в первую очередь, и те, которые можно решать позже. Конечно, остаются сложности в случае появления циклов в графе, которые подлежат отдельному рассмотрению.

Структурирование проблемного месива является подготовительным шагом к последовательному решению совокупности проблем. Однако метод последовательных, непрерывных, мелких улучшений, «непрерывного совершенствования» многими критикуется как полумера, слабо согласованная с изменчивостью среды, не полностью учитывающая эмерджентность системы.

Когда устраняют нежелательное, обычно получают еще более нежелательное. Избавляясь от телевизионной программы путем переключения на другой канал, мы попадаем на программу, которая нравится нам еще меньше. Применение дуста против вредных насекомых наносило вред окружающей среде. Законодательное запрещение алкоголя породило организованную преступность. Заключение в тюрьму часто лишь повышает свою преступную квалификацию. Поэтому избавление от нежелательного часто является лишь уходом от ответственности.

В качестве альтернативы инкременталистскому подходу особого упоминания заслуживает методика «идеализированного проектирования» Р. Акоффа. Эта методика вообще не требует упорядочения проблемного массива: выявление проблем и их последствий нужно лишь для осознания необходимости перемен. А последующее проектирование перемен исходит из предположения будто существующая (и не удовлетворяющая нас) система «исчезла прошедшей ночью», и работа направлена не на исправление нежелательных особенностей организации, а на проектирование желательных.

Участие стейкхолдеров в анализе. Самым лучшим источником достоверной, точной и полной информации о стейкхолдере является, конечно, он сам. Чтобы узнать, каковы его проблемы, необходимо с ним связаться и побеседовать. Так мы столкнулись с необходимостью вовлечения в процесс анализа самих стейкхолдеров. (Впоследствии выяснится, что это необходимо и для всего дальнейшего процесса, а не только на данном этапе.)

Никто не может лучше них самих выразить их мнение. Но получение информации из первых рук наталкивается на *проблему доступности* стейкхолдера. «Безмолвные» стейкхолдеры по природе своей неконтактны; некоторые участники ситуации не имеют возможности или желания сотрудничать с аналитиком; часть стейкхолдеров может быть не лицом, а группой, да еще многочисленной, а некоторые лично недоступны по географическим или политическим причинам. Но информация о них все равно нужна!

Проблема недоступности решается следующим образом. Все стейкхолдеры делятся на два типа: обязательные и желательные участники анализа.

Сначала следует определить проблемосодержащие и проблеморазрешающие системы среди организаций - стейкхолдеров. С одной проблемосодержащей системой вопрос ясен: это ее представитель обратился к аналитику и будет клиентом. Но может быть, в эту проблему включен еще кто-то? Далее, нужно выделить проблеморазрешающую(-ие) систему(-ы), т.е. тех, за чей счет, с чьей помощью будет реализовываться вмешательство. Часто одна и та же организация является

и проблемосодержащей, и проблеморазрешающей (например, мощная фирма), но иногда они разнятся (скажем, школа, муниципальные и федеральные власти).

Принципиально важно то, чтобы первые лица проблемосодержащей(-их) и проблеморазрешающей(-их) систем являлись обязательными участниками системного анализа. Без их участия вся работа не имеет практического смысла, становится бесперспективной: ведь в их руках ресурсы и полномочия, необходимые для решения проблемы. Именно поэтому гарантия их участия включена обязательным условием в контракт и при непринятии этого условия аналитик не берется за работу.

Остальные стейкхолдеры являются желательными участниками. То есть лучше всего, если их удастся включить в коллективный процесс системного анализа. Но если с кем-то это почему-либо не удастся, то существует возможность получить нужную информацию о нем и без его личного участия. Эта возможность основана на следствии из второго свойства системы – всеобщей взаимосвязи в природе. Между аналитиком и недоступным стейкхолдером существует цепочка субъектов. Будучи связанными, они содержат информацию друг о друге, тем большую, чем они ближе друг к другу. Поэтому мы можем попытаться в стремлении добыть информацию о недоступном стейкхолдере войти в контакт с ближайшим к нему доступным членом цепочки и «выпытывать» нужные нам сведения из последнего. Это, конечно, менее надежный, чем сам стейкхолдер, источник информации о нем, но у нас нет лучшей возможности. Самое последнее дело – аналитику самому выразить мнение стейкхолдера: ведь он в этой цепи наиболее отдаленное звено. Это допустимо только при условии, если все остальные в цепи недоступны.

Задача найти достаточно осведомленного представителя недоступного стейкхолдера не так сложна, как кажется. Наверное, каждому приходилось, разговаривая с незнакомым человеком, обнаружить, что вы имеете общих знакомых. Было даже проведено научное исследование этого вопроса учеными Калифорнийского университета. Целевой персоной была определена студентка этого университета. Затем из списка избирателей самого отдаленного от Калифорнии

штата Пенсильвания случайным образом было отобрано сто человек, давших согласие участвовать в эксперименте. Каждому из них было вручено письмо на имя девушки, но отослать его прямо ей можно было лишь при условии, что тот ее знает лично. Если нет – письмо следовало отправить кому-либо из своих личных знакомых на том же условии. Почта США предоставляет услугу переписки через посредников, так что письма в конце концов достигли адресата. По числу штемпелей определялась длина конкретной цепочки. Оказалось, для того, чтобы два незнакомых человека из двухсот миллионов связались по цепи знающих друг друга людей, нужно совсем немного звеньев. Самая короткая цепочка была 2 (фермер – его друг детства конгрессмен в Вашингтоне – знакомый конгрессмену профессор того университета), самая длинная – 11, а средняя длина – 4,5. Не следует удивляться: при среднем числе знакомых, равном 100, сеть цепей в 4 человека накроет сто миллионов индивидов.

Итак, в случае недоступности стейкхолдера надо найти как можно более лучшего его представителя и вовлечь его в коллектив, работающий над решением проблемы. В частности, представителями «безмолвных» стейкхолдеров могут быть эксперты, ученые, руководители соответствующих административных органов, общественных организаций – соответствующих профилей.

Осталось сказать, что если стейкхолдером является группа людей (студенчество города, пенсионеры, предприниматели и т.д.), то либо пытаются привлечь компетентного представителя группы (из числа ее лидеров), либо прибегают к методам прикладной социологии и статистики (для выяснения общественного мнения).

Итак, будем считать, что подобранная, проинструктированная и вдохновленная системным аналитиком группа стейкхолдеров (или их компетентных представителей) сформулировала проблемное месиво и по возможности структурировала его.

1.5.5. Этап пятый. Определение конфигуратора

Необходимым условием успешного решения проблемы является наличие адекватной модели проблемной ситуации, с ее помощью можно будет испытывать и сравнивать варианты предполагаемых действий. Эта модель (или совокупность моделей) неизбежно должна строиться средствами некоторого языка (или языков). Встает вопрос о том, сколько и какие именно языки нужны для работы над данной проблемой и как их выбирать.

Например, если произошло дорожно-транспортное происшествие, то для решения возникшей проблемы могут потребоваться языки: правовой (кто за что отвечает), медицинский (состояние участников ДТП до и после), технический (состояние дороги и техники), административный (организация ликвидации всех последствий), экономический (финансовое обеспечение) и т.д.

Важно подчеркнуть, что проблемы реальной жизни не бывают однодисциплинарными, т.е. описываемыми на языке какой-нибудь одной специальности. Однодисциплинарными могут быть только учебные задачи, да и то не всегда

Конфигуратором называется минимальный набор профессиональных языков, позволяющий дать полное (адекватное) описание проблемной ситуации и ее преобразований.

Вся работа в ходе решения проблемы будет происходить на языках конфигуратора. И только на них. Определение конфигуратора является задачей данного этапа. Подчеркнем, что конфигуратор – это не искусственное изобретение системных аналитиков, придуманное для облегчения их работы.

С одной стороны, конфигуратор определяется природой проблемы. Возьмем, например, геометрический случай. Пусть имеется прямая, на которой помечена точка (рис. 1.3, а). Требуется описать, где она находится. Для этого нужен язык, на котором мы это скажем. Элементами языка являются определенная точка начала отсчета 0 и единичный интервал (рис. 1.3, б). Введя грамматику и синтаксис (операции откладывания единичных интервалов и работы с ними), мы можем сказать, что интересующая нас точка лежит в пятом единичном интервале (рис.

1.3, в). При необходимости более точного высказывания вводятся доли единичного интервала. Таким образом, наш конфигурактор для данной проблемы состоит из одного языка. Если потребуется описать положение точки на плоскости, придется построить конфигурактор из двух языков, для объемной задачи – из трех.

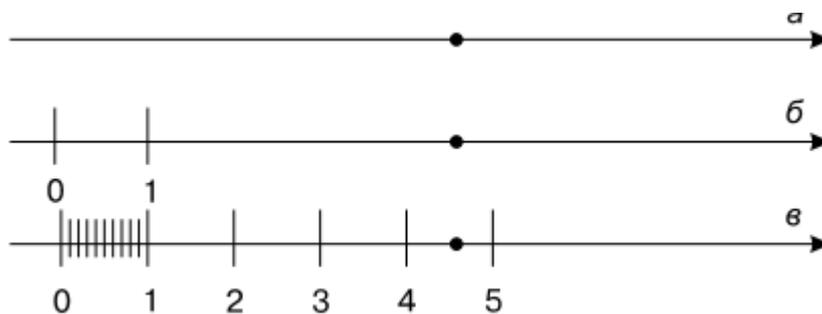


Рис. 1.3 Расположение точки на прямой

С другой стороны, конфигурактор можно рассматривать и как еще одно свойство систем, как средство, с помощью которого система решает свою проблему. Например, два глаза и два уха даны нам как материальные носители конфигурактора для определения на плоскости местоположения источника света или звука. Третий язык – для решения объемных задач – возможность поворота головы и соответственно изменения ориентации плоскости определения. Стрекоза, в отличие от летучей мыши, при погоне за мошками лишена возможности вращать головой, и природа встроила ей на «лбу» треугольник с малыми глазками в его углах.

Вернемся к нашей главной задаче – определить конфигурактор нашей проблемной ситуации. Практики часто руководствуются интуицией, здравым смыслом, опытом, советами экспертов. Как всякое субъективное решение, оно может оказаться верным, но может содержать и ошибки. Между тем объективная, не зависящая от чьих-то мнений информация для построения конфигурактора нашей проблемы у нас уже имеется. Правда, в неявной форме – она содержится в протоколах бесед со стейкхолдерами о проблемной ситуации. Дело в том, что каждый из них говорил только о том, что он считает важным, т.е. говорил на языках своего конфигурактора для данной ситуации. Поэтому у нас есть возможность

«вычислить» его конфигуратор, анализируя его текст из проблемного месива, но не на предмет того, о чем он говорил, а того, на каких языках он говорил. Кто-то обращал внимание на финансовые аспекты, обсуждал проблемы здоровья. В его конфигураторе – экономический и медицинский языки. Другой упоминал правовые вопросы и отношения с другими людьми – юридический язык и язык психологии входят в его конфигуратор. И так с каждым стейкхолдером. В итоге мы будем иметь набор конфигураторов всех стейкхолдеров. Конфигуратор ситуации в целом есть их объединение. В него может входить несколько, а может и много языков. Может быть язык, на котором говорят все, на другом – большинство, на третьем – меньшинство, а то и вовсе только один стейкхолдер. Нам предстоит их все использовать; нельзя выбросить ни один язык, иначе соответствующий аспект не будет учтен, что не позволит претендовать на улучшающее вмешательство. Конечно, было бы неразумно для всех стейкхолдеров строить модели на всех языках. Просто при проектировании улучшающего вмешательства нужно кроить его индивидуально – для каждого стейкхолдера строить и использовать модели только на языках его конфигуратора.

Подчеркнем, что конфигуратор может помочь в решении вопроса о том, каких сторонних специалистов следует привлечь к решению нашей проблемы: тех, на чьих профессиональных языках из конфигуратора сами стейкхолдеры и сам аналитик говорят недостаточно профессионально для наших целей. Тогда и потребуются внешние эксперты.

Необходимость привлечения сведений из различных областей знания порождает серьезную трудность в практике системного анализа: приходится пользоваться языками конфигуратора, которые понятны не всем участникам разработки улучшающего вмешательства. Ситуация становится похожей на библейскую притчу о строительстве вавилонской башни, которое сорвалось из-за того, что строители разговаривали на разных языках.

Проблема общения всех членов группы может решаться по-разному. Например, в комплексную наудотехническую группу, разрабатывавшую АСУ хозяйством Томской области, входили экономисты, кибернетики, инженеры, юристы,

философы, программисты, руководители-администраторы, и было затрачено около года горячих дискуссий о сути проекта, пока члены группы не выработали что-то вроде общего языка и начали понимать друг друга. Такой общий язык основан на совместном использовании разных представлений информации: словесном, графическом, математическом, табличном, и т.д. Важную роль при этом играло четкое, явное подчеркивание, какие именно модели рассматриваются в данный момент, статические или динамические, проводится аналитическое или синтетическое рассмотрение вопроса.

1.5.6. Этап шестой. Целевыявление

Стремясь к реализации улучшающего вмешательства, мы должны обеспечить, чтобы никто из стейкхолдеров не расценил его отрицательно. Люди дают положительную оценку изменению, если оно приближает их к цели, и отрицательную, если отдаляет от нее. Следовательно, для проектирования вмешательства необходимо знать цели всех стейкхолдеров. Конечно, главный источник информации – сам стейкхолдер.

Мы снова пришли к необходимости провести собеседование с каждым стейкхолдером. Работа будет похожа на то, что мы делали, выясняя их отношение к существующей ситуации, только теперь мы будем спрашивать их о том, чего бы они хотели. В результате будем иметь то, что по аналогии с проблемным месивом можно назвать целевым месивом. Знание его позволит спроектировать улучшающее вмешательство. Пусть ситуация характеризуется двумя параметрами – q_1 и q_2 (рис. 1.4). Тогда оценка ситуации стейкхолдером обозначится на схеме точкой. Проблемное месиво изображено группой точек в левом нижнем углу схемы, целевое – в правом верхнем. Теперь ясно, что любое продвижение (изменение ситуации) по траектории, приближающей нас к целевому месиву, – улучшающее. Таких вмешательств много. Можно остановиться на любом из них, а можно попытаться найти то, которое дает наибольшее улучшение.

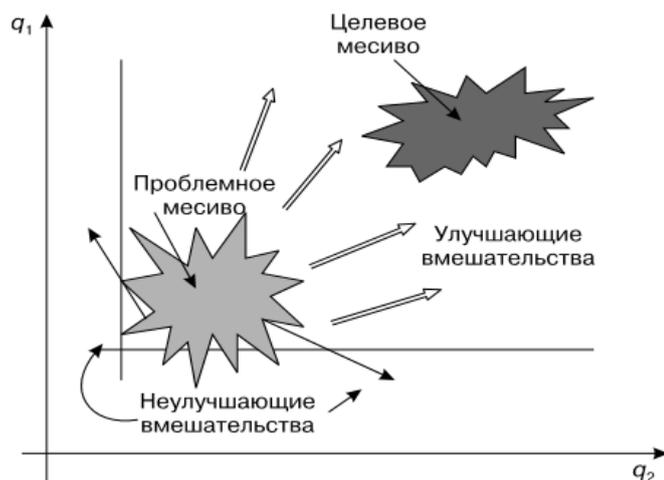


Рис. 1.4 Вмешательство

При выявлении целевого месива нас подстерегает серьезная трудность. Если в целевом месиве окажутся ошибочные, неистинные цели, то последующая их реализация вызовет, естественно, недовольство, разочарование; вмешательство не будет улучшающим.

Трудность в том и состоит, что цели, объявленные стейкхолдером, отличаются от его истинных целей. Маловероятно, что мы столкнемся с обманом или сокрытием целей: стейкхолдеры понимают, что в их интересах помочь в осуществлении улучшающего вмешательства, что неверной информацией они себе же навредят. Но даже при полном и добровольном сотрудничестве с нами, добросовестно стараясь правильно изложить свои пожелания, стейкхолдер может испытывать затруднения и ошибаться. Тому есть несколько причин, и наша задача – с учетом их все-таки докопаться до истинных целей. Обсудим основные причины расхождения между объявленными и истинными целями и некоторые способы их преодоления.

Опасность подмены целей. Иногда происходит смешение, подмена целей одних стейкхолдеров целями других.

Такая ситуация обычно возникает, когда специалисты-профессионалы, участвующие в решении проблем, навязывают свое видение мира и тем самым подменяют главные цели своими. «Операция прошла блестяще, но пациент умер» – это не дурная шутка, а действительно встречающееся в среде хирургов высказывание. Известен случай, когда в кампусе университета графства Сассекс (Англия)

было построено внешне очень элегантное здание, за которое в 1965 г. архитектору была вручена золотая медаль Королевского общества архитекторов, однако его внутренняя планировка оказалась непригодной ни для учебных, ни для административных целей. Многие отмеченные конкурсными призами рекламные ролики и плакаты не оказали никакого влияния на дела фирмы (вспомним прекрасную рекламу банка «Империал»). Обследование Национальной службы здоровья в Англии обнаружило, что менее 1% времени подготовки врачей этой службы посвящено профилактической медицине, хотя организация создавалась именно для этой цели. Следует также подчеркнуть опасность того, что системный аналитик, считая себя опытным и знающим профессионалом, может начать выражать свое мнение вместо какого-то стейкхолдера от его имени.

Другой вариант подмены целей – создание «фокусных» групп из экспертов для определения желаний целевых пользователей. Лучше адресоваться к самим пользователям и вовлекать их в проектирование изменений. Например, руководство консервативной партии в Великобритании наняло активиста движения за сохранение окружающей среды, яркого противника Тори, для руководства группой по разработке своей политики по проблемам экологии. Лейбористская партия пока пользуется фокусными группами.

Можно множить такие примеры. Следует проявлять бдительность к этому явлению во время целевыявления.

Опасность смешения целей и средств. Все множество целей, которые выдвигаются субъектом на протяжении жизни, включает цели разной важности, долгосрочности, масштабности, достижимости и т.д. Цели субъекта не хаотичны, не независимы. Они связаны, соподчинены, упорядочены, образуя структуру древовидного типа (рис. 1.5).

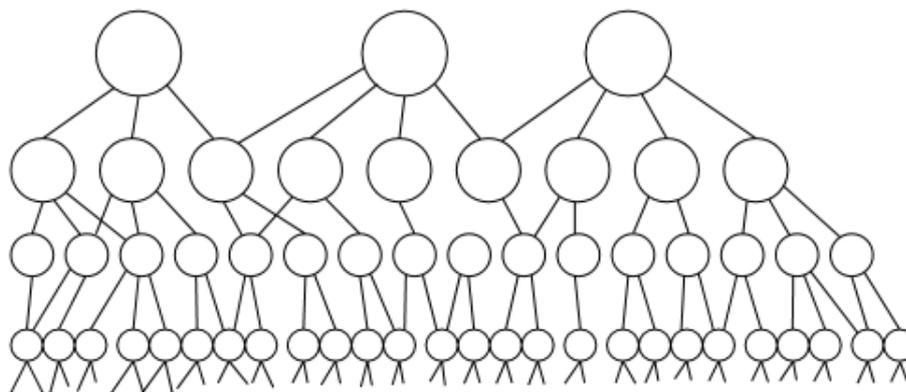


Рис. 1.5 Структуру древовидного типа

Особенность этого дерева в том, что каждый его элемент имеет двойственный смысл: для связанного с ним элемента верхнего уровня он является *средством*, а для нижнего уровня – *целью*. Поэтому, когда перед стейкхолдером встает вопрос, какова его цель в данной ситуации, он должен определиться, на каком этаже дерева он находится. Здесь-то и заложена возможность ошибки – выбрать средство вместо цели, ошибившись этажом.

Например, описан случай, когда власти города обратились к системно-аналитической фирме с просьбой определить, где лучше всего построить новую больницу. Можно было, согласовав с заказчиком критерии, сравнить с их помощью выделенные площадки и решить оптимизационную задачу, удовлетворив клиента. Но системный анализ рекомендует проверять цели на истинность. На вопрос: «А зачем вам нужна новая больница?» последовал ответ: «Чтобы улучшить медицинское обслуживание населения» (это и была истинная цель). Были рассмотрены другие средства достижения цели и оказалось, что за те же субсидии гораздо эффективнее вместо строительства больницы скоординировать и модернизировать сеть уже существующих медицинских учреждений.

Прием, позволяющий обнаружить перепутывание целей со средствами, состоит в задании вопроса: «А зачем вам это нужно?» Если в ответе есть упоминание других целей, надо определить, относятся ли они к высшему или низшему уровню по сравнению с объявленной.

Опасность неполного перечисления целей. Во многих случаях желаемое будущее имеет комплексный характер и его описание состоит не из одной, а нескольких целей. Очень опасным является случай, когда субъект перечислит не все из них, по забывчивости или сочтя какие-то из них неважными. Даже если названные цели истинны, реализация неполного комплекта множественной цели дает абсолютно неприемлемый результат.

Например, в одной из областей было дано поручение разработать предложение о повышении экономической эффективности деревообрабатывающей отрасли. Было, в частности, предложено слить мелкие предприятия в одно крупное объединение с очевидными выгодами технологического и экономического характера. Местные власти, однако, заблокировали этот проект, несмотря на то, что он вполне отвечал заданному критерию. Оказалось, что при образовании крупного объединения деревообрабатывающие предприятия перейдут из системы местной промышленности в подчинение союзного министерства. Хотя при этом доходы действительно возрастут, но отчисления в местный бюджет снизятся, как и процент производимых материалов и изделий, распределяемый в области. Так неполнота целевыявления перечеркнула большую работу по созданию проекта.

В инженерном фольклоре есть целая серия анекдотов под общим названием «Правильно формулируй техническое задание». Это выдуманные смешные истории, в которых иллюстрируется, насколько абсурдный результат получается, если абсолютно точно выполнить неполный комплект заданных требований.

К сожалению, трудно дать рекомендации, как добиваться полноты состава множественной цели, кроме настойчивого многократного обращения к респонденту. Правда, существует одна возможность обнаружить неполноту объявленных целей: если цели описаны не на всех языках конфигуратора, это явный признак того, что не все цели объявлены.

Опасность неспособности выразить цель. Несмотря на все усилия «вытянуть» из стейкхолдера его истинную цель, иногда у нас остаются сомнения в том, что мы добились желаемого результата. Еще чаще встречаются случаи, когда

субъект затрудняется выразить явно свои желания, а то и вообще сам не знает, чего он хочет. Но необходимость выявить его истинную цель остается.

Существует две возможности обойти эту трудность.

Первая состоит в том, чтобы создать обстановку, в которой субъекту придется не говорить, а *действовать целенаправленно*; так что его цель проявится экспериментально.

Явным целенаправленным действием человека является *акт выбора*. Если перед ним несколько возможностей, из которых нужно выбрать только одну, он выбирает ту, которая больше всего соответствует его цели, даже если она не совсем осознается.

Поэтому можно попытаться создать *ситуацию выбора*. Над входом в один американский супермаркет помещен броский призыв: «Если вы не знаете, что вам нужно, заходите к нам, это у нас есть!» Побродив по этажам этого огромного магазина, где продается все, от фруктов и игрушек до электроники и оружия, вы обязательно увидите то, что вам захочется купить. Вот и нашему стейкхолдеру нужно представить меню из предполагаемых, возможных, подходящих целей, соответствующих рассматриваемой ситуации.

Но в прикладном системном анализе разработан еще один специальный вариант ситуации выбора, когда субъект выражает свои пожелания не в виде формулировки цели, а в форме описания конечного результата. Речь идет о методе, который Р. Акофф назвал *идеализированным перепроектированием*.

Стейкхолдеру предлагается следующая задача. Существующая система вам не нравится. Представьте себе, что вы можете все – никаких ограничений! Смелите существующую систему и на пустом месте спроектируйте то, что вас удовлетворит. Не думайте о том, можно ли это осуществить, хватит ли ресурсов и т.п., – никаких ограничений!

Стейкхолдеры с любопытством приступают к работе. Во-первых, они впервые отрываются от своей узкой точки зрения и пытаются посмотреть на ситуацию в целом; это интересно. Во-вторых, в работе наличествует элемент игры –

«Я могу все!» Играть всегда интересно. Но самое интересное дальше. Когда созданный идеализированный проект проверяется на реализуемость при наличных ограниченных возможностях, оказывается, что на 100% это не удастся, но возможна довольно близкая аппроксимация его.

Примером может служить аппроксимация идеальной и недостижимой в массовом порядке цели индивидуального обучения каждого студента – создание подгрупп с более однородными составами и разными программами для них.

Вторая возможность определения истинной цели субъекта состоит в том, чтобы сформулировать ее вместо него, как бы «вычислить» цель. Эта возможность основана на уже отмеченной древовидной структуре субъективных целей. Субъект не может назвать нужную нам цель, но она ведь находится на одной из ветвей дерева. Если определить, на какой именно, то ее можно будет отыскать, спускаясь по этой ветви. Эта задача облегчается тем, что корневые цели, цели высокого уровня, называемые жизненными ценностями, вполне осознаются субъектом, он их не скрывает, а наоборот, гордится ими. Так что выяснить жизненные ценности стейкхолдера нетрудно.

Публицисты и ученые часто обращают внимание на определенную противоположность таких жизненных ценностей, как «технократическое мышление» и «гуманистическое мышление» как разных подходов к формированию целей. Главное их различие образно можно выразить лозунгами: «Человек – царь природы» и «Человек – часть природы». Несколько подробнее их противопоставление можно представить таблицей (табл. 1.2).

Таблица 1.2

Технократическая и гуманистическая системы ценностей

| Технократическая | Гуманистическая |
|---|--|
| Природа – неограниченный источник ресурсов | Природные ресурсы ограничены |
| Превосходство над природой | Гармония с природой |
| Природа враждебна или нейтральна | Природа дружелюбна |
| Природу следует покорять | Природа в хрупком равновесии |
| Информационно-технологическое развитие общества | Социально-культурное развитие общества |
| Рыночные отношения | Общественные интересы |
| Риск и выигрыш | Гарантии безопасности |
| Индивидуальное самообеспечение | Коллективистская организация |

| | |
|--------------------|------------------|
| Разумность средств | Разумность целей |
|--------------------|------------------|

Эти перечни не претендуют на полноту, они лишь иллюстрируют разницу между двумя стилями мышления. Хотя такое сравнение проводится, чтобы подчеркнуть (вполне справедливо) опасности чисто технократического подхода к выбору целей, полный отказ от всех технократических ценностей был бы чрезмерен. Например, научно-технический прогресс является не альтернативой социальному развитию, а его средством; образование можно рассматривать как антипод культуре только в отрыве от нее.

Насколько разные цели диктуют эти разные системы ценностей, можно проиллюстрировать историей, произошедшей в одном американском городе. Муниципалитет должен был дать указания дорожной полиции, какие меры принять для снижения числа дорожно-транспортных происшествий. Известны два способа: скрытое и открытое патрулирование. При первом полицейский засекает нарушителей из засады и штрафует их; при втором он открыто демонстрирует свое присутствие на дороге, и увидев его, водители ведут себя по правилам. Голоса в муниципальном совете разделились. Одни обосновывали свое решение стремлением к пополнению городского бюджета штрафами и наведению порядка. Другие указывали на неэтичность, провокационность засад, на то, что явное присутствие полицейского побуждает водителей к осторожности.

Трудность метода «вычисления» цели через жизненную ценность состоит в том, что у человека она не одна (например, одни на первое место ставят общечеловеческие интересы, другие – интересы нации, третьи – своей фирмы, четвертые – семьи, пятые – свои личные; есть ценности духовные, материальные, политические, эстетические и т.д.). В разных ситуациях человек может опираться на разные ценности. Какую же из них пытаться выяснить в нашем случае?

Если это нельзя определить из характера самой проблемы, то ответ лежит в конфигураторе. Ведь жизненные ценности выражаются какими-то языками. Следовательно, надо заняться только теми ценностями, которые описываются на языках конфигуратора данного стейкхолдера.

Особенности выявления целей организации. Выше обсуждались причины расхождения между объявленными и истинными целями, когда субъект («физическое лицо») ненамеренно – по ошибке или незнанию – объявляет неистинную цель или не все истинные цели. Случай выявления целей организации придется выделить отдельно.

Дело в том, что выразителем целей организации является ее руководство. И оглашать цели организации ему приходится при наличии конфликтов между интересами своей системы и окружающей среды, а также интересами своей системы и своими личными интересами. В результате провозглашаемые корпорацией цели не всегда совпадают с истинными: между тем, что проповедуется, и тем, что делается на практике, часто существует большое различие (которое системный аналитик должен выявить).

По первому направлению (поведение руководства при конфликте интересов организации и общества) Р. Акофф приводит такие примеры. «Многие организации прокламируют заботу о качестве окружающей среды, но охраняют и поддерживают ее не более, чем принуждают их к этому законы и общественное мнение». (Достаточно упомянуть поведение нефтедобывающих компаний на девственных территориях российского Севера.) «Некоторые компании, пропагандирующие неограниченную конкуренцию и свободную рыночную систему, обращаются к правительству, как только почувствуют, что она ущемляет их интересы. Другие заявляют о равных возможностях в найме и тщательно избегают принимать на работу представителей национальных меньшинств и женщин».

Второе направление связано с тем, что руководство организации неизбежно имеет и свои собственные цели, которые иногда реализуются за счет ресурсов организации. В таких случаях руководители просто умалчивают о своих целях, хотя на деле стараются реализовать их в полной мере. Как пишет Р. Акофф, «многие руководители компаний утверждают, что их главная цель – максимизация прибыли. Однако беспристрастная проверка их поведения обнаруживает, что эта цель не является у них доминирующей. В противном случае директора работали бы в менее роскошных кабинетах, летали бы на рейсовых самолетах,

останавливались бы в средних отелях и т.д. Ясно, что большинство менеджеров склонны пожертвовать по крайней мере частью прибыли во имя обеспечения себе приемлемого качества деловой жизни. Суть опять-таки не в том, что такая цель неправильна или аморальна; напротив, ее следует распространить на всех работающих. Стремление менеджмента обеспечить себе высокое качество жизни не является тайной для многих людей, ничего не выигрывающих от этого стремления, и они негодуют по этому поводу. Их упрощенная мораль тормозит развитие корпораций. Иногда менеджеры испытывают в подобных случаях чувство вины. Чем сильнее такое чувство, тем глубже они уходят в оборону; следовательно, тем более сопротивляются изменению. Это также мешает развитию».

По совету Р. Акоффа, полезно разделять цели на разных уровнях дерева на задачи, цели и идеалы. При технологии «сверху – вниз» прежде всего стараются сформулировать цель самого высокого уровня – миссию организации. Миссия является общей для всех членов организации целью, определяющей и объединяющей все роли системы в окружающей среде, гармонизирующей действия внутри всей системы. Трудность определения миссии состоит в том, что руководство организации склонно считать миссией цели самой системы («стать более прибыльной, стать больше (вырасти), стать лучшей в отрасли» и т.п.). Правильно определенная миссия должна отражать интересы всех стейкхолдеров.

Градацию целей можно определить по-разному. В качестве исходной классификации Р. Акофф предлагает различать:

- 1) задачи-результаты, которые предполагается получить в пределах планового периода;
- 2) цели-результаты, которых не предполагается достичь и за пределами планового периода, но к которым мы рассчитываем приблизиться в рамках этого периода;
- 3) идеалы-результаты, которые считаются недостижимыми, но приближение к которым возможно.

Таким образом, задачи можно рассматривать как средства достижения целей, а цели – как средство приближения к идеалам.

В случае решения проблемы организации необходимо определить не то, чего организация не хочет (это выражено в проблемном месиве), а то, чего организация хочет: ее идеалы, цели, задачи, – ее «целевое месиво».

Очень эффективным методом для этого является *идеализированное перепроектирование* организации, – метод, разработанный школой Р. Акоффа. Он состоит в том, чтобы не заниматься устранением недостатков существующей системы, а сразу начать проектировать желаемую систему.

Для этого предлагается исходить из предположения, что существующая система «вчера ночью исчезла», осталась только окружающая ее среда. Далее предполагается строить проект такой системы, которую стейкхолдерам хотелось бы иметь прямо сейчас, сегодня, если бы они могли создать ее какой угодно.

На проект накладывается всего три ограничения:

- 1) проект должен быть *технологически осуществимым*: никакой научной фантастики (например, не следует предполагать, что связь в системе будет телепатической, но можно планировать использование спутниковых или оптоволоконных каналов);
- 2) проект не обязан быть практически осуществимым, но должен быть *совместимым с окружающей средой* (ингерентным ей), т.е. не противоречить существующим законам и правилам;
- 3) проектируемая организация должна быть способной к *непрерывному улучшению*, т.е. обучению и адаптации к изменениям внутренних и внешних обстоятельств.

Техника работы с целями. Обсудим несколько технических моментов выполнения этапа целевыявления.

При формулировании целей рекомендуется стремиться к ясным, понятным их определениям. Конечно, не всегда возможно достичь измеримой конкретности (например, в случае цели «Повысить моральный дух спортивной команды»), но надо всячески стремиться к этому («К концу года достичь такого-то объема производства такого-то продукта»). Специалисты рекомендуют стараться, чтобы цели были:

- а) реалистичны, т.е. достижимы при наличных финансовых, материальных и временных ресурсах;

б) конкретны, т.е. чтобы любое продвижение к цели вносило вклад в решение именно данной проблемы, а не какой-то другой;

в) измеримы, т.е. позволяли бы отслеживать процесс движения к цели путем измерений, расходы на которые находятся в допустимых пределах.

Иногда цели можно сформулировать как позитивное зеркальное отображение негативной формулировки проблемы. Но чаще одна проблема порождает несколько целей, особенно если стремиться к их конкретности.

Следующий вопрос – о структурировании целевого массива. Иногда (особенно при нестесненности в средствах) можно работать с целевым массивом, не упорядочивая его. Но часто необходимо установить приоритетность, очередность работы с разными целями. Удобным средством для этого является установление причинно-следственных связей между целями, которое выражается в их выстраивании в виде древовидной структуры, «дерева целей». Если такие отношения действительно существуют, то цель верхнего уровня не может быть достигнута, пока не реализованы нижние цели, и вопрос организации работ решается автоматически.

Есть два наиболее употребительных способа построения дерева целей. Если исходным материалом является целевое массив, то выстроить его в дерево можно по методике, описанной в разделе о проблемном массиве (там строилось дерево проблем).

В тех же случаях, когда конечная цель носит проектный характер, т.е. сначала можно сформулировать «глобальную цель» (это тоже требует серьезных усилий), то цели нижних уровней можно получить алгоритмически, используя *алгоритм декомпозиции*, описанный в книге Ф.И. Перегудова и Ф.П. Тарасенко. Нередко деревья целей строятся на основе интуиции и здравого смысла, но это чревато снижением качества результата.

Указанные два способа построения дерева целей иногда называются в литературе технологиями «снизу – вверх» и «сверху – вниз» соответственно.

Отметим также возможность ситуации, когда связи между выявленными целями выстраиваются не в древовидную, а в сетевую структуру. Это не должно

смущать нас, так как это не станет препятствием для последующего выявления расхождений между проблемным и целевым мессивами.

1.5.7. Этап седьмой. Определение критериев

В ходе решения проблемы будет необходимо сравнивать предлагаемые варианты, оценивать степень достижения цели или отклонения от нее, осуществлять контроль за ходом событий. Это достигается путем выделения некоторых признаков рассматриваемых объектов и процессов. Данные признаки должны быть связаны с интересующими нас особенностями рассматриваемых объектов или процессов, должны быть доступными для наблюдения и измерения. Тогда по полученным результатам измерений мы сможем осуществить необходимый контроль.

Такие характеристики называют *критериями*. В каждом исследовании (в том числе и нашем) потребуются критерии. Сколько, какие и как выбирать критерии? Данный этап и посвящен ответам на эти вопросы.

Сначала о количестве критериев. Очевидно, что чем меньше критериев понадобится, тем проще будет проводить сравнение. То есть желательно минимизировать число критериев, хорошо бы свести его к одному. Иногда это удается. Например, ЮНЕСКО, распределяя средства для помощи слаборазвитым странам в гуманитарных сферах, решило предоставлять субсидии самым отстающим. Но «отстающий» – оценочное слово, и требуются критерии, по которым можно определить, кто же самый отстающий. Замечательно, что по ряду направлений ЮНЕСКО удалось эффективно решить эту задачу с одним единственным критерием. Состояние здравоохранения в целом оценивается по показателю детской смертности, состояние образования – по проценту неграмотных в стране. В одном университете в США доплату преподавателю за качество преподавания поставили в зависимость от одного критерия – числа студенто-часов на его занятиях. В Швеции эффективность работы дорожной полиции оценивается по количеству смертей в дорожно-транспортных происшествиях. Во всех этих случаях одиночные критерии доказали свою работоспособность.

К сожалению, чаще одним-единственным критерием не удастся удовлетворительно оценить качество рассматриваемого объекта. Например, критерий скорости прибытия пожарных не характеризует борьбу с пожарами, так как он не связан с уменьшением числа возгораний. Объем расходов на одного ученика не оценивает качества обучения в школе. Число студентов на одного преподавателя не полно характеризует качество подготовки специалистов в вузе.

Тогда приходится вводить еще какое-то количество критериев, по-разному описывающих объект и дополняющих друг друга. Приведем пример того, как выбирать критерии.

Фирме системных аналитиков был заказан анализ проблемы с целью улучшить уборку мусора в большом городе. На этапе формирования критериев сначала были предложены следующие критерии: расходы по уборке мусора на одну квартиру, число тонн убираемого мусора в расчете на один человеко-час, общий объем вывозимого мусора. Эти критерии были отвергнуты как не связанные с качеством работы. Более удачными были признаны такие критерии, как процент жилых кварталов без заболеваний, число пожаров из-за возгорания мусора, количество жалоб жителей на скопление мусора, число укусов людей крысами. Этот пример иллюстрирует требование к критериям – быть в как можно большем соответствии с целью.

И все же какие критерии и сколько их выбирать? Ответ станет очевидным, если понять, что *критерии являются количественными моделями качественных целей*. В самом деле, сформированные критерии в дальнейшем в некотором смысле представляют, заменяют цели: оптимизация по критериям должна обеспечивать максимальное приближение к цели. Конечно, критерии не тождественны цели, это подобие цели, ее модель. Определение значения критерия для данной альтернативы является, по существу, измерением степени ее пригодности как средства достижения цели.

Теперь ясно, что нужно выбирать такие критерии и столько их, чтобы в своей совокупности они являлись адекватной моделью цели. (Правда, как выполнять эту рекомендацию, придется решать в каждом случае отдельно. Не всегда это

удается в полной мере. Но не следует отчаиваться: как говорит древняя поговорка, «Можно много пройти в башмаках, которые немного жмут».) В итоге мы приходим к многокритериальным задачам – не только потому, что бывают многоцелевые задачи, но и потому, что одну цель часто приходится отображать несколькими критериями.

При выборе критериев иногда можно воспользоваться опытом ранее проведенных работ. Например, при анализе и проектировании технических систем обычно используются такие критерии, как финансовые (стоимость, прибыль и т.д.), инвентарные (количество продукта, ассортимент и т.д.), эксплуатационные (эффективность функционирования, надежность и пр.), живучесть (совместимость с существующими системами, адаптивность к среде, скорость морального устаревания, безопасность и пр.), экологичность, эргономичность и ряд других. Еще один совет состоит в том, чтобы для каждого признака, описываемого критериями, ввести по крайней мере три критерия: один должен характеризовать качественную сторону, другой – количественную, третий – временную. Такие эмпирические перечни, безусловно, полезны, но подлежат развитию.

Критерии и ограничения. Обратим теперь внимание на то, что сформированное нами множество критериев при постановке задачи на оптимальность разбивается на два подмножества. Одни критерии подлежат изменениям, по мере которых ситуация приближается к желаемому состоянию как можно ближе. Другие же подвержены некоторым условиям, как правило закрепляющим, фиксирующим их значения; эти условия должны соблюдаться в ходе решения всей задачи. Эти критерии называются ограничениями. Напомним, что ограничения играют в выборе не меньшую роль, чем максимизируемые критерии. Отличие между ними состоит в том, что критерии максимизируемые как бы открывают возможности для выдвижения все новых и новых альтернатив в поисках лучшей из них, а ограничение заведомо уменьшает их число, запрещая некоторые из альтернатив. Одними целевыми критериями можно жертвовать ради других, а ограничение исключить нельзя, оно должно жестко соблюдаться.

В практике системного анализа встречаются случаи, когда наложенные ограничения столь сильны, что делают нереальным достижение цели. Тогда системный аналитик должен ставить перед лицом, принимающим решение, вопрос о том, нельзя ли данные ограничения ослабить или снять совсем. Пример – выдвижение очень жестких требований к вероятности ложной тревоги, предъявленное разработчикам радиолокационной станции. Выполнение этого ограничения потребовало бы неприемлемо длительных периодов накопления сигнала в радиолокаторе. Как выяснилось, столь жесткое требование вытекало из нежелания «слишком часто» беспокоить вышестоящее начальство ложными тревогами. На этом завершим обсуждение данного этапа.

1.5.8. Этап восьмой. Экспериментальное исследование систем

Эксперимент и модель. Часто недостающую информацию о системе можно получить только из самой системы, проведя специально спланированный для этого эксперимент. Содержащуюся в протоколе эксперимента информацию извлекают, подвергая полученные данные обработке, преобразованию в форму, пригодную для включения ее в модель системы. Завершающим действием является коррекция модели, включающая полученную информацию в модель.

Легко воспринимается, что эксперимент нужен для совершенствования модели. Важно понять также, что эксперимент невозможен без модели. Они находятся в одном цикле (рис. 1.6). Однако вращение по этому циклу напоминает не вращающееся колесо, а катящийся снежный ком – с каждым оборотом он становится все больше, весомее.

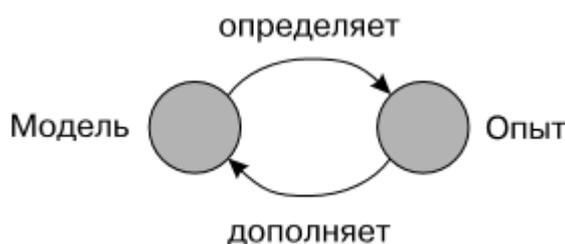


Рис. 1.6 Цикл Модель – Опыт

Эксперимент и измерения. Разнообразие экспериментов можно упрощенно описать их классификацией. Если мы не вмешиваемся в ход событий, а только

регистрируем, что происходит на входах и выходах интересующей нас системы, то опыт называется *пассивным экспериментом* (или *наблюдением*). Если же мы не только созерцаем (и фиксируем) происходящее на входах и выходах, но и воздействуем на некоторые из них (одни намеренно поддерживая неизменными, другие – меняя должным образом), то опыт называется *активным* (или *управляемым*) *экспериментом*. Как и любая классификация, эта лишь приближенно описывает реальность. В абсолютно чистом виде эти два эксперимента невозможны: активный – потому, что все входы и выходы контролировать невозможно (некоторые даже неизвестны), пассивный – потому, что всякое измерение и наблюдение – *взаимодействие*, и вовсе не вмешаться в получаемый результат нельзя. Ближайшими реальными, близкими к идеальным, экспериментами являются активный лабораторный опыт и пассивные наблюдения в астрономии, истории, археологии, психологии и т.п.

Еще одна важная классификация – деление экспериментов на *прямые и косвенные*. Прямой эксперимент – это наблюдение непосредственно той характеристики, которая нас интересует (например, привес молодняка можно измерять ежедневным взвешиванием). Иногда интересующая нас характеристика не поддается прямому измерению, но есть наблюдаемая величина, связанная с нею, из наблюдений которой можно извлечь нужную нам информацию; это и будет косвенное наблюдение (например, по некоторым действиям матери можно судить о силе материнской любви, по ценам – о стоимости, по артериальному давлению – о состоянии сердечно-сосудистой системы). Деление измерений на прямые и косвенные важно потому, что их надо обрабатывать по-разному, даже если они описаны в одинаковой шкале.

Осуществившиеся результаты эксперимента фиксируются в виде протокола наблюдений. Эта запись – не сам эксперимент, а описание его результата, т.е. его модель. Понимая термин «язык» широко, можно сказать, что протокол наблюдений – это запись результатов эксперимента на некотором языке. Разнообразие экспериментов таково, что одним языком не обойтись; существует несколько таких языков, называемых *измерительными шкалами*. Следует ознакомиться с

ними, так как в практике придется иметь дело с обработкой данных в разных шкалах, а делать это нужно по-разному для каждой шкалы. Как в любом языке, неправильно построенная фраза теряет смысл, так и неправильно преобразованные данные эксперимента не несут ожидаемой информации.

Измерительные шкалы.

1. Шкала наименований (номинальная, классификационная). Классификация положена в основу шкалы наименований. Измерение в этой шкале состоит в том, чтобы, произведя наблюдение классификационных признаков объекта, определить, к какому классу он относится, и записать это с помощью символа, обозначающего данный класс.

Фамилии, диагноз заболевания, номера домов, автомобилей, игроков спортивных команд, названия цветов, адреса и т.д. – примеры наблюдений в номинальной шкале. Поскольку единственным отношением, определяющим шкалу, является отношение эквивалентности (объект либо принадлежит к данному классу, либо нет), то единственной допустимой операцией над данными в этой шкале является проверка на совпадение.

Сравнивать между собой данные в номинальной шкале, полученные разными исследователями, можно, только если они пользовались одинаковым разбиением на классы (число классов и границы между ними должны совпадать). Отличаться могут лишь наименования классов и порядок их перечисления, как не нарушающие природной структуры данных.

2. Шкала порядковая (ординальная, ранговая). Если ввести между классами номинальной шкалы дополнительное отношение порядка (предпочтения; обозначим его символом TM), получится новая, усиленная в информационном смысле шкала, называемая порядковой или ординальной.

Примерами наблюдений, регистрируемых в порядковой шкале, являются: армейские и чиновничьи звания, школьные оценки, магнитуда землетрясений (шкала Рихтера), твердость минералов (шкала Мооса), сила ветра (шкала Бофорта), призовые места в соревнованиях.

Несколько дополнительных замечаний о порядковых шкалах. Разновидностями предпочтений являются упорядочивание при наличии стандартных опор-

ных образцов (например, шкала Мооса основана на десяти конкретных минералах разной твердости), при нечетко заданных образцах (шкала силы ветра, школьные оценки), при отсутствии образцов (спортивные соревнования, музыкальные конкурсы).

Кроме шкал совершенного порядка, однозначно определяющих предпочтения (нумерация очередности, воинские звания и т.п.), существуют шкалы квази-порядка, когда некоторые элементы упорядоченного ряда неразличимы (мать = отец > сын = дочь; дядя = = тетя < брат = сестра), а также шкалы частичного порядка, когда имеются несравнимые между собой пары классов (например, в социологических исследованиях субъект иногда не в состоянии оценить, что ему больше нравится – клетчатые носки или фруктовые консервы, велосипед или магнитофон, читать или плавать и т.п.).

В порядковых шкалах не существует понятия расстояния между классами, поэтому любые преобразования, сохраняющие порядок («монотонные») не влияют на информативность данных. (Можно рядовым повесить на погоны звездочку и всем вышестоящим чинам добавить по звездочке – будет красивее, но суть не меняется.)

3. Шкала интервалов (разностей). Если упорядочение объектов можно выполнить настолько точно, что известны расстояния между любыми двумя из них, то измерение станет заметно более информативным, чем в шкале порядка. Естественно выражать все расстояния в единицах, хотя и произвольных, но одинаковых по всей длине шкалы. Это означает, что объективно равные интервалы измеряются одинаковыми отрезками шкалы, где бы они на ней ни располагались (рис. 1.7).

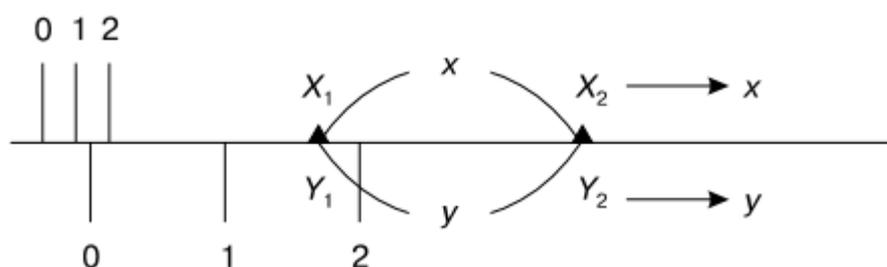


Рис. 1.7 Шкала интервалов

В итоге оказывается, что у нашей новой шкалы – шкалы интервалов – начало отсчета и единица длины интервала произвольны.

Примеры наблюдений, фиксируемых в шкале интервалов:

- температура (шкалы Цельсия, Фаренгейта, Кельвина);
- летоисчисление (от Рождества Христова, от переезда Мухаммеда в Медину – на 622 года позднее, от императорской династии в Китае – на 5000 лет раньше);
- высота местности (от уровня моря; Голландия почти вся имеет отрицательную высоту)

Единственной новой допустимой операцией первичной обработки над данными в новой шкале является вычитание, т.е. определение интервала между двумя отсчетами. Например, если сказать, что температура увеличилась в два раза при нагреве от 9° до 18° по Цельсию, то для привыкших пользоваться шкалой Фаренгейта это будет звучать весьма странно, так как в этой шкале температура изменится от $48,2^{\circ}$ до $64,4^{\circ}$. Операция деления для данной шкалы недопустима. Только интервалы имеют смысл настоящих чисел. Над ними (вторичная обработка) уже можно выполнять любые арифметические действия, а также статистические и другие процедуры.

4. Шкала циклическая (периодическая, разностей). Есть специальный вид интервальной шкалы, который характерен тем, что она замкнута на себя, т.е. после прохождения определенного периода ее значения повторяются. Примерами являются: угловые направления из одной точки (шкала компаса, роза ветров), время суток (циферблат часов), фаза периодических колебаний (в градусах или радианах), географическая долгота (в градусах). Все сказанное об интервальной шкале относится и к циклической. Чтобы не возникло недоразумений, отметим, что сложение часов – не сложение самих временных отметок (что является недопустимой операцией), а сложение временных *интервалов*, т.е. вторичная обработка. Надо еще помнить об условности начала отсчета (например, при переходе на зимнее время, при пересечении линии смены дат и т.п.). Данную шкалу еще называют *шкалой разностей*, так как она инвариантна к сдвигу на интервал, называемый *периодом шкалы*.
5. Шкала отношений. Введение еще одного определяющего отношения придает дополнительное усиление измерениям. Потребуем, чтобы не только отношения величин одного интервала в разных шкалах были константой, где бы этот интервал ни находился, что характерно для шкалы интервалов, но чтобы и отношения значений одной и той же величины, измеряемой в разных шкалах, тоже были константой, какое бы место эта величина ни за-

нимала в реальности (рис. 1.8). Получаемая шкала именуется *шкалой отношений*. При этом, хотя единица измерений остается произвольной, нулевая отметка становится абсолютной, несдвигаемой.

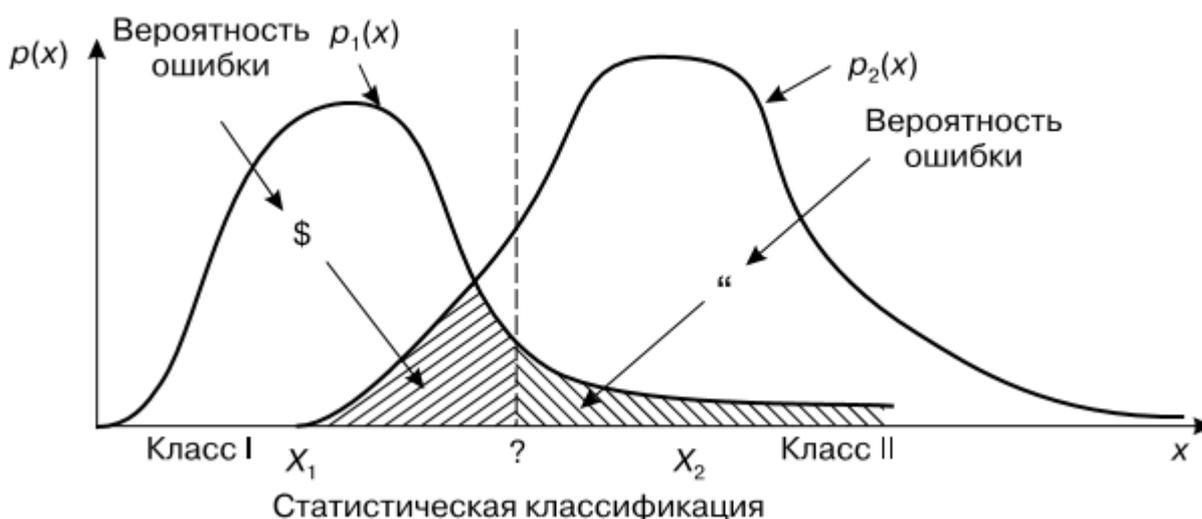


Рис. 1.8 Шкала отношений

Примерами величин, природа которых соответствует шкале отношений, являются:

- длина (измеримая в см, футах, аршинах, км и т.д.);
- вес (кг, фунты, пуды, тонны и т.д.);
- объем (м³, баррели, литры и т.д.);
- деньги (рубли, доллары, евро, йены и т.д.).

Данные в шкале отношений в еще большей степени становятся числами: в первичной обработке с ними имеют смысл любые арифметические операции, то же можно делать и во вторичной.

6. **Абсолютная шкала.** Предыдущие «числовые» шкалы (интервальная и отношений) имели степени свободы: интервальная – две (произвольный нуль и единицу), отношений – одну (фиксированный, несдвигаемый нуль и произвольную единицу). Характерно, что «числовые» возможности данных в этих шкалах были ограничены: в интервальной шкале – операцией разности, в шкале отношений – арифметическими операциями.

Рассмотрим такую шкалу, которая имеет и абсолютный нуль, и абсолютную единицу. Эта шкала не имеет степеней свободы, она единственна, уникальна. Именно такими качествами обладает числовая ось, которую естественно назвать абсолютной шкалой. Важная отличительная особенность абсолютной шкалы состоит в том, что значения данных в ней не имеют размерности, наименований, ее

единица абсолютна («штука»). Это придает данным в этой шкале особый статус (в английском языке их называют *pure numbers* – чистые числа) – с ними можно производить такие операции, которые недопустимы с поименованными числами. (Можно записать 2 см^2 , но бессмысленно $3^{2\text{см}}$.) Их можно употреблять в качестве показателя степени, основания логарифма, над ними допустимы любые тригонометрические и другие трансцендентные преобразования.

Числовая ось используется как измерительная шкала при счете предметов, а как вспомогательное средство присутствует во всех остальных шкалах. Внутренние свойства числовой оси, при всей кажущейся ее простоте, разнообразны и сложны – теория чисел не исчерпала их до конца. А некоторые безразмерные числовые отношения, обнаруживаемые и на самой оси, и в природе, вызывают изумление и восхищение: простые числа, числа Фибоначчи, гармонические отношения звуков, размеров; законы теории размерности и подобия; квантовые закономерности и т.д.

О других шкалах. Измерительная практика в разнообразных видах деятельности привела к целесообразности введения шкал, отличающихся от базовых. Учитывая предназначенность данного текста профессионалам любой специальности, ограничимся кратким перечислением наиболее употребительных модификаций измерительных шкал, чтобы при желании можно было найти более подробную информацию.

Очень распространены измерения непрерывных величин. Их значения поневоле фиксируются с конечной точностью, округленно. Особый случай представляют шкалы, когда конечное число разрядов определяется не разрядностью регистрирующего устройства, а классом точности измерительного устройства, когда увеличивать число разрядов бессмысленно. Оба типа шкал, в отличие от целочисленных дискретных шкал, называются *дискретизованными*. Обработка данных в дискретизованных шкалах имеет ряд особенностей.

Еще один практически важный класс шкал – *нелинейные*. Интервалы этих шкал не отвечают условиям аддитивности, т.е. «цена» единичного деления такой

шкалы зависит от того, в какой части этой шкалы находится это деление. Примерами могут служить квадратичная, логарифмическая, экспоненциальная шкалы, «вероятностная бумага», многие номограммы.

Предпринимаются попытки заполнить пробел между «слабыми» (номинальной и порядковой) и «сильными» (числовыми) шкалами: шкала гиперупорядочения, шкала Черчмена – Акоффа.

В принципе каждый исследователь может построить собственную измерительную шкалу для лучшего представления результатов. Очень важно подчеркнуть, что каждая шкала должна сопровождаться перечнем допустимых операций первичной обработки, который специфичен для данной шкалы.

До сих пор речь шла о шкалах, основанных на четкой классификации: элемент либо принадлежал к классу, либо нет. Реальная жизнь привела к необходимости рассмотрения случаев, когда требование жесткой эквивалентности не выполняется, т.е. когда элемент может одновременно принадлежать к двум и более классам. Для описания таких ситуаций разработаны два подхода.

Первый основан на теории расплывчатых (нечетких) множеств. В этой теории принадлежность к классу описывается *функцией принадлежности*, которая характеризует степень уверенности, с которой мы относим объект к классу. Например, в какой степени сорокалетний человек относится к классу «молодые люди», а в какой степени к «немолодым»? В этой теории измерительной шкалой является шкала значений функции принадлежности.

Второй подход состоит в учете того, что распределения вероятностей классифицируемых переменных могут перекрываться. Принимая решение о принадлежности величины к тому или другому классу, мы рассекаем область значений переменной на четкие классы, в результате чего появляются вероятности ошибок (рис. 1.9). Обработкой случайных переменных занимается развитая область знаний – математическая статистика.

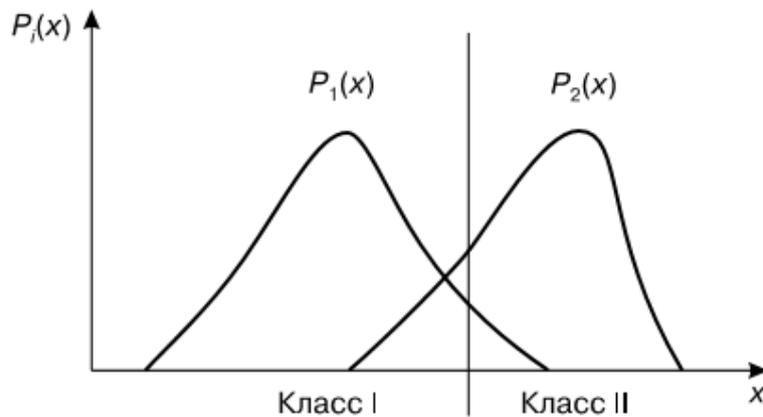


Рис. 1.9 Вероятности ошибок

При осуществлении эксперимента получаемый информационный «урожай» зависит от ряда факторов:

- а) как был организован опыт, какие значения и в каком порядке придавались управляемым переменным;
- б) каковы шумы, погрешности, искажения наблюдаемых переменных;
- в) насколько справедливы предположения, заложенные в нашу модель исследуемой системы;
- г) каковы способы, алгоритмы обработки полученных экспериментальных данных.

Значимость этих факторов различна в разных опытах, поэтому развиты специальные теории о том, как повысить качество выводов в зависимости от конкретной комбинации факторов. При необходимости можно обратиться к подходящей из них:

- теория интерполяции и экстраполяции;
- планирование эксперимента;
- непараметрическая статистика;
- робастные методы статистики;
- теория оптимизации;
- поиск и усиление закономерностей.

Зачем такие подробности? Действительно, предлагаемый текст адресован самому широкому кругу читателей: по убеждению автора, знание основ прикладного системного анализа необходимо, по крайней мере полезно, специалистам любой профессии. Ясно, что если дело дойдет до экспериментов, измерений и обработки полученных данных, особенно в сложных условиях, то редко кто станет все это делать сам, он обратится к специалистам, чтобы получить от них готовый результат.

Но практика показывает, что специалисты часто, пытаясь облегчить себе задачу, пренебрегают некоторыми тонкостями анализа данных, искренне полагая, что они несущественны. Типичным примером является нередко применяемая «оцифровка» качественных данных – классам в порядковой и номинальной шкалах присваиваются номера, а дальше эти номера обрабатываются не как символы, а как числа, с помощью арифметических операций. Но ведь это недопустимые операции для этих шкал! Другой пример – ослабление данных для приведения их к однообразию. В таблице с разношкальными данными сильные шкалы огрубляются до самой слабой (обычно порядковой), так что протокол эксперимента становится одношкальным, что облегчает обработку. В отличие от оцифровки, здесь происходит не навязывание чуждой информации, а отказ от части полезной. Это тоже снижает качество выводов.

Главной задачей при изложении данного этапа является направить внимание пользователя услуг по проведению экспериментов на проверку того, а не случилось ли использования недопустимых операций при обработке данных. Например, все числовые шкалы оперируют цифрами. Но мы уже знаем, что цифры в шкале интервалов, отношений и абсолютной должны обрабатываться по-разному. При приемке заказа рекомендуется посмотреть, нет ли в алгоритме обработки недопустимых операций.

Еще один важный момент следует иметь в виду – речь идет о согласовании информационной силы измерительной шкалы с информационным потенциалом наблюдаемого явления. Чем сильнее шкала, тем больше «информационный урожай» с эксперимента. Поэтому каждый экспериментатор старается использовать

как можно более сильную шкалу. Но ведь нельзя наблюдение с произвольно устанавливаемым нулем считать принадлежащим к шкале отношений. Таким образом, при прямых наблюдениях желательно шкалу измерений делать посильнее, но не сильнее самой природы явления.

Дело еще более осложняется при косвенных наблюдениях. Наблюдаемая величина, косвенно связанная с интересующим нас ненаблюдаемым явлением, может принадлежать к любой, в том числе и к самой сильной шкале; тогда как информационный потенциал самого явления может быть существенно ниже. Как обрабатывать данные эксперимента? Ответ состоит в том, чтобы при обработке косвенных данных, в сколь бы сильной шкале они ни фиксировались, не употреблять операций, недопустимых в шкале, отвечающей природе исследуемого явления.

1.5.8. Этап девятый. Построение и усовершенствование моделей

Как уже было отмечено без моделирования невозможна вообще никакая деятельность. В системном анализе модель проблемной ситуации нужна для того, чтобы на ней «проиграть» возможные варианты вмешательств, чтобы отсеять не только те, которые окажутся неулучшающими, но и выбрать среди улучшающих наиболее (по нашим критериям) улучшающие.

Надо подчеркнуть, что вклад в построение модели ситуации делается на каждом предыдущем и на всех последующих этапах (и собственным вкладом, и решением о возврате на какой-то ранний этап для пополнения модели информацией). Поэтому на самом деле нет отдельного, особого «этапа построения модели». И все-таки стоит сосредоточить внимание на особенностях *построения* моделей, а точнее – их «*дотраивания*» (т.е. присоединения новых элементов или изъятия лишних). Вот и сделаем это в виде обособления данных операций как бы в отдельный этап анализа.

Типов моделей всего три: *черного ящика, состава и структуры* (и их нужные комбинации).

Пожалуй, самым удивительным при попытках понять, как устроен мир, является то, что учтя лишь конечные совокупности отношений в бесконечном мире, мы часто добиваемся успехов в достижении наших целей. То ли мир устроен «просто», то ли мы сами весьма «ограниченны», то ли наше взаимодействие с миром «заужено» – это философские вопросы, а факт состоит в том, что конечные, упрощенные модели позволяют нам успешно познавать и преобразовывать бесконечный мир. Но выяснилось, что для этого годятся не любые модели, а отвечающие ряду требований, обобщенных нами в понятии адекватности.

О качественных моделях. Построение «мягких», «рыхлых» качественных моделей – больше искусство, чем наука. Но есть несколько полезных советов.

1. Следует разделить все входные факторы задачи на управляемые и неуправляемые. Управляемые переменные подвластны нам, неуправляемые характеризуют условия, ограничения задачи.

2. При выделении управляемых переменных надо иметь в виду, что связь между переменными может ошибочно приниматься за причинно-следственную. Приведем пример. В одном городе в США было обнаружено, что в тех районах, где загрязненность воздуха сажей больше, там и заболеваемость туберкулезом выше. Были приняты эффективные меры по борьбе с выбросами сажи в атмосферу. Через несколько лет загрязненность воздуха существенно уменьшилась, а заболеваемость туберкулезом – нет. Оказалось, что главной причиной болезни было недостаточное питание. А связь с загрязнением воздуха была косвенной: в районах с плохой экологией квартплата была ниже и там селились в основном бедные семьи, плохо питающиеся. Итак, ловушка в этом случае состоит в том, что мы относим к числу управляемых только известные, знакомые нам по опыту факторы. Обойти эту опасность можно, создавая междисциплинарные группы разработчиков, с разных сторон смотрящих на проблему.

3. При рассмотрении неуправляемых факторов очень перспективным для решения проблемы является превращение неуправляемой переменной в управляемую. И, конечно, перспективно изучение фактора, не управляемого вследствие недостатка знаний о нем.

4. Полезно иметь в виду, что стремление свести все связи к причинно-следственным часто ведет к неадекватности модели. Желудь не является причиной дуба – необходимо множество других условий, без которых дуб не вырастет из желудка: почва, влага, температура, освещенность и т.д. Полезно использовать понятия направленной корреляции, продуцента – продукта, окружающей среды и условий и т.д.

5. Из научных конструкций, существенно продвигающих построение моделей в «мягкой» ситуации, обращают на себя внимание теория ситуационного управления московской школы, возглавляемой Д.А. Поспеловым, и теория обнаружения и усиления закономерностей новосибирской школы Н.Г. Загоруйко и Г.С. Лбова.

О количественных моделях. В практике все большее значение придается количественному моделированию. Модель «прозрачного ящика» (комбинация моделей черного ящика, состава и структуры системы) в этом случае воплощается в виде некоторой формулы или алгоритма, связывающих входные переменные X с выходными Y : $Y = n(X)$. Количественные модели могут быть описательными, феноменологическими, когда формула конструируется эвристически, а ее коэффициенты подбираются для наилучшего согласования с экспериментальными данными.

Важный аспект такого построения количественных моделей осветил Р. Акофф в своем 21-м «антизаконе менеджмента»:

«Чем меньше менеджеры понимают свой бизнес, тем больше переменных им требуется для его объяснения. $E = mc^2$ (специальная теория относительности) содержит одну независимую переменную, m , и объясняет, пожалуй, наиболее сложное явление, понятое учеными. Тогда почему требуется тридцать пять переменных, чтобы объяснить, почему люди предпочитают конкретный магазин и покупают определенную крупу? Ответ очевиден: эти явления не поняты. Чем менее понятно что-то, тем больше переменных нужно для создания якобы объяснения этого.

Именно поэтому, когда менеджеры не понимают, что происходит, они собирают всю информацию, какую только могут. Не зная, какая информация релевантна, они боятся пропустить что-то существенное. Как следствие, они страдают гораздо больше от избытка несущественной информации, чем от недостатка существенной».

Предпочтительной является другая форма количественной модели, когда формула выводится из определенных теоретических предположений. В любом случае стоит задача идентификации модели, т.е. определение параметров модели, при которых теоретические предсказания и практические наблюдения согласуются наилучшим образом.

1.5.10. Этап десятый. Генерирование альтернатив

В любом системном исследовании наступает момент, когда требуется предлагать возможные варианты решения проблемы. В излагаемой технологии это действие производится в два этапа:

1) выявление расхождений между проблемным и целевым состояниями. Должны быть четко сформулированы различия между существующим сейчас (и неудовлетворительным) состоянием организации и будущим, наиболее желаемым, идеальным состоянием, к которому предполагается стремиться. Эти различия и есть те пробелы, ликвидацию которых и нужно спланировать;

2) предложение возможных вариантов устранения или уменьшения обнаруженных расхождений. Должны быть придуманы подлежащие осуществлению действия, процедуры, правила, проекты, программы и политики, – все компоненты менеджмента.

Процесс выдвижения, изобретения, придумывания таких вариантов и называется генерированием альтернатив. Это, несомненно, акт творчества, и встает вопрос, как его организовать, как сделать так, чтобы он был выполнен как можно лучше.

Факторы, влияющие на творчество. Не будучи в состоянии проникнуть в глубинные механизмы творческого процесса, психологи все же установили ряд факторов, влияющих на результативность попыток творить. Выявлены как позитивные, способствующие творчеству факторы, так и негативные, тормозящие его (модель черного ящика – см. рис. 1.10). Ясно, что при сознательной организации этапа генерирования альтернатив положительные факторы следует намеренно поощрять, использовать, а отрицательные – блокировать, исключать, приглушать. А поскольку это можно делать разными способами и в разных комбинациях, то и методов генерирования альтернатив предложено и эксплуатируется много. Например, в «жестких» методологиях, направленных на решение хорошо формализуемых проблем (типа технических), таких технологий существует десятки.



Рис. 1.10 Модель черного ящика

Для «мягких» технологий, работающих с «рыхлыми», слабо формализованными проблемами, в особенности в управлении социальными системами, отлаженных технологий генерирования альтернатив меньше, но их тоже больше десяти. Прежде чем описывать эти технологии, охарактеризуем сами факторы, используемые в них.

К первой группе факторов отнесем внешние условия, связанные с физиологическими особенностями человека: температуру, освещение, кондицию воздуха, звуковой фон, уютность обстановки – все это влияет на продуктивность творчества. Не вдаваясь в подробности, сразу приведем рекомендацию по учету этих факторов: необходимо создать некий достаточный комфорт для участников

процедуры генерирования альтернатив и приспособленность помещения для работы: наличие средств презентации текущих результатов, компьютерной поддержки работы, удобств общения и т.д.

Вторая группа «внутренних» факторов связана с нашими психологическими особенностями.

Из позитивных факторов самым сильнодействующим для порождения новых идей является общение с другими людьми (не зря же ученые придают большое значение своему участию в симпозиумах, конференциях; политики – съездам, собраниям; руководители – совещаниям; врачи – консилиумам и т.д.). Отсюда – рекомендация проводить данный этап в виде коллективной, групповой работы. Оказывается, что люди порождают больше идей при взаимодействии друг с другом, нежели стараясь придумать что-нибудь по отдельности. Доказано, что группа экспертов, располагающих одной и той же информацией о проблеме, генерирует намного больше вариантов ее решения, если они работают, обмениваясь по ходу дела информацией, чем действуя порознь.

Конечно, индивиды различаются по творческому потенциалу, и желательно иметь наивысший возможный результат, собрав талантливых людей, но в реальных ситуациях нас ограничивает ряд факторов.

Во-первых, доступ к авторитетным, опытным, высококвалифицированным экспертам обычно ограничен (в том числе и финансово); во-вторых, требование учета мнений и интересов непосредственных участников рассматриваемой проблемной ситуации (ведь целью является создание улучшающего вмешательства) означает необходимость их привлечения к личному участию в системном исследовании, поэтому приходится работать с теми, кто есть, с присущими им творческими возможностями. Следовательно, методика генерирования альтернатив должна быть инвариантной к изобретательским способностям его участников.

Наблюдение, что «ум хорошо, а два – лучше», имеет под собой два основания. Первое состоит в том, что новые идеи есть эмерджентный результат соединения известных идей, так что человек в поисках ответа на вопрос обшаривает закоулки

своей памяти, ища то, что пригодится. Поскольку поле информации (мир моделей) у каждого индивида свое, то обязательно есть то, что один из них знает, а другой – нет. Поэтому общие возможности поиска «подходящего» у двоих больше, чем у одного и, следовательно, еще одна рекомендация возникает по индукции: чем больше людей, тем шире общее поле априорной информации, на котором они станут искать подходящие идеи.

Однако эмерджентный эффект группового творчества объясняется не только, и даже не столько тем, что объединяются индивидуальные знания. Главную роль начинает играть та особенность нашего мышления, которая названа его ассоциативностью. Предоставленный сам себе наш мозг непрерывно работает, переходя от одной мысли к другой. При этом каждая последующая мысль связана с предыдущей, как бы отталкивается от нее. В результате ход наших мыслей можно изобразить в виде непрерывной кривой блуждания по полю нашей информации. Думая в одиночестве, мы используем внутренние ассоциации, выискивая полезные идеи. Если же мы услышим, что придумали другие, то мы как бы перескакиваем с нашей внутренней траектории в такую область своей памяти, куда мы не заглядывали и не заглянули бы без этого внешнего воздействия. Таким образом, включается внешняя ассоциация, которая может натолкнуть на новую идею, не обнаруженную при поиске на внутренних ассоциациях. В этом и кроется вторая, и основная, причина эффективности группового творчества. Отсюда очередная рекомендация: для повышения эффективности технологии генерирования альтернатив в ней следует обеспечивать общение между исполнителями.

Но тут вступают в действие другие психологические особенности людей. Оказывается, напряженная работа по выдумыванию вариантов решения проблемы может длиться недолго: 30–45 минут, максимум час (не зря академический час в наших учебных заведениях длится 45 минут). После этого активность субъекта резко спадает. А акт общения между двумя людьми занимает определенное время. Это значит, что за время активности творческой деятельности

можно обеспечить ограниченное количество контактов (порядка 100). Это приводит к новой рекомендации: число участников не должно превышать 6–12 человек. (Это ограничение не жесткое, но отклонение от него: меньше 6 снижает, а больше 12 не повышает продуктивность работы.)

В совокупности с первой особенностью группового мышления (объединение индивидуальных знаний) можно сформулировать еще одну рекомендацию: желательно подбирать участников генерирования альтернатив как можно более разных по их априорной информации, возрасту, профессии, образованию, жизненному опыту и т.д. Это обеспечит максимальное расширение информационного поля для поиска новых идей при ограниченности числа участников.

С сожалением можно отметить, что факторов, отрицательно действующих на процесс творчества, гораздо больше, чем положительных. Приходится принимать меры по их нейтрализации. Заметно выделяются по их силе три таких фактора.

Первый – *ответственность за вносимое предложение*. Если человек чувствует, что за предложением идеи может последовать в каком-то виде ответственность за нее, он скорее всего воздержится от ее высказывания. Выдвижение идеи и ее реализация требуют разных качеств личности, и они нечасто соединяются в одном лице. Это не всегда понимается и принимается (вспомним времена, когда от всех ученых требовали «внедрения» их открытий в практику, и поговорку «Инициатива должна быть наказана», означающую возложение исполнения идеи на ее автора). Отсюда рекомендация: освободить участников генерирования альтернатив от ответственности за вносимые предложения. Это можно делать по-разному: либо юридически (подобно тому, как штабные офицеры, предлагающие варианты предстоящего боя, не отвечают за последствия варианта, выбранного командиром), либо организационно, обеспечивая анонимность автора (по примеру научных журналов, засекречивающих имена референтов, критикующих поступившие статьи).

Вторым сильно мешающим творчеству фактором является *критика*. Психика человека устроена так, что если он предвидит критику в свой адрес за вносимое

предложение, он вообще не станет высказываться. Отсюда следующая рекомендация: в технологиях генерирования альтернатив нужно принять меры к блокировке критики. В некоторых социальных системах этот момент интерпретируется иначе – вспомним лозунг советских времен: «Критика и самокритика являются движущей силой нашего общества». На самом деле критика играет позитивную роль, только если она конструктивна, т.е. направлена не на личность, а на выдвижение конкурирующих идей и их сравнение. Это также надо учитывать в технологиях данного этапа.

Третья сильно тормозящая творчество причина – это *априорные ограничения на искомые решения*. В стремлении сэкономить интеллектуальные усилия мы сознательно или подсознательно отсекаем те кладовые нашей памяти, куда «не стоит» заглядывать. Кроме того, внешние воздействия (идеология, вера или предубеждения) могут накладывать свои запреты. Но иногда (а на данном этапе – часто) оказывается, что наиболее эффективные решения лежат именно там, «куда не стоит заглядывать».

Итак, мы пришли к рекомендации, что в технологии генерирования альтернатив следует включать мероприятия, по возможности, снимающие или ослабляющие априорные ограничения. Это непросто, поскольку эти ограничения неявные.

Для случая решения проблем управления организацией (менеджмента) можно привести рекомендации по снятию априорных ограничений. В этом случае эти ограничения заключаются в том, какой моделью организации руководствуется менеджер. А снятие ограничений состоит в сообщении о существовании других моделей и предложении посмотреть на свою проблемную ситуацию с позиций этих других моделей.

Разные технологии генерирования альтернатив. Поскольку указанные выше (а также другие) факторы, влияющие на творчество, можно использовать по-разному и в разных комбинациях, неудивительно, что предложено и эксплуатируется много разных технологий генерирования альтернатив. Существуют разные взгляды на то, как именно нужно это делать. В двух моментах (комфортность и коллективность) согласны все, а дальше начинаются расхождения.

Можно усмотреть два принципиально различающихся подхода. Сторонники первого считают абсолютно необходимым разделять этап предложения альтернатив и этап оценки выдвигаемых предложений. Этот подход обосновывается тем соображением, что оценка альтернативы – это ее критика, которая может удержать от предложения других идей. При таком подходе главной целью этапа генерирования альтернатив является порождение максимального количества идей, поскольку при этом повышается вероятность появления действительно хорошего предложения (анalogией может служить артиллерийская стрельба по площади, на которой находится цель с неизвестными точно координатами: чем больше снарядов выпущено по площади, тем выше вероятность поражения цели). Типичными технологиями первого подхода являются мозговой штурм, метод Делфи, морфологический анализ.

Сторонники второго подхода исходят из допустимости критики и дискуссий в ходе порождения альтернатив и считают целью не многочисленность альтернатив, а выход на небольшое, но качественное их число (две-три, а иногда – только одну). Типичные технологии этого подхода: метод ТКЖ, синектика, поисковая конференция, диалектический подход, идеализированное проектирование, ТРИЗ Альтшулера, методика «адвоката дьявола» и др.

Рассмотрим вкратце некоторые технологии.

Мозговой штурм (Brainstorming). Этот очень эффективный, легко реализуемый и широко используемый метод был предложен А.Осборном «с единственной целью – получить полный список идей». Важной особенностью его является абсолютный запрет на критику высказываемых идей – участники настоятельно предупреждаются об этом и в случае нарушения запрета виновный немедленно удаляется из группы. Процедуру мозгового штурма можно описать как последовательность следующих этапов:

- 1) отбор нескольких максимально различных участников;
- 2) ознакомление их с правилами работы;
- 3) изложение всей имеющейся информации о проблеме;

4) использование любых психологических способов для повышения желания достичь успеха, создания атмосферы рабочего азарта, вдохновения группы;

5) явно сформулировать предвидимые априорные ограничения, сориентировать участников на их преодоление;

6) этап использования внутренних ассоциаций – участникам предлагается записать каждую возникшую у них идею на отдельной карточке (для удобства последующего анализа);

7) этап включения внешних ассоциаций – каждый участник (в произвольном порядке) оглашает свои результаты предыдущего этапа. Остальные записывают возникшие у них в ходе прослушивания новые идеи;

8) оглашение новых карточек продолжается, пока не иссякнет воображение участников штурма. Обычно это происходит через 30–40 минут с итогом в несколько десятков предложенных альтернатив. Затем все карточки собираются и передаются для анализа другой группе экспертов (хотя нередко сами участники штурма проявляют желание участвовать в этом).

Этот классический вариант мозгового штурма дополняется несколькими модификациями:

– перед «настоящим» штурмом проводить «разминочный» мозговой штурм на какой-нибудь простой проблеме, не связанной с основной. Это особенно полезно, если все в группе впервые участвуют в мозговом штурме;

– многократно чередовать внутреннюю и внешнюю ассоциации: три–пять минут молчания (и размышления) сменяются тремя–пятью минутами огласки идей, а затем – снова период молчания и т.д.;

– повторный мозговой штурм той же проблемы через два-три дня. Здесь используется тот факт, что в подсознании тоже постоянно идет активная обработка информации и за следующие после штурма дни могут возникнуть новые идеи; известны даже случаи, когда идеи рождались во сне, на прогулке и т.п.;

– «обратный» мозговой штурм, при котором целью является не порождение новых идей, а отыскание недостатков у существующего варианта и поиск способов их устранения;

– письменные варианты мозгового штурма («brainwriting»):

а) метод «6–3–5». Шесть человек записывают (каждый на своем листке) по три идеи. Затем листки передаются соседу слева. Тот дополняет идеи пришедшего к нему листка любыми собственными ассоциациями в развитие первоначальных трех идей. Затем производится очередная передача листков по кругу в прежнем направлении, и следующий участник пополняет начальные три идеи своими дополнениями. Таких передач будет пять (откуда и название метода). Итогом работы будет шесть листков, на каждом из которых три корневых идеи первого автора и их развитие пятью соавторами. Если каждый соавтор добавит лишь по одной альтернативе к каждой из трех первоначальных, то и тогда на каждом листке окажется по 18 идей, а на всех шести листках 108.

б) метод «*brainwriting-pool*» («письменная складчина»). В отличие от «6–3–5» число участников может быть любым. Листки с первыми тремя идеями бросаются в общую кучу («пул»), из которой каждый наугад берет себе очередной листок, дополняет его и возвращает в пул. (Если случайно попался листок, который уже был у вас, его заменяют другим.) Процесс завершается по желанию участников. Высокая эффективность мозгового штурма широко известна.

Метод Делфи (Delphi) чаще применяется для коллективной экспертизы, но его можно использовать и для генерирования альтернатив. В таком варианте метод отличается от мозгового штурма тем, что участникам обеспечивается анонимность – их предложения обнародуются без указания авторства. Это вначале осуществлялось путем передачи карточек координатору, который размножал их в печатной форме и раздавал участникам; в последние годы создано программное обеспечение, поддерживающее процедуру Делфи в сетевой конфигурации персональных компьютеров: каждый участник вводит свои предложения через клавиатуру и получает на экран своего компьютера предложения всех остальных. В связи с анонимностью текстов метод Делфи снимает запрет на критику: она автоматически не может иметь персональную направленность. Поэтому возникают своеобразные диалоги и дискуссии, влекущие внесение поправок и дополнений в исходные варианты.

Хотя теоретически число циклов процедуры Делфи не ограничено, на практике она завершается после трех-четырех итераций.

Морфологический анализ. Еще один оригинальный, простой и очень эффективный метод генерирования альтернатив был предложен Цвикки. Участникам предлагается не придумывать альтернативы сами по себе, а лишь выдвигать требования к ним и предлагать разумные градации этих требований.

Это действительно аналитический метод – по существу, речь идет о порождении модели состава, т.е. набора компонент, из которых впоследствии могут быть сконструированы альтернативы. Схема для морфологического анализа дана в табл. 1.3.

Таблица 1.3

Таблица морфологического анализа вариантов

| Свойство | C ₁ | C ₂ | C ₃ | ... | C _i | ... | C _m |
|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----|-----------------|-----|------------------|
| Градации свойств | C ₁₁ | C ₂₁ | C ₃₁ | ... | C _{i1} | ... | C _{m1} |
| | C ₁₂ | C ₂₂ | C ₃₂ | ... | C _{i2} | ... | C _{m2} |
| | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| | C _{1j} | C _{2j} | C _{3j} | ... | ... | ... | C _{mNm} |
| | ... | | | | | ... | |
| | C _{1N} | | | | | ... | |

Участники стараются выдвинуть как можно больше требований к будущей системе, появление которой должно решить проблему, и для каждого требования найти рациональный набор градаций для осуществления той или иной степени выраженности предложенного качества.

Морфологический анализ порождает огромное количество альтернатив. Ведь альтернативы могут различаться хотя бы одним значением. В результате число N альтернатив равно $\prod_j^m n_j$, где m – число качеств; j – число градаций j-го качества; n_j легко достигает многих тысяч для одного акта анализа. Заботой специалистов будет впоследствии решить, какие из этих альтернатив заслуживают реализации; а у участников морфологического анализа одна забота – предложить

как можно больше вариантов. Достоинством морфологического анализа является также возможность его выполнения одним человеком.

Перейдем теперь к другим технологиям, порождающим альтернативы, но не настолько строго разделяющим генерирование альтернатив от других операций системного анализа – как от предварительных шагов (например, структуризации проблемы), так и от последующих (например, оценки и отсеивания самих альтернатив).

Метод ТКЖ (в доступных источниках эта аббревиатура не расшифровывается) был предложен С. Кобаяши и А. Кавакитой. В этом методе сначала предлагается найти общую, приемлемую для всех стейкхолдеров формулировку проблемной ситуации, а затем по той же технологии сформулировать обобщенное решение проблемы.

Метод ТКЖ состоит в том, что участники генерируют: на первом этапе – формулировки фактов, относящихся к проблеме, а на втором – предложения конкретных действий по ее решению. Затем внесенные идеи агрегируются, обобщаются до получения одного единственного предложения.

Алгоритм метода ТКЖ можно изложить следующим образом:

Этап 1. Определение проблемы.

1.1. Определить предмет озабоченности (проблему).

1.2. Участники записывают факты, относящиеся к проблеме, каждый факт на отдельной карточке. (Факты, приводимые экспертами, должны отвечать двум условиям: а) они должны иметь существенное отношение к проблеме; б) они должны быть объективно проверяемы.)

1.3. Карточки собираются, размножаются по числу участников, и каждый участник получает полный комплект карточек.

1.4. Записи на каждой карточке поочередно зачитываются вслух.

1.5. Участники отбирают из своего комплекта факты, имеющие отношение к только что оглашенному факту, образуя группу взаимосвязанных фактов.

1.6. Каждой такой группе фактов участник подыскивает обобщенное название, отражающее суть всей группы. Эти названия заносятся на отдельные карточки.

1.7. Затем выполняется этап 1.4 и последующие, пока все факты не будут внесены в какую-либо группу.

1.8. Оглашаются карточки с названиями групп.

1.9. Участники стараются объединить названия групп в новые, более общие группы со своими обобщающими характеристическими описаниями. Этот процесс продолжается до тех пор, пока не будет получено одно единственное описание, охватывающее все факты. Это и станет описанием проблемной ситуации (проблемного месива) в целом.

Этап 2. Поиск улучшающего вмешательства.

2.1. Выполнение мозгового штурма (см. выше).

2.2. Карточки с предложениями возможных решений проблемы размножаются и раздаются участникам.

2.3. Содержание очередной карточки оглашается.

2.4. Участники выбирают предложения, которые могут быть объединены в некоторое единое, более общее предложение.

2.5. Это обобщающее предложение формулируется явно и записывается на новую карточку следующего уровня.

2.6. Обобщения снова оглашаются, и делаются усилия по их объединению в еще более общие формулировки до тех пор, пока не будет получена наиболее общая формулировка для мероприятий по решению проблемы. В итоге предположительно должен появиться проект улучшающего вмешательства, учитывающий интересы всех сторон, вовлеченных в проблемную ситуацию.

Синектика. Синектика – процедура, разработанная У. Гордоном, который определил ее как «соединение разных и на первый взгляд несовместимых элементов» для разрешения парадокса или проблемы. Она основана на мышлении

по аналогии и порождении метафор, т.е. установлении совместимости совершенно различных концепций по отношению к одной проблеме. Целью синектики является порождение одной, но высококачественной альтернативы.

Технология синектики начинается с определения «сути» проблемной ситуации. Ее конфликты и парадоксы выражаются в виде вопроса, охватывающего в самом общем виде уникальность ситуации, а затем ищется метафора, отвечающая на него. Метафора ищется в области, как можно более удаленной от проблемной ситуации; например, если проблема связана со слухом, можно пытаться искать метафору, связанную со зрением или осязанием.

Иллюстрацией может служить проблема, возникшая из-за того, что один из живущих в одной комнате хочет слушать громкую музыку, а другой хочет читать в тишине. Суть ситуации выражается вопросом: «Как осуществить громкую тишину?» Отвечающая на вопрос метафора: «Пуля, вошедшая в одно тело, не может поразить другое». Это наводит на предложение, чтобы любитель громкой музыки использовал наушники.

Процедура синектики может быть описана следующим образом:

1. Поиск сути проблемы.
 - 1.1. Описание проблемы.
 - 1.2. Анализ проблемы.
 - 1.3. Формулировка сути проблемы.
2. Поиск метафоры.
 - 2.1. Преобразовать формулировку сути в форму вопроса, навевающего воспоминания и эмоции, активизирующие воображение.
 - 2.2. Нахождение метафоры, «отвечающей» на вопрос.
 - 2.3. Анализ получившейся аналогии.
3. Поиск решения проблемы.
 - 3.1. Определение функциональных требований к решению путем «подгонки» аналогии к проблеме.
 - 3.2. Окончательная формулировка решения.

Поисковая конференция (Search conference). Ф. Эмери и Т. Вильямс разработали метод «поисковой конференции», т.е. исследовательского семинара, целью которой (-го) является найти эффективные способы адаптации организации к изменениям в окружающей среде. Метод близок к широко известному в экономике и менеджменте SWOT-анализу, но отличается в деталях. Алгоритмически поисковую конференцию можно описать следующим образом:

1) участникам предлагается дать их восприятие «тенденций в обществе в целом»;

2) ответы обобщаются, чтобы создать «картину изменений, происходящих в широком социальном поле, к которому принадлежит рассматриваемая система, но над которыми она не имеет (почти или совсем) прямого контроля»;

3) участники рассматривают «силы, которые определяли или, вероятно, будут определять эволюцию их организации или сообщества. На этой стадии участники могут сделать важные суждения о соответствующих целях своей системы»;

4) им следует «определить ограничения, которые неизбежно проистекают из нехватки ресурсов, из существующих структур и культуры»;

5) далее они формулируют «стратегии планируемой адаптации»;

6) затем обсуждается «вопрос, какие шаги необходимы, чтобы начать согласованные изменения».

Диалектический подход к решению проблем был развит С. Черчменом, Р. Мэйсоном, Дж. Эмшоффом, И. Майтрофом и др. Основная цель – явно высветить предположения, на которых будет основан план решения проблемы. Способ состоит в сознательном столкновении противоположных мнений. Две или более команды намеренно разрабатывают различные, конфликтующие решения одной и той же проблемы. Группы комплектуются так, чтобы они представляли разные позиции (разные уровни иерархии в организации, кратко-и долгосрочные горизонты планирования, разные стратегии, и т.д.). Конфронтация между ними и их решениями и обнажает предположения, лежащие в основе их предложений. Во время дебатов сторонам допускается задавать вопросы для выяснения и уточнения позиций. Например, чем отличаются их исходные предположения? Кто из

стейкхолдеров является наиболее важным для стороны? Насколько различаются их оценки важности предполагаемых вмешательств? Какие предположения другой стороны вызывают наибольшие сомнения или возражения? По итогам дискуссии стороны могут вносить изменения в свои предложения.

Затем лицо, принимающее решение, синтезирует свое решение с учетом аргументов обеих сторон.

Как и в большинстве ситуаций соперничества, диалектический подход драматичен. Каждая из сторон в итоговых дебатах старается сделать все возможное, чтобы убедить принимающего решение, что предлагаемый ею вариант лучше, чем у другой стороны. Третья сторона, выслушав обе конфликтующие стороны и используя аргументы обеих, вырабатывает свое собственное решение.

Диалектическая процедура обнажает произвольность некоторых ограничительных предположений и выявляет их последствия. Она фокусирует внимание на следствиях, выводимых из данных, и показывает, что одни и те же данные могут интерпретироваться по-разному в зависимости от сделанных предположений.

Можно изложить диалектический процесс в виде следующего алгоритма.

1. Подготовка.

1.1. Лицо, принимающее решение, создает две или более группы, обеспечив их одинаковыми целевыми установками и набором исходных данных.

1.2. Каждая группа разрабатывает решение, заведомо конфликтующее с предложением другой группы. При этом предположения формулируются настолько четко, явно, насколько это возможно.

2. Конфронтация.

2.1. Каждая команда представляет свой вариант лицу, принимающему решение, в присутствии противоположной стороны и защищает его изо всех сил.

2.2. После презентаций каждая команда атакует другую, стараясь ослабить позиции противника и усилить свои.

2.3. Принимающий решение может задавать вопросы любой из сторон в любой момент.

3. Синтез.

Лицо, принимающее решение, формулирует свое собственное решение, используя информацию, предоставленную обеими противоборствующими сторонами, и явно выделяет аргументы, на которых основано третейское решение, чтобы их можно было бы проследить в ходе реализации принятого решения.

Идеализированное проектирование. Мы уже описывали разработанный Акоффом метод при рассмотрении этапа целевыявления. Приведем сейчас более детальное его описание.

Идеализированный проект – это то, что стэйкхолдерам хотелось бы иметь, если бы они могли иметь любую желаемую систему. Этот проект должен быть технологически реализуем и операционно жизнеспособен, т.е. мог существовать, будучи осуществлен, – но он может быть составлен без учета того, когда и как он может быть реализован. Кроме того, система должна быть спроектирована так, чтобы быть способной к быстрому и эффективному обучению и адаптации. Это требует, чтобы:

1) стэйкхолдеры системы могли вносить изменения в проект при желании на любом этапе;

2) если возникает объективно неразрешимое сейчас условие проекта, то в сам проект системы должна быть встроена практическая процедура для разрешения его;

3) система должна быть спроектирована так, чтобы все решения, принимаемые в ней, и предположения, на которых основываются эти решения, были подвержены непрерывному контролю.

Результат такого проектирования не утопичен и не является идеалистичной системой, так как он может быть улучшен извне и самоулучшаться; скорее он является наилучшей системой, стремящейся к идеалу, который могут вообразить его создатели.

Идеализированное проектирование можно описать в виде трех действий:

1) выбор миссии – генеральной цели проектируемой системы, ее роли в охватываемой, большей системе, частью которой является сама система и ее стэйкхолдеры;

2) определение желаемых проектантом и стэйкхолдерами свойств будущей системы;

3) проектирование системы, т.е. определение того, как реализовать названные свойства.

Итоговый проект должен покрывать каждый аспект системы: ее социальные и технологические процессы, организацию, систему управления, входы, выходы и т.д.

Обычно изготавливаются две версии проекта: ограниченная (т.е. без существенных изменений в окружающей среде существующей системы) и неограниченная (т.е. с ее изменением).

Процесс идеализации освобождает его участников от даже неосознанно накладываемых на себя ограничений, поскольку он отбрасывает соображения реализуемости. Когда такой проект завершен, обычно его разработчики осознают, что его большая часть вполне реализуема и что они сами являются основной препоной для будущего, которого они так желают.

Интерактивное планирование состоит из шести взаимосвязанных действий, осуществляемых одновременно, так как весь процесс ведется непрерывно:

1) формулирование проблемного месива;

2) планирование целей (технологически осуществимых);

3) планирование средств (политик, программ, проектов, операций и т.д.);

4) планирование ресурсов (деньги, кадры, оборудование, помещения, необходимые товары и услуги, информация);

5) проектирование процесса реализации планов (кто, что, где и когда должен делать, как распределяться ресурсы);

6) проектирование управления (как будет осуществляться мониторинг, обучение и адаптация организации).

Подробное описание этого метода дано в книге Р. Акоффа и др. «Идеализированное проектирование», изданной на русском языке издательством Баланс Бизнес Букс.

О других технологиях. Известно еще несколько технологий, способствующих творческому процессу, которые базируются не на теоретических положениях, а на практическом опыте; они скорее «инженерны», чем «научны». Подобно тому как инженеры запустили ракеты раньше, чем была разработана теория баллистики; как мосты, плотины, здания строили до создания теорий конструкций и сопромата, так и ряд процедур, улучшающих творческий процесс, был предложен без определения понятия самого творчества и теории, его объясняющего. Из числа упомянутых там методов приведем предложенный 30 лет назад де Боно метод «бокового мышления» («lateral thinking»), состоящий в реструктуризации данных и понятийных комбинаций в нечто новое.

Подход Эдварда де Боно основан на идее привлечения правополушарного (образного, эмоционального, интуитивного) мышления к генерированию альтернатив, наряду с левополушарным (логическим, формальным). В ряде его публикаций предлагается собрание эвристических, эмпирических приемов, способствующих появлению новых идей (например, «Десять правил простоты» Э. де Боно¹) или такие советы как:

- 1) генерировать альтернативные способы описания ситуации;
- 2) явно сформулировать предположения и подвергнуть их критическому рассмотрению;
- 3) выявить повторяющиеся темы и модифицировать их;
- 4) выявить использование стереотипов и заменить их;
- 5) выявить повторяющиеся препятствия и преодолеть их;
- 6) сознательно направить внимание на области, ранее не замечаемые;
- 7) выявить аспекты ситуации, рассматриваемые впервые, и уже известные, но рассматриваемые с другой точки зрения;
- 8) найти другие способы декомпозиции и агрегирования проблемной ситуации;

9) использовать случайное привнесение новых элементов в проблемную ситуацию.

Однако, де Боно предложил две технологии генерирования альтернатив.

Первая технология названа им «*Random Entry*» – метод случайных ассоциаций. Случайным образом (например, наугад из словаря) набирается несколько любых слов, а затем группа ищет ассоциации каждого слова с решаемой проблемой, направленные на ее решение. Например, для поиска идей по привлечению клиентов банка путем предоставления им новых услуг были выбраны слова «группа (музыкантов)», «церковь», «компьютер» и «шутка». Ассоциации по первому слову породили предложения по музыкальному сопровождению работы банка; по второму – использовать в банке приятные ароматы, как в церкви; среди идей по третьему слову – обеспечение клиентам свободного доступа в Интернет в филиалах банка, меры защиты клиента во время пользования банкоматом, дарение клиентам электронных арифмометров; по четвертому – создание остроумного маркетингового лозунга, показ смешных мультфильмов в зале ожидания; и т.д.

Вторая технология Э. де Боно – «*Six Thinking Hats*» – поочередное групповое рассмотрение важных аспектов искомого варианта решения проблемы. Де Боно считает, что всестороннее рассмотрение любой проблемы состоит из учета шести аспектов. В ряде технологий (например, в обычном мозговом штурме) каждому участнику предлагается размышлять в любом из этих направлений по его усмотрению. Де Боно считает, что из-за невозможности сосредотачивать внимание сразу на всех аспектах упускается много полезных идей. Он предлагает сосредотачивать внимание группы поочередно на каждом из шести главных аспектов. Для этого на стол кладется одна из шести разноцветных шляп, и группа ведет мозговой штурм только в данном направлении:

- 1) сбор фактов – Белая шляпа;
- 2) положительные аспекты: возможности – Желтая шляпа;
- 3) отрицательные аспекты: угрозы – Черная шляпа;
- 4) варианты, отличающиеся от предложенных, – Зеленая шляпа;

5) эмоции, связанные с предложенным вариантом, – Красная шляпа;

6) организационные и операционные аспекты – Синяя шляпа.

Как видим, метод направлен не только на предложение альтернатив, но и на вопросы их реализации, и рассмотрение последствий.

В заключение данного этапа отметим, что все перечисленные методы предназначены для решения «мягких», «рыхлых» проблем («жесткие» проблемы решаются методами оптимизации). Приведенный перечень методов содержит те, которые наиболее опробованы и обнародованы; это не исчерпывает всех возможностей, и есть множество публикаций по другим (в основном эмпирически найденным) технологиям. Выделим среди них теорию решения изобретательских задач (ТРИЗ) Альтшулера.

1.5.11. Этап одиннадцатый. Выбор или принятие решения

Выбор как стремление реализовать цель. Рано или поздно наступает момент, когда дальнейшие действия могут быть различными, приводящими к разным результатам, а реализовать можно только одно действие, причем вернуться к ситуации, имевшей место в этот момент, уже нельзя. Наступает момент выбора.

Естественно, выбирается тот вариант, который наиболее (по мнению выбирающего) соответствует его цели. Именно выбор является реализацией целенаправленности всей деятельности субъекта.

Способность сделать правильный (т.е. наиболее приближающий к осуществлению цели) выбор – очень ценное качество, присущее людям в разной степени. Великие полководцы, выдающиеся политики, гениальные инженеры и ученые, талантливые администраторы отличались и отличаются от своих коллег или соперников прежде всего умением принимать лучшие решения, делать лучший выбор.

Естественно стремление понять, что такое «хороший» выбор, выработать рекомендации, как приблизиться к наилучшему решению, а если возможно, то и предложить точный алгоритм получения такого решения. Выяснилось, что раз-

нообразии ситуаций простирается от хорошо изученных, достаточно формализованных, описываемых математически (так называемых «жестких», «твердых» – hard) ситуаций до плохо структурированных, описываемых на разговорном или профессиональных, далеких от математического, языках («мягких», «рыхлых» – soft) ситуаций с различными промежуточными вариантами.

Для «жестких» задач выбора разработана вполне строгая формальная методика нахождения наилучшего в заданных условиях (оптимального) решения. В случае «рыхлой» постановки задачи осознана не единственность решения и разработана «мягкая» технология поиска приемлемых, «улучшающих» вмешательств. В промежуточных случаях сочетаются (в разных пропорциях) интеллектуальные способности человека решать неформальные задачи и подходящие формальные методы математики и компьютерного моделирования (системы поддержки принятия решений, экспертные системы, базы данных, автоматизированные системы управления и т.п.).

На предыдущих этапах системного анализа было подготовлено все необходимое для выбора: есть множество альтернатив, на котором предстоит сделать выбор (этап десятый); определены цели, ради достижения которых производится выбор (этап шестой); выбраны критерии для сравнения альтернатив по степени их пригодности для достижения целей (этап седьмой). Данный же этап посвящен рассмотрению проблем собственно выбора, т.е. процесса принятия решений.

В самом общем виде выбор можно определить как целевое сужение множества альтернатив: часть этого множества X признается приемлемым ($C(X)$ на рис. 1.11), остальные отвергаются. Обычно стараются свести к одной единственной альтернативе, но иногда это не разумно или даже невозможно.

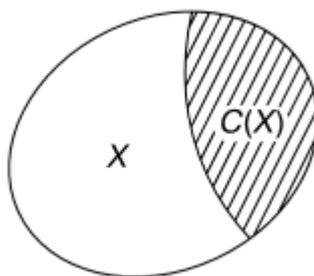


Рис. 1.11 Целевое сужение множества альтернатив

Стремление к тому, чтобы наш выбор был как можно более правильным, побуждает к построению некоторой теории выбора, которая предлагала бы средства синтеза алгоритмов выбора и их анализа (сравнения). Однако попытки построить «общую теорию принятия решения» наталкиваются на серьезные трудности.

Множественность задач выбора. Выясним разнообразие ситуаций выбора с помощью метода морфологического анализа. В соответствии с этим методом перечислим факторы, определяющие характер выбора, и их градации.

1. Множество альтернатив X может быть конечным, счетным или континуальным (что требует разных методов оптимизации).

2. Типы критериев могут принадлежать разным измерительным шкалам (грубо разобьем их на качественные и количественные).

3. Число критериев тоже влияет на методику выбора: весьма существенна разница между одно- и многокритериальными задачами.

4. Число лиц, принимающих решение (ЛПР), тоже приводит к совершенно разным способам выбора (будем различать односторонний и многосторонний выборы).

5. Степень согласия между ЛПР существенно влияет на способ выбора. По-разному принимаются решения при совпадении интересов сторон (коллективный выбор) и при их противоположности (выбор в конфликтной ситуации). Возможны промежуточные случаи (компромиссный выбор, коалиционный выбор, выбор в условиях конфликта, выбор при переменной конфликтности).

6. Характер неопределенности последствий выбора – варьируется от полной определенности (когда точно известны последствия выбора каждой альтернативы) до неопределенности разного типа: незнания последствий, знания вероятностей исходов, расплывчатой неопределенности. Каждый из этих вариантов требует совершенно специфического подхода, иных математических методов.

7. Повторяемость ситуации выбора. Различны подходы к принятию решений при разовом (уникальном, неповторяемом, первом) выборе и выборе повторном,

многократном в аналогичных ситуациях, допускающем использование предыдущего опыта, с учителем или без него и т.д.

8. Ответственность за последствия выбора. Неверный выбор ведет к потерям. Потери могут быть приемлемыми, небольшими, а могут быть нетерпимыми, недопустимыми. Конечно, в этих случаях выбор нужно делать по-разному.

Критериальный выбор. Основой данного варианта выбора является предположение о том, что каждую отдельно взятую альтернативу можно оценить конкретным числом (значением критериальной функции). Тогда сравнение альтернатив сводится к сравнению соответствующих им чисел.

Пусть x – некоторая альтернатива из множества X . Считается, что для всех $x \in X$ может быть задана функция $q(x)$, которая называется критерием (критерием качества, условной функцией, функцией предпочтения, функцией полезности и т.д.) и обладает тем свойством, что если альтернатива x_i предпочтительнее альтернативы x_j (будем обозначать это $x_i > x_j$), то $q(x_i) > q(x_j)$, и обратно:

$$[x_j > x_i] \Leftrightarrow [q(x_j) > q(x_i)] \quad (1.1)$$

Если теперь сделать еще одно важное предположение, что выбор любой альтернативы приводит к однозначно известным последствиям (т.е. считается, что выбор осуществляется в условиях полной определенности) и значение $q(x)$ численно выражает оценку этих последствий, то наилучшей альтернативой x^* является, естественно, та, которая обладает наибольшим значением критерия:

$$x^* = \arg[\max_{x \in X} q(x)] \quad (1.2)$$

Задача отыскания x^* , простая по постановке, часто оказывается сложной для решения, поскольку метод ее решения (да и сама возможность решения) определяется как характером множества X (размерностью вектора x и принадлежностью его компонент к конечному, дискретному или континуальному множествам), так и типом критерия (является ли $q(x)$ функцией или функционалом, каким именно, заданным явно или неявно, в виде равенства или неравенства и т.д.). Университетский курс методов оптимизации, посвященный решению таких за-

дач, является одним из самых объемных и сложных. Но сложности эти технические, а в принципе задача проста: нужно максимизировать критерий при заданных ограничениях.

Задача существенно усложняется при переходе от единственного к нескольким критериям. Правильнее даже будет сказать, что многокритериальная задача принципиально отличается от однокритериальной. Это проявляется уже на примере двухкритериальной задачи (рис. 1.12).

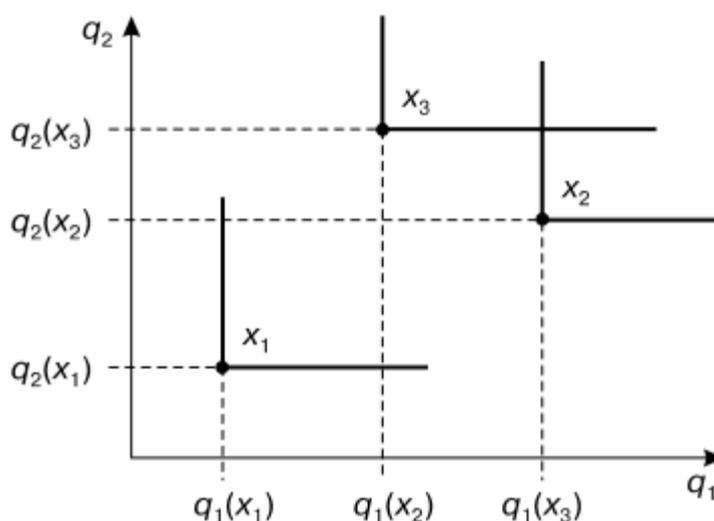


Рис. 1.12 Двухкритериальная задача

Если сравнивать альтернативы x_1 и x_2 или x_1 и x_3 , то никаких сомнений не возникает, поскольку x_2 и x_3 по обоим критериям q_1 и q_2 лучше x_1 . Но как сделать выбор между x_2 и x_3 ? Каждый из них лучше другого по одному критерию и хуже – по-другому.

В теории выбора произошла история, подобная анекдоту, в котором математика попросили описать алгоритм получения чая. «Все просто, – ответил он. – Нужно в чайник налить воды, поставить его на огонь, довести до кипения, бросить в него заварку. Через три минуты чай готов». А если вам дадут чайник с водой? «Нужно вылить воду из чайника, и задача сводится к предыдущей» – был ответ. История состоит в том, что были сделаны попытки решать многокритериальную задачу путем сведения ее к однокритериальной (или последовательности

однокритериальных), так как способ решения последней очевиден. Было разработано несколько методов, из числа которых стали (к сожалению) употребительными следующие.

Построение «суперкритерия», «глобального критерия» $q_0(x)$ как некоторой комбинации локальных критериев $q_1(x), \dots, q_k(x)$:

$$q_0(x) = f[q_1(x), q_2(x), \dots, q_k(x)] \quad (1.3)$$

Наряду с техническими сложностями объединения критериев, измеряемых в разных шкалах (сложности решаемы искусственными приведениями их к одной шкале), все упирается в выбор упорядочивающей функции f : ее задание будет приводить к выбору единственной альтернативы, но при переходе к другой упорядочивающей функции выбор будет иным. Чувствуется наличие нежелательного, но неизбежного произвола.

Условная оптимизация, при которой выделяется один «наиболее важный» критерий, остальные переводятся в разряд условий, т.е. фиксируются на приемлемом для заказчика уровне. Вариантом такой задачи является задание условий в виде неравенств. И в этом случае налицо произвольность получаемого решения, которое зависит от задаваемых условий.

Метод уступок, при котором критерии упорядочиваются по важности, а затем оптимизация производится по наиболее важному критерию. После этого назначается уступка по этому критерию, т.е. величина, на которую мы согласны понизить достигнутое значение первого критерия, чтобы в пределах этой уступки максимально повысить значение второго. И так далее. Здесь произвол присутствует в виде упорядочения критериев и величин уступок по каждому из них.

Лексикографическое упорядочение. В отличие от метода уступок, критерии считаются настолько сильно отличающимися по важности, что применение следующего критерия производится только в том случае, если предыдущий дал неоднозначный ответ, и без всяких уступок. Термин «лексикографический» применен в связи с тем, что этот принцип используется в словарях: там упорядочение слов соответствует порядку букв алфавита в искомом слове.

Метод задания уровня притязаний. В отличие от предыдущих методов в данном случае производится не поиск лучшей (в том или ином смысле) альтернативы, а задание ее желательных качеств и проверка, есть ли среди наличных альтернатив X именно такая. При положительном ответе желательно указать существующие превосходящие заданную альтернативы, при отрицательном – существующие ближайшие по заданным критериям.

Хотя через каждые два года проводятся международные симпозиумы Ассоциации многокритериального принятия решений (MCDM: Multy-Criterial Decision Making), где обсуждаются новые варианты перечисленных выше методов, отметим, что все эти методы суть попытки применить однокритериальное мышление к многокритериальному случаю. Инертность мышления заставляет искать единственно верное решение, тогда как в многокритериальном случае такового, как правило, не существует.

Между тем адекватное решение многокритериальных задач было предложено еще в начале прошлого века математиком-экономистом Парето. Оно основано на том, что предпочтение одной альтернативе перед другой следует отдавать, только если первая по всем критериям лучше второй. Если же предпочтение хотя бы по одному критерию расходится с предпочтением по-другому, то такие альтернативы признаются несравнимыми и одинаково предпочтительными.

На примере рис. 1.12 введем понятия доминирующих и доминируемых альтернатив. Альтернатива, по всем критериям уступающая другой ($x_1 \text{ и } x_2$; $x_1 \text{ и } x_3$), называется *доминируемой*, а превосходящая ее по всем критериям – *доминирующей*. Теперь выбор в многокритериальном случае становится очевидным: следует отбросить все доминируемые альтернативы. Но результат в общем случае становится неоднозначным, например, в случае, представленном на рис. 1.23, итогом выбора являются x_2 и x_3 ; лучше их по обоим критериям вариантов нет, а между собой они *несравнимы*.

Множество недоминируемых альтернатив называют *паретовским множеством*. Это и есть адекватное решение многокритериальной задачи.

Однако в реальной жизни можно реализовать только один вариант, и возникает вопрос: какой из вариантов из паретовского множества надо осуществлять? Встает вопрос о выборе на паретовском множестве. Его элементы несравнимы, т.е. одинаковы в том смысле, что лучше их по всем критериям нет, поэтому выбрать можно любой. Есть разные способы выбора в такой ситуации.

Волевой выбор: лицо, принимающее решение, самостоятельно определяет, какой вариант осуществлять, либо прибегает к услугам экспертов.

Случайный выбор: решение отдается воле случая (бросание монеты, игральной кости и т.п.).

Введение дополнительных критериев, различающих альтернативы из паретовского множества (в частности, применение глобального критерия или введение нового).

Интересный вариант выбора на паретовском множестве предложили Д.С. Хэммонд, Р.Л. Кини, Г. Райффа.

Трудность сравнения и выбора между данными, выраженными в различных измерительных шкалах, предлагается преодолевать методом «равноценного обмена». Идея состоит в том, чтобы сравнивать не сами данные (они в принципе несравнимы), а сопоставлять выигрыш или потери, которые получаются в результате предпочтения одного другому.

Метод разработан для случая выбора среди нескольких альтернатив по совокупности нескольких критериев, – ситуации, типичной в управленческой практике. Метод можно изложить в виде следующего алгоритма:

1) ситуация представляется двумерной «Таблицей последствий» (аналог таблицы «Объект – свойства»), по вертикали которой перечисляются критерии («цели»), а по горизонтали сравниваемые варианты. Таблица заполняется целиком, случай пропущенных данных (незаполненных ячеек таблицы) не рассматривается;

2) устраняются все доминируемые альтернативы;

3) если значения какого-то критерия для всех недоминируемых альтернатив совпадают, этот критерий можно исключить из рассмотрения как несущественный для выбора;

4) делается попытка привести некоторый неравнозначный критерий к одному значению для всех альтернатив, чтобы его можно было исключить из рассмотрения. Предлагается делать это методом «равноценного обмена», увеличивая значение одного критерия, уменьшая значение другого на эквивалентную (по потерям) величину. Если это удастся, данный критерий исключается;

5) этап 4 применяется к каждому критерию, пока не останется одна альтернатива или один критерий, по которому и осуществляется выбор.

Главной трудностью этой методики является определение стоимости изменения величины каждого критерия. Например, при выборе между рейсами разных авиакомпаний трудно осуществить обмен степени безопасности на удобство времени вылета. В таких случаях рекомендуется перейти к рассмотрению более легко сравнимых пар критериев. Может случиться, что сделав самые простые обмены, вы получите решение, и не потребуется ломать голову над сложными обменами.

Главный итог данного раздела состоит в том, что для многокритериальной задачи не существует единственно верного решения, есть некоторое (паретовское) множество приемлемых решений, из которых можно принять любое.

Выбор на основе парных сравнений. В реальной жизни часто встречаются случаи, когда никакие критерии не позволяют выделить «самую лучшую» альтернативу. Например, у боксера можно измерить вес, объем мышц, определить скорость реакции и т.д., но по этим данным нельзя предсказать, станет ли он чемпионом. В таких случаях критериальный язык теряет смысл, а с ним и соответствующие методы становятся неприменимыми.

Однако, хотя адекватная оценка отдельной альтернативы при этом невозможна, существует возможность поставить две альтернативы в такую соревновательную ситуацию, где они в реальности сравнили бы свои качества, и исход

такого соревнования определит их порядок предпочтения. Примерами таких ситуаций являются турниры, конкурсы, бои – любые парные сравнения.

Если альтернатив больше, чем две, то возникает вопрос: как выделить среди них наиболее предпочтительную, если мы располагаем только результатами попарных сравнений? По поводу такой задачи созданы довольно разветвленные математические теории, поскольку множество альтернатив может быть конечным, счетным или непрерывным, а сами отношения между парами можно описывать по-разному. Для наших целей ограничимся представлением парных сравнений так называемым графом предпочтений.

Граф предпочтений – это рисунок, который получается следующим образом (рис. 1.13).

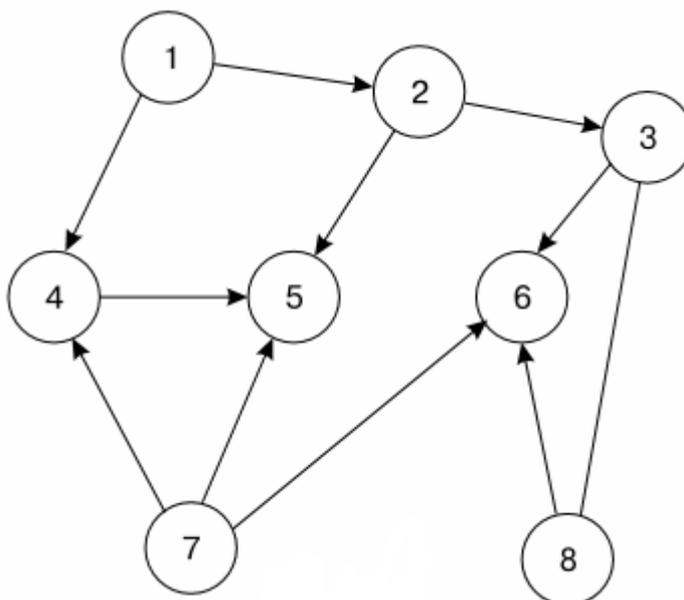


Рис. 1.13 **Граф предпочтений**

Обозначения в графах предпочтений:

- 1) окружности – альтернативы;
- 2) они пронумеровываются (это будут вершины графа);
- 3) если какие-то две альтернативы сравниваются, между ними проводится линия (называемая ребром или дугой графа);
- 4) если в сравнении «победила» одна альтернатива, это обозначается стрелкой в сторону проигравшего;
- 5) если исход ничейный, линия остается ненаправленной.

Располагая таким протоколом наблюдений, можно выделить «самые лучшие» альтернативы. Для этого нужно определить критерий, кого считать «лучшим», и сделать это можно по-разному. Например, считать лучшим того, кто не проиграл ни разу. Тогда выделятся альтернативы 1, 7 и 8. Можно (для различения между ними) взять критерием количество выигранных «боев»; тогда лучшей станет 7-я альтернатива. Но может вызвать возражение проведение неодинакового числа боев для разных участников. Становится ясным, что для справедливого сравнения нужно провести встречи «каждого с каждым». Правда, и при этом может не оказаться «самого лучшего» по избранному критерию (например, не окажется того, кто не проиграл ни разу). Придется вводить другие критерии. Но главным препятствием для получения полного набора парных сравнений становится их большое количество – $N(N-1)$ – при больших N , поэтому стало бы невозможным определение чемпиона мира ни по одному виду спорта. Правда, спортсмены разработали сокращенные, приближенные способы определения лидера – либо зональные соревнования с последующими сражениями между победителями зон, либо олимпийская система с выбыванием после первого переигрывания.

Об общей теории выбора. В реальной практике выбора встречаются случаи, когда и основное предположение теории парных сравнений не выполняется. Оно состоит в том, что порядок предпочтения в паре определяется только качествами сравниваемых альтернатив и не зависит от наличия или отсутствия других альтернатив. Если это не так (например, выбор между молотым кофе или в зернах зависит от наличия у вас кофемолки), то и язык парных сравнений теряет свое значение. Мало смысла строить теории сравнения на основе отношений между тремя, четырьмя и т.д. вариантами.

Предложен очень высокой степени абстракции язык «глобальных функций множеств». Он основан на понятии функции выбора. Эта функция $C(X)$ имеет своим «аргументом» все множество X альтернатив $x \in X$, а ее «значением» является некоторое подмножество множества X (от пустого множества – отказ от предложенного, до всего X – «беру все») (рис. 1.14). Предъявляя функции $C(X)$ те или иные требования, можно описывать различные ситуации выбора (в том

числе и рассмотренные выше). Функция выбора оказалась малоизученным и весьма сложным математическим объектом; мы не станем углубляться в подробности, ограничившись приведенным упоминанием лишь для полноты картины.

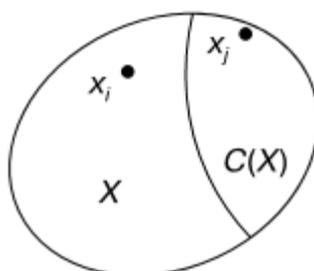


Рис. 1.14 Функции выбора

Коллективный выбор. Из многочисленных задач выбора особый практический интерес представляет задача многостороннего принятия решения, когда выбор осуществляется не одним лицом, а группой лиц. При этом предполагается высшая степень согласия между членами группы относительно общей цели, выбор же приходится делать между вариантами средств достижения этой цели.

Типичным примером являются выборы на руководящий пост. Из нескольких кандидатов на этот пост можно избрать лишь одного, и каждый избиратель волен выразить свое личное предпочтение. Групповое решение $C_0(X)$ о наиболее предпочтительном кандидате $x_j \in X = \{x_1, \dots, x_k\}$ получается путем «пересчета» всех индивидуальных предпочтений $C_1(X), C_2(X), \dots, C_N(X)$, где N – число избирателей, в одно «коллективное» предпочтение $C_0(X)$ с помощью заранее объявленной и принятой всеми членами группы процедуры $f: C_0(X) = f[C_1(X), C_2(X), \dots, C_N(X)]$. Такую операцию называют *процедурой голосования*.

Представляет большой интерес выяснить, какими свойствами обладают процедуры голосования, как в силу их практической значимости, так и в связи с их разнообразием (функцию f можно задавать по-разному). Тем более, что часто результаты голосования оказываются неожиданными, а иногда – нежелательными. При этом многие полагают, что сменив одно правило голосования на другое, можно избежать «неправильного» результата не только сейчас, но и в дальнейшем. Это заблуждение. Необходимо хорошо понимать природу голосования, чтобы правильно им пользоваться.

Семь парадоксов голосования. «Ум – хорошо, а два лучше» – гласит поговорка, предполагающая случай, когда оба ума (а по индукции – и большее число умов) с одинаковыми намерениями пытаются найти хороший выбор.

При расхождении мнений в группе голосование является единственно возможным способом формирования «общего» мнения, коллективного решения. Но процедуры голосования обладают рядом свойств, в некоторых случаях дающих неожиданный или нежелательный результат. Перечислим такие свойства, назвав их *парадоксами голосования*.

1. Коллектив не всегда прав. Коллектив состоит из субъектов, каждый из которых может заблуждаться. Это приводит к тому, что голосование, даже единогласное, не гарантирует правильности принятого решения. Надо все же отметить, что за счет взаимной компенсации противоположных мнений вероятность ошибки коллективного мнения меньше, чем «среднеиндивидуального», но она остается не равной нулю. Известны случаи (Бруно, Галилей, Коперник и др.), когда один несогласный располагал истиной, а все остальные заблуждались. Таким образом, голосование предназначено не для добывания истины, а для согласования действий группы после голосования: все члены группы подчиняются принятому решению, даже если кто-то был с ним не согласен.

2. Возможность непринятия решения. Хотя голосование предназначается для принятия решения, любая процедура голосования может закончиться тем, что согласованные условия принятия решения не будут выполнены и, следовательно, решение не будет принято. Поясним это примерами. Скажем, «простое большинство» (50% плюс один голос) не сработает, если голоса четного числа голосующих разделятся поровну. Поправка «председателю – решающий голос» эту ситуацию обходит, но если нечетное число голосующих поделится так, что председатель окажется в половине, меньшей на один голос, то возникает вопрос: а чему равен «решающий голос»? При принятии «квалифицированным» большинством (в 2/3) на ученых советах бывали случаи, что защищающемуся не хватало малой доли голоса. Даже при принципе единогласия (консенсус, право вето) решение может быть не принято. Таково свойство всех процедур голосования.

3. Парадокс Кондорсе (так он назван по имени математика, разъяснившего этот парадокс). Суть парадокса в возможности цикличности графа предпочтений (рис. 1.15). Например, пусть каждая из трех фракций парламента, образующих большинство лишь попарно, выдвинула свой вариант законопроекта: a , b и c . Или три парня заспорили, чья девушка лучше, и намерены решить этот вопрос голосованием. Если у этой троицы индивидуальные предпочтения таковы: $(a > b > c)$, $(b > c > a)$ и $(c > a > b)$, то они попали в парадокс Кондорсе. Любая процедура либо закончится неприятием решения (так как при таких предпочтениях нет решения), либо при искусственном прерывании процедуры (например, при парном сравнении по олимпийской системе) исход будет зависеть от того, в какой последовательности будут рассматриваться пары.

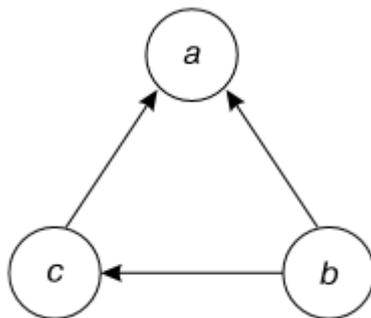


Рис. 1.15 Цикличность графа предпочтений

Иногда парадокс Кондорсе несущественен (если цикл предпочтения окажется в нижней части цепи альтернатив и не повлияет на выбор лидера). Если же его необходимо разрешить, то выход может быть в том, чтобы убедить одного из голосующих (сейчас это называется черным или белым «пиаром») изменить свое упорядочение альтернатив, не меняя первенства своей. Цикличность графа исчезнет, решение станет единственным.

4. Возможность победы меньшинства при мажоритарной системе голосования. Пусть решение принимается по большинству голосов (это и есть мажоритарная система). Оказывается, при этом существуют возможности законной победы меньшинства, да к тому же таких возможностей несколько. Первая – признание легитимными (законными) выборы при низкой (меньше 50%) явке избирателей. Решение автоматически предоставляется меньшинству.

Трудно осуждать такую ситуацию, так как неучастие в выборах означает безразличие к тому, какое решение будет принято; пусть оно будет принято теми, кому это небезразлично.

Но меньшинство может победить и при стопроцентной явке избирателей.

Вторая такая возможность – «растаскивание» голосов. Поясним это примером. Пусть одна коалиция обладает 60% потенциальных голосов, второй принадлежит 40% электората (рис. 1.16). Если первые выдвинут двух кандидатов, да еще равноценных, а вторые одного – победит меньшинство. Причины растаскивания голосов могут быть разными, а результат один.



Рис. 1.16 Электорат

Но меньшинство имеет шансы победить при стопроцентной явке и без растаскивания голосов. Снова поясним это примером. Пусть решение принимается большинством голосов в $2/3$. Если в итоге победил представитель меньшинства, значит, на последнем этапе процедуры он набрал большинство. Если же участников последнего этапа голосования самих выбирали по тому же правилу, то возможна ситуация, изображенная на рисунке 1.17. Легко видеть, что победило меньшинство в $4/9$ против $5/9$. Для реализации такой возможности необходимо выполнение трех условий:

а) выборы должны быть многоступенчатыми (так как на каждой ступени решение принимается по большинству голосов);

б) меньшинство должно соблюдать дисциплину голосования (т.е. голосовать именно там, где требует организация всего дела: если хоть один из них поменяется местами с противником – по пунктирным стрелкам на рисунке, то у них ничего не выйдет);

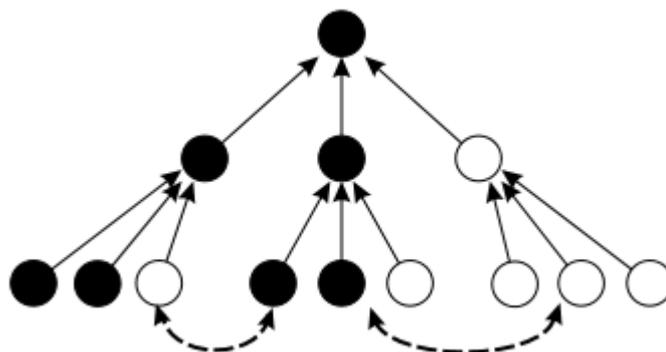


Рис. 1.17 Победа меньшинства

в) меньшинство должно быть достаточно многочисленным для обеспечения своего большинства на последнем этапе. Будь в нижнем ряду не 4, а 3 представителя меньшинства, снова ничего не получилось бы. Однако доля меньшинства может быть меньшей, если ввести дополнительные уровни голосования. Так, если дополнить схему рис. 1.17 еще одним уровнем, то пропорция меньшинства в $4/9$ (44,4%) снизится до $8/27$ (33,7%). Приведенная схема имеет не только теоретический интерес: многоступенчатые схемы голосования употребляются в жизни, например определенная конституцией двухступенчатая процедура выборов Президента США уже 4 раза из 43 приводила к победе кандидатов меньшинства. Последний раз – 2002 г. в соперничестве Буша и Гора: первый победил при наличии лишь 48% голосов на первичных выборах.

5. Парадокс подавляющего большинства. Многие полагают, что при голосовании по принципу «один человек – один голос», чем больший процент голосов наберет альтернатива, тем более демократично принятое решение. Это – заблуждение. Видимо, такое впечатление основано на том, что политики чувствуют себя тем более уверенно, чем большая часть электората поддерживает их; тем в большей степени они ощущают себя представителями народа.

Парадокс состоит в том, что такое впечатление психологически понятно, так как основано на распространенных понятиях «наши и ненаши», «свои и чужие»; но оно не имеет никакого отношения к понятию демократии. Какой бы высокий процент большинства ни был назначен для легитимности принятия решения, решение не является демократическим. Поясним это простым примером.

Предложим максимально «демократичную» процедуру голосования, состоящую всего из двух правил:

а) решение принимается при любом числе N голосующих только в том случае, если «за» проголосовало не менее $N - 1$ человек, и лишь один (не более!) «против». (Еще раз подчеркнем: N может быть сколь угодно большим.);

б) каждый голосует «за», если предложенная альтернатива ему лично не наносит ущерба (и тем более, если она ему выгодна).

Кажется, невозможным предложить более «демократическую» процедуру. Но если общество утвердило ее для коллективного принятия решений, оно распрощалось с демократией. Теперь председательствующий может (если захочет) через эту процедуру реализовать любое удобное ему лично решение.

Например, пусть по этой процедуре мы будем решать, переходить ли нам всем из одного состояния в другое. Пусть «состояние» – это наличие у каждого определенной суммы. Утверждение: из любого начального состояния с помощью введенного правила вас можно перевести в любое наперед заданное состояние за конечное число шагов. Для наглядности: пусть я хочу «перекачать» все ваши деньги в один карман. Шаг первый: кто за то, чтобы у такого-то отобрать все деньги и раздать их всем поровну? Исход ясен. Можно, для ускорения процесса, предложить у такого-то отобрать деньги и отдать целевой персоне. Процедура и тут сработает. Рано или поздно цель будет достигнута, и вполне легитимно. Не надо думать, что пример этот искусственный. Хуже того, в практике применения принятия решений «подавляющим большинством» оно сопровождалось устранением недовольных. Достаточно вспомнить акции раскулачивания 30-х гг. прошлого века, решения о которых принимались комитетами бедноты.

Суть парадокса состоит в том, что данная процедура узаконивает принесение в жертву интересов одного всем остальным. При этом остальные забывают, что каждый из них может стать такой же жертвой.

Таким образом, голосование по большинству и демократия – это просто разные вещи. Суть демократии не в том, чтобы все могли принять участие в прямых

и тайных выборах. Решения могут приниматься как коллективно, так и единолично; а демократия состоит в том, чтобы на этапе исполнения решения были защищены интересы любого меньшинства, и прежде всего – основные права каждой отдельной личности (право на жизнь, право на собственность, право на свободу). Однако демократичность выборам придает их периодичность: на следующих выборах народ может исправить свою ошибку, если одобренная ранее им политика оказалась ущербной.

6. Парадоксы единогласия. Если определить демократию как защиту интересов каждого, то единственной демократической процедурой голосования оказывается единогласное принятие решений: свои интересы уже на этапе принятия решения может отстаивать каждый, проголосовав против не подходящей для него альтернативы.

Известны ответственные практические ситуации, в которых применяется принцип единогласия: право вето в некоторых парламентах; принятие решений Советом Безопасности ООН; выборы кардиналами очередного папы римского; вынесение вердикта о виновности подсудимого судом присяжных; принятие решений в акционерных обществах с неограниченной ответственностью. Этому же принципу настоятельно рекомендуется придерживаться в ходе прикладного системного анализа, так как его конечной целью является создание улучшающего вмешательства.

Однако и в этом случае возникают парадоксальные ситуации. Во-первых, иногда принцип единогласия («все за») подменяется принципом консенсуса («никто не против»), тогда как это разные вещи: воздержавшиеся отождествляются с согласными, отсутствующие исключаются из принимаемых во внимание. Ярким примером является решение Совета Безопасности о проведении войны в Корее под флагом ООН, принятое в отсутствие представителя СССР.

Вторая парадоксальная ситуация возникает, когда желательное решение никак не может набрать 100% голосов. Существует по крайней мере два способа попытаться достичь согласия в такой ситуации.

Первый – поиск компромисса. Проиллюстрируем это диаграммой на рисунке 1.18. Если изобразить кругами множества приемлемых альтернатив трех лиц, принимающих решение, то недостижение единогласия объясняется просто отсутствием альтернативы, приемлемой для всех. Выход может состоять в том, чтобы кто-то (добровольно или под влиянием) расширил свой круг приемлемости так, чтобы появились взаимоприемлемые варианты (пунктирная линия их охватывает).

Второй способ можно назвать «способом лестницы». Если мы не можем запрыгнуть на сарай, мы подставляем лестницу и поднимаемся наверх по ступенькам. Так и здесь – можно попытаться подойти к желаемой, но никак сразу не достигаемой единогласно цели мелкими шагами, каждый из которых реализуется единогласно. Интересный пример такой реальной попытки приводит из своей практики Р. Акофф:

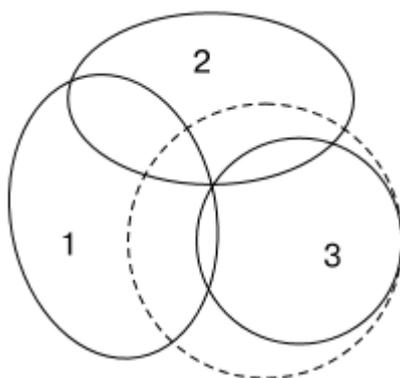


Рис. 1.18 Консенсус

«Консенсус часто трудно достижим, но редко невозможен. Я обнаружил, что в трудных случаях очень эффективна следующая процедура. Первое – максимально уточнить формулировки альтернатив, между которыми консенсус не достигает выбора. Второе – коллективно построить тест эффективности альтернатив и консенсусом принять решение, что данный тест справедлив и что все согласны следовать его результату. Третье – провести тест и использовать его результат. Я смог успешно применить эту процедуру даже в таком случае, когда законодатели одного государства не могли прийти к согласию, вводить или нет смертную казнь за убийство. В результате обсуждения члены законодательного органа пришли к согласию, что все имеют одну цель – минимизировать число

жертв убийств. Как только такое согласие было достигнуто, проблема была сведена к конкретному вопросу: уменьшает ли введение смертной казни число убийств? Все согласились, что необходимо провести исследование, отвечающее на этот вопрос. Такое исследование было проведено, и его результаты использованы (оно показало, что число убийств в ряде государств до и после отмены или введения смертной казни заметно и значимо не изменялось)».

Если же не удастся достичь согласия не только по поводу самих альтернатив, но и относительно способа их проверки, то, по мнению Р. Акоффа, следует найти консенсусное решение, что же делать дальше. Интересно его наблюдение, что в таких случаях обычно принималось решение поручить выбор одному из авторитетных и ответственных лиц (далее мы еще вернемся к этому моменту).

В целом парадоксы единогласия связаны с заблуждением о его природе. Бытует мнение, будто единогласие – признак верности решения: чем ближе мы к единогласию, тем ближе истина. Это заблуждение обсуждалось при рассмотрении первого парадокса. Само такое мнение основано на действительном повышении *статистической* надежности решения при увеличении объема выборки, что, однако, не гарантирует его *абсолютной* правильности.

Это не означает, что стремление к единогласию и консенсусу в принципе ошибочно и должно быть отвергнуто. Оно играет существенную роль в нашем мире. Но, если не принимать во внимание, что оно подавляет серьезные споры и возражения, это может вести к нежелательным последствиям типа коллективных патологий «кланомыслия» и «группомыслия» (см. этап двенадцатый). Оно ограничивает разнообразие мнений, а не расширяет его; сужает простор для дискуссий. Оно бывает необходимым, но является недостаточным для жизни в нашем сложном и изменчивом мире. Нужны другие способы мышления и действия. Ведь известно, что чем важнее и сложнее вопрос, тем труднее (или вообще невозможно) достичь всеобщего согласия.

7. Теорема Эрроу о невозможности. Самые общие теоретические результаты о коллективном выборе были получены Эрроу, за что он был удостоен Нобелевской премии по экономике. Наибольшую известность получила его «Теорема о невозможности». В ней вопрос стоит так: можно ли сказать что-

нибудь содержательное обо всех процедурах выбора? Ответ: обо всех нет, а о процедурах «хороших», «приемлемых», т.е. удовлетворяющих определенным разумным требованиям, можно попытаться.

Из всевозможных функций F от индивидуальных выборов $C_i(X)$ ($C_0(X) = F[C_1(X), \dots, C_N(X)]$) выделим те, которые отвечают требованиям, выражающим наше понимание того, что такое «правильный», «справедливый», «хороший» коллективный выбор. Таких требований, по сути, всего четыре (в оригинале есть и другие, но они чисто технические математически):

а) все индивидуальные предпочтения $C_i(X)$ должны как-то быть учтены; не должно быть такого индивида, чье мнение принимается обязательным для всех, независимо от мнения остальных (функция $C_0(X) / C_i(X)$ называется «диктаторской», и это условие выражает нежелательность диктаторства);

б) если в результате группового выбора предпочтение было отдано какой-то альтернативе, то это решение не должно меняться, если кто-нибудь из ранее отвергавших ее изменил свое мнение в ее пользу (условие монотонности);

в) если изменения индивидуальных предпочтений не коснулись каких-то альтернатив, то в новом групповом упорядочении порядок этих альтернатив не должен измениться (условие независимости альтернатив). Поясним это требование примером. Пусть $C_0(X) = F[C_1(X), \dots, C_i(X), \dots, C_N(X)]$. Мысленно вернемся назад, изыдем из урны бюллетень i -го избирателя и попросим его «еще раз подумать». Пусть он в своем предпочтении поменял местами двух кандидатов. Пересчитаем $C_0(X)$ с учетом другого варианта его бюллетеня. Результат может чаще всего остаться прежним. Но если по этим двум кандидатам ситуация была неустойчива и одного голоса оказалось достаточно, чтобы изменить ее, то будет справедливо, чтобы в новом упорядочении изменение коснулось только этих кандидатов и не задело остальных;

г) для любой пары альтернатив возможны такие два множества индивидуальных предпочтений, при которых порядок этих альтернатив противоположен («условие суверенности»).

Такова часть «Если...» в теореме Эрроу. Часть «То...» гласит (из-за чего она получила название «Теоремы о невозможности»): указанные требования несовместны, т.е. не существует процедур голосования, удовлетворяющих всем этим требованиям.

Это стало большой неожиданностью (ведь требования кажутся такими естественными и необходимыми!) и вызвало бурные дискуссии. Оказалось, что причиной такого результата являются упомянутые выше парадоксы, а на первое место вышел факт, что коллективный выбор может «застрять», закончиться неприятием решения, а единоличный, «диктаторский» выбор – никогда. Это привело к большому шуму вокруг теоремы о невозможности: «Наука доказывает слабость демократии», «Наука доказывает неизбежность диктатуры» и т.п. Ныне пыль осела (прошло много лет) и комментарии к теореме о невозможности можно сделать такие:

а) нравится это кому-то или нет – такова природа голосования (мне не понравилось, когда я упал и ушибся, но это не отменит закон тяготения);

б) теорема Эрроу – о голосовании, а не о демократии. Это разные вещи, и ее политическая интерпретация является подменой понятий;

в) неприятие решения приведет к потерям, а потери могут быть приемлемыми или нетерпимыми;

г) если потери допустимы, мы предпочитаем принимать решения коллективно, голосованием: это придает некий смысл нашей общественной деятельности;

д) если потери от неприятия решения нетерпимы, следует исключить саму возможность неприятия решения. Это можно сделать только одним способом – перейти к единоличному принятию решения, т.е. к диктаторской функции;

е) в самом по себе единоличном принятии решений нет ни плохого, ни хорошего. Все зависит от конкретных условий. Например, отменить в армии принцип единоначалия – значит только ослабить боеспособность армии (что доказывает опыт Красной Армии, пока Жуков не добился от Сталина уже во время Отече-

ственной войны отмены двоевластия командиров и комиссаров). Да и в обыденной жизни в коллективно неопределенной ситуации мы прибегаем к мнению авторитетов;

ж) обсуждение свойств процедур голосования не имеет никакого отношения к политике. Это лишь строгое логическое рассмотрение особенностей формул пересчета индивидуальных предпочтений в одно, называемое коллективным. А уж как использовать знание этих свойств в реальной жизни – это вопрос политики.

Принятие решений в социальной системе. До сих пор мы рассматривали принятие решений аналитически: есть множество альтернатив, из которых надо выделить одну, наиболее предпочтительную. И основное внимание уделялось внутренней, технической стороне дела: как надо делать такой выбор. Обнаружилось множество вариантов, и в каждой ситуации алгоритм принятия решений имел особенности, учитывающие специфику ситуации.

А теперь обратимся к *синтетическому* рассмотрению выбора, т.е. рассмотрим, каковы внешние условия принятия решений.

Принятие решений – важнейшая функция в управленческой деятельности. Управление есть осуществление изменений в управляемой организации. А организация – это некоторая структура с распределением прав и обязанностей, власти и ответственности. Поэтому принятие решений в такой системе должно происходить с учетом того, каковы полномочия лица, принимающего решения. А эти полномочия определены его положением в организационной структуре. При этом приходится учитывать позицию лица, принимающего решения как в структуре своей организации, так и в структурах внешних систем, куда наша организация входит как часть.

Начнем с рассмотрения специфики принятия внутренних решений лицом, входящим в некоторую организацию. Диапазон его решений в определенной степени ограничен его должностной инструкцией. Но какие решения на каком уровне иерархии должны приниматься? Желательная цель – минимизировать ве-

роятность принятия ошибочных решений. Подверженность ошибке – неизбежная особенность любого субъекта, на любом уровне управленческой иерархии. Отсюда следует вывод, что решение должно приниматься на том уровне, где сосредоточена максимальная информация о ситуации, требующей вмешательства. И это не обязательно уровень высшего руководства в организации, что и является основой необходимости делегирования властных полномочий на нижележащие уровни иерархии.

Такое перераспределение власти и ответственности может иметь разные формы. Например, нижестоящим предоставляется право вето на решения вышестоящих (продавец имеет больше информации о покупателях, чем директор магазина). Другой вариант реализован в авиакомпании SAS. Всем служащим, независимо от ранга, вменено в обязанность при получении просьбы, предложения или претензии от клиента, либо самим отреагировать соответственно, либо лично проследить, чтобы это было сделано должным образом соответствующей службой. Перекалывание ответственности на других запрещено.

Итак, стоит задача передачи права принятия решений на те нижестоящие уровни, которые наиболее компетентны в проблемной ситуации. Руководитель обычно неохотно идет на отдачу части своих полномочий подчиненным. Убедить его пойти на это можно несколькими способами. Главный – показать, что организация будет функционировать лучше, если предоставить работникам больше свободы в принятии решений. Работники в больших организациях обычно отчуждены из-за того, что у них нет права голоса, они не влияют на принятие решений, оказываются в значительной мере подобны роботам.

Другой важной особенностью внутренней среды организации для принятия решений является образованность работников. Чем более образованы работники, тем менее эффективно властное управление ими. Наглядным примером служат университеты, значительная часть работников которых имеют ученые степени. И никакой ректор не управляет университетом, решая, что и как должно преподаваться, как оцениваться, какие книги должны использоваться. Все важные для учебного процесса решения принимаются на нижних уровнях иерархии.

Еще один способ побудить высших руководителей делегировать полномочия подчиненным – ознакомить их с проблемами самого нижнего уровня, – пользователей. Руководители часто полагают, что их власть проявляется в том, чтобы выглядеть всезнающими и возвышенными; что общение с нижестоящими снижает их авторитет и статус; они часто и не желают знать, что происходит в самом низу. Полезный совет состоит в том, чтобы руководитель транспортной компании иногда ездил вместе с обычными пассажирами, директор магазина сам делал покупки в нем, и т.п. Например, самый долгодействующий ректор Томского университета, проф. Александр Петрович Бычков, лично посещал лекции всех профессоров, на всех факультетах ТГУ, хотя бы по одному разу.

Подытоживая тему принятия внутренних решений в организации, можно сказать, что современная тенденция развития менеджмента идет в направлении децентрализации управления, в переходе от административно-командного стиля руководства к партисипативному, соучастному, демократическому управлению. Хотя диктаторский стиль управления не исключается (например, в условиях войны, чрезвычайных ситуаций и т.п.).

Обратимся теперь к проблемам принятия решений, связанных с необходимостью взаимодействий с внешними управленческими структурами. Если внутренние проблемы связаны с оптимизацией распределения прав и обязанностей между подчиненными, что находится во власти менеджера, то отношения с внешними структурами чаще всего сводятся к испрашиванию решений вышестоящих руководителей по вопросам, существенным для нижестоящей организации.

Взаимодействия с социальными системами бывают двух типов: либо они дают нам возможность сделать или получить что-то, чего без их содействия мы не можем иметь, либо они предотвращают такую возможность. Иными словами, системы, с которыми мы взаимодействуем, расширяют или сокращают число наших допустимых действий: либо позволяют, либо запрещают что-то сделать. Хотя существуют системы, функционирование которых носит преимущественно

ограничительный характер (напр., тюрьма) или преимущественно расширительный (напр., библиотека), но многие совмещают эти функции (напр., школы, правительственные учреждения). Если некоторая система ориентирована на запреты, ее называют *бюрократической*.

Р. Акофф определил бюрократа как имеющего право сказать «нет», но не могущего сказать «да». Две причины есть для этого. Первая состоит в том, что в бюрократии «нет» не ведет к тому, что считается ошибкой, только «да» может сделать это. Поэтому лучшая стратегия, чтобы не совершить явных ошибок, – это отвергать предложения, не позволяя что-либо сделать. Бюрократ не может сказать «да», так как для этого он должен переадресовать запрос вышестоящему, чтобы не рисковать его неодобрением. Но это значит – признать ограниченность своей важности.

Вторая особенность бюрократии – установление единых нерушимых правил и ограничений, не допускающих исключений. Таким образом, бюрократы часто заняты тем, чтобы не давать другим что-то сделать. Они точно говорят, что следует делать, лишая исполнителя выбора, всякой инициативы. Нарушение инструкции – тяжкий грех; внимание и сочувствие к просителю – чужды бюрократу (так как повышает риск ошибки и последующего наказания).

Выводы. Мы рассмотрели лишь несколько задач теории выбора. Критерием отбора была их частая встречаемость в практике и предстоящее использование результатов в изложении технологии решения проблем. Читатель должен знать то, что они составляют лишь незначительную часть всех вариантов практики принятия решения, неполный список которых был порожден морфологическим анализом, проведенным в начале описания данного этапа. Например, столкнувшись с необходимостью выбора в условиях неопределенности, следует идентифицировать ее тип и обратиться либо к теории игр (при неопределенности незнания), либо к теории статистических решений (при стохастической неопределенности), либо к теории нечетких множеств (при расплывчатой неопределенности). При отсутствии неопределенности последствий сделанного выбора задачи решаются методами оптимизации. По каждому из этих вариантов имеется обширная

научная и учебная литература. Краткий обзор содержащихся в них идей и библиография есть в книге Ф.И.Перегудова и Ф.П. Тарасенко.

1.5.12. Этап двенадцатый. Реализация улучшающего вмешательства

После принятия решения о том, какое именно из улучшающих вмешательств следует осуществить (это итог предыдущего этапа), предстоит работа по реализации этого решения (это задача данного этапа). Но между принятием решения и его реализацией, как говорят, «дистанция огромного размера». Эта дистанция преодолевается планированием необходимых действий и их исполнением при слежении за ходом событий и внесении поправок в необходимых случаях.

Планирование конечных результатов было осуществлено на этапе 6 («Целевыявление»). Планирование способов ликвидации разрывов между целями и проблемным месивом было осуществлено на этапе 10 («Генерирование альтернатив»). Выбор вмешательства, подлежащего осуществлению, был сделан на этапе 11 («Принятие решения»). Теперь наступило время для планирования ресурсов, требующихся для реализации спроектированного вмешательства. На этой фазе планирования для каждого вида ресурса должно быть определено:

- 1) сколько его потребуется, где и когда;
- 2) сколько его будет в наличии в назначенных месте и времени;
- 3) что должно делаться в случае его нехватки или избытка.

Должны быть рассмотрены все виды ресурсов:

- 1) люди с их компетенциями и квалификацией;
- 2) здания и оборудование (капитальные затраты);
- 3) материалы по видам и объемам запасов, энергия (расходуемые вещи);
- 4) деньги;
- 5) информация;
- 6) время.

Следующая фаза в реализации вмешательства – организация исполнения решения. Это действие по сути является актом *управления*. В соответствии со сложившейся ситуацией применяется один из семи типов управления, описанных в

главе 4, или их подходящая комбинация в нужной последовательности. Обычно после реструктуризации (4-й тип) применяется регулирование (3-й тип) или преодоление сложности (2-й тип). В любом случае потребуется мониторинг текущего состояния дел, определение предположений и рисков (функция *контроля*). Кроме того, для обеспечения адаптивности к предстоящим переменам внутри и вовне системы потребуется создать подсистему обнаружения и исправления ошибок в ожиданиях и предположениях (функция *обучения*).

Определение предположений и рисков. Как бы хорошо ни был спланирован и подготовлен проект, реальные события не всегда происходят в соответствии с планом. Многие внешние факторы могут повлиять на ход осуществления проекта и при этом лежат вне нашего контроля. Поэтому необходимо включить это в перечень наших предположений.

Поэтапное продвижение по цепочке от постановки проблемы до ее решения происходит через верификацию предположений, встроенных в каждый этап: переход к следующему этапу, осуществляется, только если предыдущий считается успешно выполненным.

Одна из ролей системного аналитика состоит в идентификации таких внешних факторов и в том, чтобы по возможности встроить в проект либо противодействие им, либо осуществление отслеживания их влияния. Поэтому необходимо оценить вероятность и значение возможных обстоятельств, внося тем самым вклад в оценку рискованности проекта. Некоторые из них будут существенными для успеха проекта, другие – малозначимыми. Можно предложить алгоритм работы с предположениями (рис. 1.19).

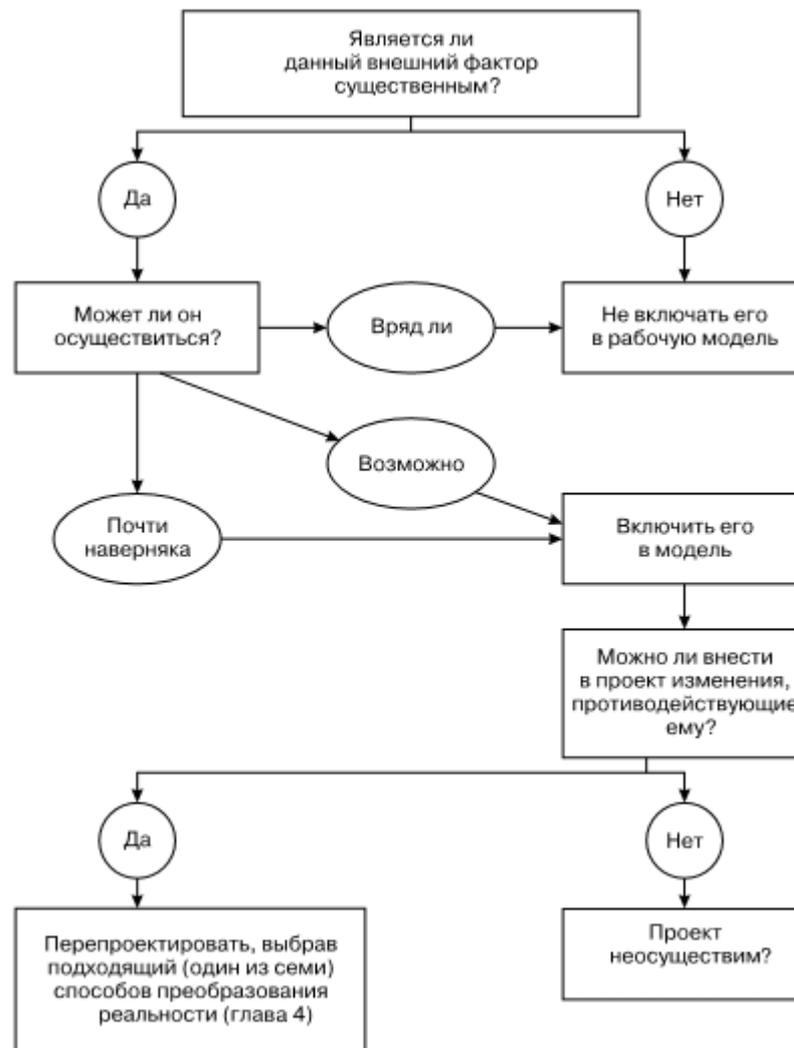


Рис. 1.19 Алгоритм работы

Для наглядности приведем примеры возможных предположений в случае решения социальной проблемы:

- местные организации будут сотрудничать в планировании нашей работы;
- нужные кадры определены и наняты – местные и приглашенные;
- отправленные на учебу кадры вернулись для участия в проекте;
- в бюджет внесены необходимые поправки;
- руководящие органы выполнили предварительные условия спонсоров проекта.

В целом этот этап – менеджмент.

Практика показывает, что дистанцию от принятия решения до его реализации далеко не всегда удастся пройти успешно. Естественны старания собрать и обобщить опыт успехов и неудач в достижении поставленных целей. Эти старания

привели к образованию целой дисциплины, современному учению о *менеджменте*.

Близость менеджмента к системному анализу сегодня так велика, что автор вот уже ряд лет читает в Томском госуниверситете лекции по менеджменту (после курса прикладного системного анализа), пропагандируя взгляд на менеджмент как на приложение системного анализа к проблемам управления людьми в организации, а на менеджера – как на «системного аналитика с постоянным местом работы».

Не станем описывать (даже в сокращенном виде) все практические открытия, эвристические догадки и теоретические построения, составляющие достижения современного менеджмента. Они изложены в многочисленных учебниках по этому предмету. Вместо этого обратим внимание на то, что в технологии самого системного анализа встроены меры, способствующие успеху заключительного этапа. Эти меры распределены по всем этапам прикладного системного анализа, но нацелены на обеспечение успешной реализации принятого решения на последнем этапе.

Ключевым моментом, сутью всей идеологии прикладного системного анализа является стремление к идеалу улучшающего вмешательства. Это и ведет к необходимости на каждом этапе анализа осуществлять специальные меры, последствия которых скажутся положительно на последнем этапе.

Первой такой мерой является **необходимость участия стэйкхолдеров**. На этапах выявления проблемного и целевого месива мы уже говорили о необходимости вовлечения в анализ самих стэйкхолдеров (или их лучших представителей). Тогда мы объясняли это тем, что только они являются источником полной и надежной информации об их собственных мнениях и интересах и что эта информация необходима для построения адекватных моделей, на которых будет базироваться улучшающее вмешательство. Это, конечно, важная, но не единственная, и даже не главная причина. Есть еще два не менее важных основания для этого.

Одно из них – встроенность в процедуру прикладного системного анализа *обучения* стэйкхолдеров системному анализу. Системный аналитик в корне отличается от эксперта-консультанта. Последний, столкнувшись с проблемой клиента, видит свою задачу в том, чтобы собрать симптомы, поставить диагноз и выписать рецепт, как врач пациенту. Системный аналитик видит свою задачу не только в том, чтобы вызнать у стэйкхолдеров нужную информацию (аналитик знает, какие вопросы задавать, а ответы на них знают только стэйкхолдеры), но и в том, чтобы путем поощрения и создания подходящих условий сделать других способными справляться со своими проблемами более успешно, чем это они могли сами без его помощи. Системный аналитик больше похож на учителя, чем на врача.

Учитель не может учиться вместо своих учеников: ученики должны учиться сами. Задача учителя – предоставить учащимся возможность изучить больше и быстрее, чем это они могут без его помощи. При этом участие стэйкхолдеров в самом процессе анализа реализует наиболее эффективный способ обучения: не «на слух» и не «наблюдая», а «делая сам». Таким образом, прикладной системный анализ – это прежде всего развивающий образовательный процесс (и не только для стэйкхолдеров, но и для самого аналитика).

Но поскольку для развития необходимо обучение, а учиться вместо других невозможно, то и развивать других невозможно. Единственный путь развития – это саморазвитие. Можно оказать поддержку и помощь развитию других, но только при их участии. В этом и состоит причина необходимости вовлечения стэйкхолдеров в процесс системного анализа их же собственного проблемного месива. Трудности добиться этого – не повод для того, чтобы не делать этого.

Другое важное основание для этого – тот факт, что практически осуществлять спроектированное улучшающее вмешательство будет не системный аналитик, а сами стэйкхолдеры: именно в их распоряжении находятся необходимые ресурсы, властные полномочия, кадры, финансы и т.д.

При осуществлении планов неизбежно появятся разнообразные трудности, столкнувшись с которыми, одни опускают руки («объективные препятствия

сильнее нас»), другие всячески стараются преодолеть или обойти их. И решающим фактором здесь часто оказывается то, чье решение (чужое или свое) должен выполнить человек: он более настойчив, упорен, активен в осуществлении своих собственных целей. («Кто хочет добиться цели – ищет средства и способы, кто не хочет – ищет причины» – известный афоризм в среде руководителей.) Именно поэтому так важно добиться того, чтобы те, кому придется воплощать в жизнь проект улучшающего вмешательства, хотели бы этого. Надо, чтобы они чувствовали себя авторами или соавторами проекта, т.е. были участниками его разработки.

Особенно важно сделать участниками анализа и действительными разработчиками, авторами проекта вмешательства первых лиц *проблемосодержащей и проблеморазрешающей систем*. Это настолько важно, что при невозможности вовлечь этих руководителей в работу над проблемой шансы на конечный успех резко снижаются (Р. Акофф даже считает, что они падают до нуля, и рекомендует отказаться от заключения контракта).

Следующей мерой повышения вероятности успеха является **обеспечение добровольности участия**. Даже если удастся собрать стэйкхолдеров (или их представителей) для участия в разработке способа решить проблему (улучшающего вмешательства), это еще не гарантирует их активной и эффективной работы. Много факторов влияет на то, насколько полно стремится человек реализовать свои возможности в работе над поисками решения. Р. Акофф считает, что самым существенным фактором является добровольность участия субъекта в совместных усилиях (если участие не является *добровольным*, оно не может быть эффективным).

Как лучше всего достичь добровольного участия стэйкхолдеров? Осмыслив опыт своей богатой практики системного аналитика – решателя проблем, Р. Акофф отмечает, что они тем охотнее участвуют в усилиях по разработке улучшающего вмешательства, чем более они уверены в выполнении трех условий:

- 1) их участие действительно будет влиять на полученные результаты;
- 2) участие будет интересным и приятным делом;

3) полученные результаты действительно будут внедрены.

Кратко поясним, на чем основаны эти условия и как их можно выполнить.

Как создать уверенность, что участие будет что-то значить? Наиболее полно это условие реализуется, если каждый из участников будет чувствовать себя равноправным в принятии решений. Например, если решения принимаются большинством голосов и таким большинством обладает одна из заинтересованных сторон, то остальные стороны вряд ли будут участвовать в работе добровольно. Укрепить уверенность в реальном влиянии на ход дискуссии можно гарантией, что мнение каждого обязательно будет учтено. Такую гарантию обеспечивает принятие решений в ходе анализа только единогласно.

Как сделать участие удовольствием? Есть несколько способов сделать это: поощрение юмора и доброжелательной атмосферы, введение развлекательных элементов в работу, придание серьезной работе формы игры, а главное – побуждение к воображению и творчеству, которые сами по себе возбуждающи и приятны. Характерные примеры – мозговой штурм и идеализированное проектирование (описанные нами ранее), вызывающие глубокое чувство соавторства.

Как представить внедрение реализуемым? Одним из главных условий повышения уверенности стейкхолдеров в том, что они работают не «на полку», – участие первых лиц систем, вовлеченных в проблемную ситуацию, прежде всего проблемосодержащей и проблеморазрешающей систем. Иногда добиться этого бывает нетрудно, но часто требует серьезных усилий.

Вероятность того, что эти лица впоследствии будут активно бороться за реализацию принятых решений, повышается, если работе сопутствуют некоторые обстоятельства.

Например, Р. Акофф отмечает, что внедрение более вероятно, если за разработку рекомендаций было уплачено («похоже, что люди не очень ценят то, что достается бесплатно»). Даже в случаях, когда достойный клиент не в состоянии оплатить нужные ему исследования, выход состоит в поиске спонсоров (различные фонды, государственные и муниципальные власти, жертвователи, меценаты и т.д.).

Далее, большое значение для обеспечения участия первого лица имеет интерес его окружения (как его руководителей, так и подчиненных и других лиц, чье мнение для него значимо) к факту его участия. Здесь могут помочь усилия по информированию общественности, различные PR-технологии.

Особо важное значение Р. Акофф придает отношениям доверия между руководителем и системным аналитиком, он даже считает такое доверие абсолютно необходимым для внедрения результатов.

Руководителю организации, вовлеченной в системный анализ, необходима уверенность в том, что и он сам лично, и его организация выиграют от внедрения результатов исследования. Словесных заверений о разработке улучшающего вмешательства недостаточно, нужно доверие к системному аналитику, подобное тому, которое испытывают к друзьям. Высшая степень доверия есть дружба. Мы верим, что друг будет действовать в наших лучших интересах, даже если при этом он может сам как-то пострадать. Поэтому совету друзей, как бы плох он ни был, человек последует скорее, чем совету врагов, как бы хорош он ни был. Дружественные отношения с аналитиком обеспечивают руководителю ощущение собственной защищенности.

Есть несколько приемов, способствующих созданию если не дружественной, то доверительной атмосферы между ними.

В контракт на работу включается условие, что любая сторона имеет право прекратить работу в любое время без объяснения причины. Это дает руководителю гарантию, что если в ходе работы возникает опасение, что ее продолжение может повредить его интересам, он может это предотвратить. (Р. Акофф отмечает, что в его практике этот пункт никем никогда не использовался, но имел важное психологическое значение. Мои попытки ввести такой пункт в контракт с российскими клиентами кончались тем, что руководитель настаивал на декларируемом праве только для себя.).

Системный аналитик берется обучить работников исследуемой организации умению в дальнейшем самим проводить системный анализ. Это повышает жизнеспособность организации и положительно воспринимается руководителем.

Системный аналитик не только не ждет и не требует признания своих заслуг в достигаемых успехах, наоборот, он всячески подчеркивает заслуги других участников (что, кстати, немало способствует росту его авторитета).

Системный аналитик открыто провозглашает и твердо соблюдает требования к своей профессиональной деятельности (гарантия доступа к любой необходимой информации – с обязательством соблюдения конфиденциальности; гарантия доступа к руководителям организаций, вовлеченных в проблемную ситуацию; гарантии научной и деловой добросовестности; соблюдение профессиональных, моральных и этических норм).

Системный аналитик должен открыто и искренне проявлять уважение к интеллекту руководителя.

Еще одной мерой повышения вероятности успеха преобразования организации с помощью системного анализа является учет особенностей человеческих существ. Главным отличием социальных и социотехнических систем от других природных и искусственных систем является вхождение в них людей как самых существенных компонентов. Люди обладают многими свойствами, присущими только субъектам, в отличие от остальных объектов реального мира, прежде всего – способностью оценивать свои взаимодействия с окружающей средой, и при этом иногда ошибаться. При решении проблем организаций приходится сталкиваться с этими особенностями и принимать меры к преодолению их негативного влияния на проектирование и осуществление улучшающих вмешательств.

Таких особенностей несколько, и они таковы, что Дж. Уорфил даже называет их *патологиями*. Следует различать такие особенности для разных человеческих существ – для отдельного индивида, для группы из нескольких человек и для коллектива работников некоторой организации, который по численности превышает то, что мы обычно называем «группой». Патологии индивида могут влиять на поведение группы, патологии группы могут влиять на поведение индивида. И все они вместе или по отдельности могут сказаться на результативности усилий по преобразованию организации, на успешности решения проблем.

Предлагается в ходе работы по системному преобразованию организации действовать с учетом следующих патологий.

Индивидуальные особенности. *Инстинкт самосохранения.* (Instinct for Survival). Присущий каждому живому существу, он в различных формах сказывается на поведении индивида в группе или организации. Представляется, что этот инстинкт может блокироваться, если индивид верит в то, что все дела, в которых он участвует, могут адекватно исполняться только общими усилиями. При отсутствии такой веры, инстинкт самосохранения проявляется в любых действиях индивида. Например, типичным проявлением этого инстинкта менеджерами является боязнь риска в принятии решения. Для действительно трудных проблем не существует единственно верного решения. Менеджеры предпочитают ситуации с одним правильным решением, так как это снижает риск совершить ошибку. По ходу дел может выясниться, что не все получается так, как хотелось. Значит, принятое решение было ошибочным. Но многие менеджеры не желают, не могут признать этого. Они ищут виноватых вокруг себя. А ведь очень ценным является признание своей ошибки и смены курса в решении проблемы. Ошибки являются не неудачами, а источником обучения и развития.

Предел внимания (Processing Limit, «магическое число»). Установлено, что человек может удерживать в поле своего внимания одновременно лишь небольшое число идей или объектов. Это магическое число разные авторы определяют поразному: «семь плюс-минус два», «скорее пять, чем семь», и оценивают даже «только три». Главным отличием гениальных личностей называют способность одновременно оперировать с девятьюодиннадцатью идеями. В любом случае способность человека оперировать с многими объектами ограничена их небольшим количеством. И это существенно определяет возможные масштабы разнообразных действий человека (количество подчиненных менеджера; размерность моделей, удобных в работе; и т.д.).

Групповые особенности. *Кланомыслие* (Clanthink). Этим термином обозначается ситуация, когда все члены группы верят в одно и то же ложное утверждение. Историческими примерами являются прошлые периоды, когда все считали,

что Земля плоская, и что кровопускание является универсальным лечебным средством; или что Солнце обращается вокруг Земли. Единственным способом преодолеть кланомыслие является создание условий, при которых группа на собственном опыте убедится в неверности общепринятого мнения.

Группомыслие (Groupthink). Это действительно патологическое состояние группы, при котором ее члены придерживаются общего мнения несмотря на очевидные и общеизвестные факты, явно ему противоречащие. Группомыслие проявляется в следующих формах:

- члены группы испытывают сильный дискомфорт, если некий диссидент высказывает возражения против общего мнения;

- давление группы лишает индивида самостоятельности мышления, побуждает его к единомыслию; критическое мышление подавляется;

- нормой поведения является демонстрация лояльности даже при очевидной неверности политики и нежелательности ее последствий, несмотря на угрызения совести;

- двойная мораль: разное отношение к «нашим» и «чужим»; гуманное и благородное отношение к нашим, и иррациональная жестокость к чужим, игнорирование этики и морали при достижении цели (пример – атомные бомбардировки японских городов американцами);

- добровольный отказ от своих сомнений во имя консенсуса;

- иллюзия собственной неуязвимости, «сверхоптимизм», несмотря на цепь неудач и провалов;

- иллюзия единодушия («Молчание – знак согласия»); консенсус считается доказательством правильности.

Главным средством преодоления группомыслия является создание условий для выражения разных мнений, поощрение критики, открытость для информации с нижних уровней организации и извне, включая сигналы от соперников и противников, и учет всей этой информации для принятия решений.

Разномыслие (Spreadthink). Это факт различия оценок членами группы одной и той же проблемной ситуации. Он в явной форме тщательно исследуется в ходе формирования проблемного месива.

Недомыслие. Любая группа, собравшаяся совместно достичь цели, может делать это эффективным и продуктивным способом либо пойти трудным, медленным путем к незначительным результатам. Последнее является патологией.

Наглядным примером этого служит деятельность многих комиссий (комитетов), создаваемых для рассмотрения некоторой проблемы. Ряд обстоятельств (намеренных и неосознаваемых, внутренних и внешних для комиссии) часто приводит к тому, что результаты работы комиссии ничтожны. Р. Акофф по этому поводу вполне серьезно шутит: «Объем полезных результатов, вырабатываемых комитетом, убывает по мере увеличения самого комитета. Следовательно, оптимальное число членов комитета равно нулю. Функция комитетов состоит не в том, чтобы принимать решения, а чтобы оттянуть их принятие достаточно надолго, пока обсуждаемый вопрос не отпадет сам собой. Комитет ценится тем выше, чем больше времени и денег ему требуется для того, чтобы не прийти ни к какому заключению, и чем объемнее отчет о том, как они к этому пришли». Мету борьбы с этой патологией Р. Акофф видит в том, чтобы тот, кто проводит заседания комитета, сам оплачивал время тех, кто присутствует на них. Хотя бывает и так, что комиссия создается специально для оттягивания решения.

Особенности организаций. В результате того, что в организациях устанавливаются структуры подчиненности иерархического типа, в них возникают и дополняют к личным и групповым, специфические «патологии», которые необходимо преодолевать при системном преобразовании организации. Патологии в иерархии возникают по двум причинам.

Первая заключается в том, что вышестоящие в иерархии менеджеры испытывают чувство превосходства по отношению к нижестоящим работникам. Это чувство приводит к недооцениванию или даже отвержению любых улучшающих предложений со стороны подчиненных. Меры по преодолению этой патологии видятся во введении в воспитание, образование, подготовку руководителей –

привития им способности поддерживать любые действия подчиненных, повышающие эффективность их работы. По мере усложнения ситуации наступает время осуществления перемен. В том числе – перемен в деятельности самых малых групп в организации, о которых высшие слои руководства часто вообще не задумываются. Такая ситуация нуждается в менеджерах (собственных или привлекаемых извне), которые знают, как преодолевать сложность с помощью эффективных соучастных, партисипативных методик, противодействуя персональным и групповым патологиям.

В частности, необходимо воспитать у руководителей чувство *восприимчивости к инновационным предложениям подчиненных*.

Вторая причина возникновения патологий в иерархии состоит в том, что и сами нижестоящие испытывают чувство приниженности, зависимости от вышестоящих. Например, во время совещания его участники почти всегда ждут, пока не выскажется главный руководитель. После этого выступающие стараются не слишком противоречить сказанному. Из-за этого не рассматриваются конкурентоспособные альтернативы. Противодействие этому может состоять в предоставлении слова руководителю в конце дискуссии, и не для принятия решения, а для внесения дополнительных вариантов для последующего обсуждения всех предложений.

Итак, причины организационных патологий в иерархии лежат в том, что со стороны верхов – это боязнь утратить контроль, а со стороны низов – боязнь сделать что-нибудь не так. Результат: неэффективность, удушение творчества.

Противоядие – движение в сторону партисипативного менеджмента: «Чего мы хотим добиться?», «Чем мы можем помочь друг другу?»

Практика показывает, что обе эти патологии преодолимы методом системного анализа, кроме одной – высокомерия и неприятия со стороны высшего руководства. Единственный способ исправить такую ситуацию – замена руководителей людьми, осознающими роль патологий, в том числе и собственных.

Еще один тип организационных патологий связан с тем, как в организации относятся к ошибкам исполнителей.

Сделать что-то правильно – значит лишь подтвердить то, что уже известно; на этом нельзя научиться. А вот на совершаемых ошибках можно учиться, если их признавать и исправлять. Но в большинстве организаций совершение ошибок не одобряется и даже наказывается. Это блокирует развитие.

Есть два типа ошибок. Ошибки совершения состоят в том, чтобы сделать то, чего не следовало делать. Ошибки несовершеня состоят в том, чтобы не делать того, что должно было быть сделано.

Ошибки несовершеня более серьезны, чем ошибки совершения, потому что (кроме других причин) их часто невозможно или очень трудно исправить. Это утраченные возможности, которые уже никогда не удастся вернуть. И организации чаще терпят крах от того, что они чего-то не сделали, нежели от того, что они сделали (пример – компартия СССР).

Тем не менее ошибки несовершеня редко фиксируются и еще реже наказываются. Поэтому исполнителей наказывают за совершение чего-то, чего не следовало делать, но они не несут ответственности за то, что они не сделали того, что надо было сделать. Поскольку наказываются только ошибки совершения, оптимальной стратегией менеджера, стремящегося к собственной безопасности, является избавление от них, вплоть до ничегонеделания. Наиболее успешные руководители – те, кто создает видимость бурной деятельности, не делая ничего. В этом и заложены корни несклонности организации к переменам.

Осуществление перемен вовне требует перемен в самом себе. Начиная с третьей главы, мы неоднократно подчеркивали, что любая деятельность субъекта осуществляется с помощью подходящих моделей, обеспечивающих данную деятельность необходимой информацией. Нужные в данный момент модели извлекаются из совокупности врожденных и приобретенных субъектом моделей, образующих его «мир моделей», «культуру» субъекта. Таким образом, успешность деятельности, качество полученного результата существенно зависят от культуры субъекта. Это, конечно, относится и к управленческой деятельности, в том числе и к решению проблем, т.е. к вмешательству в реальность и к изменению поведения людей, вовлеченных в проблемную ситуацию.

Изменение поведения субъекта оказывается трудным делом, даже для субъекта индивида, даже если такое изменение является для него вопросом жизни или смерти. Например, исследования обнаружили, что после операции по шунтированию сосудов сердца лишь 12% пациентов меняют свои привычки на более здоровый образ жизни, снижая вес и занимаясь физкультурой. А что же тогда говорить о трудностях изменения поведения субъекта-организации, состоящей из множества индивидов.

Продвижение в этом вопросе дали изыскания в области психологии людей, исследования выявили психические особенности субъектов, побуждающие их сопротивляться одним формам управленческих воздействий со стороны руководителя и подчиняться другим. Выводы можно сформулировать следующим образом.

Перемены болезненны. Почему люди так упорно сопротивляются переменам, даже если они делаются в их собственных интересах? Одна из причин состоит в том, что изменения требуются не только в окружающей среде, но и в системе моделей индивида (т.е. в его культуре).

После достаточно длительной практики вождения автомобиля, люди начинают водить «не думая»: новые модели, обеспечивающие это, спускаются на подсознательный уровень организации действий. Оказавшись в стране с левосторонним движением, человек вдруг испытывает серьезные трудности вождения машины. Некоторые даже отказываются садиться за руль в чужой стране. Похожая ситуация возникает при переходе от управления машиной с автоматической коробкой скоростей на ручное управление.

И такая же стрессовая ситуация возникает при любых стратегических или организационных изменениях: возникает необходимость перехода от привычных, отработанных рабочих процедур взаимодействия работников, к новым, непривычным, требующим усиленного напряжения ума. В результате чисто животного инстинкта, вызывающего тревогу при расхождении ожиданий и реальности, многие люди испытывают при этом стресс и дискомфорт разной силы и – делают

все, чтобы избежать перемен. Руководители, осуществляющие перемены в организации, должны учитывать, что одни и те же события по-разному воспринимаются людьми на разных уровнях организационной иерархии, т.е. они испытывают разные стрессы на данное изменение.

Бихевиоризм не всегда срабатывает. Открытые Павловым на собаках условные рефлексы были в 1930-х годах обобщены Б. Скиннером на людей в форме бихевиоризма – теории управления организацией на основе поощрений и наказаний («кнута и пряника», «морковки и палки»). Такая методика широко распространена как в рутинной практике руководства, так и при осуществлении обновляющих преобразований. Однако психологи обнаружили, что сигналы, предназначенные для возбуждения нужного отклика через условный рефлекс, применительно к людям срабатывают не всегда однозначно. Например, менеджер может делать выговоры тем, кто всегда опаздывает к началу заседаний. Это может пристыдить их и иметь временный эффект, но при этом переключает их внимание с сути дела на проблемы, вызывающие запаздывания. Другой менеджер может предпочесть вознаграждать в какой-то форме тех, кто появляется вовремя. Но при этом опаздывающие испытывают неприятные тревожные эмоции, не способствующие делу.

Гуманизм переоценивается. В 1950-1960-х годах большой приоритет в психологии приобрели гуманистические тенденции, фокусирующие внимание на личности, эмоциональные потребности и ценности. Эта психология предписывала оказание помощи в реализации личного потенциала через самоактуализацию, проявление скрытых возможностей и устремлений. От практики поощрений и наказаний перешли к сочувствию, соучастию, проникновению в личные проблемы субъектов и переходу к практике холистических решений проблем. Это осуществляется путем создания в группе доверительных отношений и взаимопонимания, осознания необходимости и ценности изменений.

Инстинктивное стремление всех живых организмов к сохранению равновесия и уклонение от перемен (гомеостазис) – одна из причин сопротивления любым

изменениям. Эффективный способ преодолеть такое сопротивление – вовлечение стейкхолдеров в проектирование изменений для самих себя, организация этого процесса системным аналитиком с помощью специальных технических приемов (facilitating), помогающих участникам самим вырабатывать свои решения.

Решающим в этом является концентрация внимания на ожидании перемен и поощрительной обратной связи. Примером того, как ожидания создают реальность, может служить эффект плацебо: заверьте пациента, что он принял болеутоляющее средство, и он на самом деле почувствует облегчение, хотя пилюля была совершенно нейтральна. Главное заключается в том, чтобы переключить внимание с проблемы на ее решение, побудить людей самим искать это решение, сконцентрировать их внимание на творческой стороне этих поисков. Методика идеализированного проектирования Р. Акоффа является наиболее последовательной реализацией этих идей.

Роль этики в системном анализе. Изложенное выше в данном параграфе частично является вольным пересказом «теории системной практики» Р. Акоффа, выдающегося американского системного аналитика, эмеритус профессора Пенсильванского университета.

Представляется интересным упомянуть еще один раздел теории практики Р. Акоффа, посвященный вопросам этики, морали и нравственности – категориям, неизбежным в любой деятельности и в системном анализе тоже.

С одной стороны, системные исследования имеют много общего с «обычными» научными исследованиями. Исполнитель должен быть добросовестным, честным, объективным, преданным истине, требовательным к своей компетентности, соблюдать нормы общения с коллегами по профессии. С другой стороны, в системном анализе, кроме истин фактических («объективных», «научных»), необходимо учитывать много субъективных факторов: персональные человеческие ценности, психологические аспекты отношений между людьми, индивидуальные оценки реальности и т.д. Эти факторы слабо изучены, далеки от строгой

формализации, чрезвычайно специфичны для каждого человека, что заметно усиливает значение этических аспектов в поведении системного аналитика.

Например, одна из опасностей («ловушек») в системном анализе состоит в навязывании системным аналитиком своего мнения стэйкхолдерам, в том числе и лицу, принимающему решения. Этика поведения системного аналитика состоит в том, чтобы не быть «серым кардиналом», т.е.:

- не скрывать альтернатив, которые почему-либо не нравятся ему самому; доводить и такие альтернативы до сведения лица, принимающего решения;
- то же самое относительно альтернатив, которые возможно или даже заведомо не понравятся лицу, принимающему решения;
- явно сообщать предположения, лежащие в основе полученных заключений;
- обращать внимание лица, принимающего решения, на устойчивость или чувствительность альтернатив к изменениям условий.

Особый вопрос – неизбежность компромиссов и пределы их допустимости. Идея улучшающего вмешательства может быть выражена и в такой форме: целью является не поиск истины, не выяснение, кто прав, а кто не прав; целью является достижение согласия между всеми.

Реализация улучшающего вмешательства неизбежно потребует поиска компромиссов. Простым примером может служить случай, когда заказчик настаивает на включении в рабочую модель детали, которую он считает существенной, а аналитик имеет противоположное мнение. Для создания благоприятной психологической атмосферы аналитик должен согласиться с клиентом, хотя при этом, возможно, совершается ошибка первого рода.

Однако компромиссы далеко не всегда столь безболезненны и столь позволительны. Системный аналитик оказывается перед этическим выбором, когда его принципы противоречат принципам заказчика. Некоторые этические правила для системного аналитика в такой ситуации были предложены Дрором:

- не работать на клиента, не дающего доступа к нужной информации;
- не выполнять анализ только для обоснования уже принятого решения;

– не работать на клиента, чьи цели и ценности противоречат гуманистическим ценностям и собственным убеждениям аналитика.

Категоричность этих правил в реальности иногда наталкивается на так называемые «сложности жизни». Этика – вообще дело не принудительное, а добровольное.

Например, известный кибернетик С. Бир выполнял системные исследования проблем управления экономикой Чили по заказу правительства Альенде, но отказался работать по приглашению Пиночета, хотя ему после этого пришлось принять меры личной безопасности.

Однако на одной международной конференции по системному анализу было высказано мнение, что не стоит абсолютизировать такую бескомпромиссность. Аргумент был таков: заказчик заведомо знает, что его и ваши этические установки противоречивы. Обращаясь к вам, он тем самым проявляет готовность в чем-то изменить свои установки. Почему бы не использовать возможность улучшения этики клиента? «Представьте себе, что священники отказались бы иметь дело с грешниками; тогда церкви было бы нечего делать». Докладчик привел пример решения проблемы рэкета мелких лавочников путем найма ими охранников из числа рэкетиров.

Конечно, мои симпатии на стороне С. Бира, а не тех, кто предложил привлечь самих бандитов к решению проблемы рэкета. Но как я поступлю, если ко мне придут преступники и предложат выбор: либо я помогаю им решить их проблему за большое вознаграждение, либо они начнут терроризировать мою семью? Молю Бога, чтобы у меня хватило нравственных сил последовать примеру С. Бира.

Контрольные вопросы

1. Сущность системного анализа.
2. Свойства систем.
3. Факторы и принципы принятия решений.
4. Алгоритм принятия решений.
5. Методологические основы теории принятия решений.
6. Системный подход, философская сущность системного подхода.
7. Методы поиска решений: логика, математический подход.

8. Методы интенсификации мыслительного процесса.
9. Почему необходимо документально зафиксировать проблему клиента?
10. Почему не следует приступать к решению проблемы сразу после ее фиксации?
11. Кто такие «стейкхолдеры»?
12. Значит ли то, что в дальнейшем мы будем учитывать интересы только «стейкхолдеров», т.е. что интересы «нестейкхолдеров» вообще никак не будут учтены?
13. Запомнили ли вы подсказки, способствующие составлению более полного списка «стейкхолдеров»?
14. Что называется «проблемным месивом»?
15. Что является динамическим вариантом проблемного месива?
16. Почему не следует решать проблему клиента в отрыве от проблемного месива?
17. Что значит «работать с проблемным месивом как с целым»?
18. Как решаются трудности, возникающие при недоступности части стейкхолдеров?
19. Почему необходимо определить конфигуратор?
20. Как можно определить конфигуратор отдельного стейкхолдера?

2. МЕТОДОЛОГИЯ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА: ЛОГИКА ПРОЦЕССА РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ

2.1. Принципы системного анализа и принятия решений

Анализ принципов можно начать с рассмотрения примеров задач управления инновационной деятельностью, которые будут иллюстрированы задачами управления содержанием образования.

2.1.1. О проблемах управления инновационными преобразованиями.

В соответствии с основными положениями общей теории управления в системах управления выделяются *«объект управления»* и *«управляющая среда»*. Применительно к инновационной деятельности **«система управления»** определяется как совокупность взаимосвязанных элементов – объектов, целей, функций, организационных структур управления, методов управления, персонала кадров управления и подсистем управляющей системы, разрешающих инновационные проблемы на целевом, структурном, алгоритмическом и других уровнях.

При управлении инновационной деятельностью необходимо определить **«критерии инновационности»**, которые должны быть определены с целью задания отличий инновационной деятельности от классической исследовательской деятельности. Инновационную деятельность можно определять, как деятельность, позволяющую создать объекты инноваций в сферах науки, техники или технологий, которые отличаются инновационными качествами от известных объектов по законам, явлениям, принципам или методам функционирования, позволяющим формировать объекты с принципиально новыми или существенно лучшими качественными свойствами. Таким образом, к «критериям инновационности» можно отнести совокупность новых законов, явлений, принципов или методов, использованных для создания новых объектов с качественно или количественно новыми свойствами.

К объектам инновационной деятельности можно отнести исследования в области наноматериалов и нанотехнологий, когда очевидными являются новые физические уровни рассмотрения явлений и свойств материалов в различных областях техники и технологии. К этому классу относятся исследования по созданию квантовых вычислителей.

Отдельные компоненты системы управления взаимодействуют между собой и участвуют в том или ином виде в процессе взаимодействия на объекты управления (управляемые подсистемы) для достижения главной, основных и других целей системы. Как следует из этого определения, целесообразно вводить различные типы структур инновационной деятельности – иерархические, матричные (сетевые) и другие типы.

При управлении инновационной деятельностью можно использовать распространенное понятие «**дерева целей**», которое представляет собой структурированную и построенную по иерархическому принципу (ранжирование по уровням) совокупность целей системы, программы, плана, в которых выделены: главная цель («вершина дерева»), подчиненные ей подцели первого, второго и других уровней («ветви дерева»). Нетрудно видеть, что данное определение включает наряду с целями и средства их достижения.

Целесообразно иметь в виду, что в ряде случаев анализа и исследования систем управления инновационной деятельностью возможно использование обобщенного понятия «**дерева целей и средств**», когда на каждом иерархическом или сетевом уровнях выделены уровневые цели и уровневые средства. Это позволяет рассматривать характеристики систем в рамках некоторых «**парных характеристик**», «**триадных характеристик**» или в виде «**n-арных характеристик**».

В исчерпывающей совокупности эти элементы можно представить в виде «триадной» характеристики – «*дерева целей, дерева средств и дерева результатов*», которые в исчерпывающей совокупности описывают ситуации при анализе и исследовании инновационных систем. Далее эти качественные характеристики будут иллюстрированы конкретными примерами.

2.1.2. Определения и методология исследования систем управления инновационной деятельностью.

Для анализа систем управления инновационной деятельностью весьма важно иметь общие определения и выделить этапы стратегического управления инновационной деятельностью – определение миссии как заявления о предназначении, цели, анализ, выбор стратегии и тактики управления, реализация стратегии и тактики управления, корректировка стратегии и тактики управления. Необходимо определить структуры управления инновационной деятельностью: функционально-иерархического, линейно иерархического, сетевого, матричного и других типов.

Решение задач анализа и исследования систем управления инновационной деятельностью требует введения целого ряда определений, которые с учетом их общности позволят сформулировать общие методы анализа независимо от содержательных назначений инновационных процессов. При этом будут использованы абстрактные модели, аксиоматические предположения, которые требуются для построения моделей при сохранении математической, физической и других аналогий. Необходимы также понятия, которые используются далее при изучении методов системного анализа и синтеза инновационных процессов. Эти понятия определяют основные категории, используемые при создании инновационных технологий.

Абстракция (от лат. abstractio – отвлечение) представляет собой мысленный процесс отвлечения от некоторых свойств и отношений рассматриваемых объектов, которые рассматриваются при проведении исследования как несущественные и второстепенные.

Аксиома – это исходное положение или утверждение, принимаемое без доказательства и лежащее в основе других положений научной теории или взаимодействия субъектов и объектов управления.

Анализ – всестороннее рассмотрение и метод научного исследования путем рассмотрения отдельных сторон, свойств, составных частей процесса (явления) или составную часть любого исследования, а также функции управления.

Аналогия (от греч. *analogia* – сходство, соответствие) – умозаключение, позволяющее на основе сходства или подобия двух объектов по некоторым их свойствам и отношениям сделать соответствующие вероятностные выводы.

Апостериори и априори (от лат. *a posteriori* – из последующего и *a priori* – из предшествующего) – философские категории, служащие для обозначения полученных из опыта (апостериори) и предшествующих ему (априори) знаний.

Аргументация (от лат. *argumentation* – приведение аргументов) – способ убеждения на основе суждений и доказательств какого-либо определенного тезиса.

Верификация (от лат. *verificatio* – подтверждение, доказательство) – процесс установления истинности научных утверждений путем их эмпирической проверки.

Гипотеза – предварительное и предположительное научное представление о познаваемом объекте исследования, основанное на ранее полученных данных и знаниях.

Дедукция (лат. *deductio* – выведение) – умозаключение, основанное на логике и здравом смысле от общего к частному, то есть от общих рассуждений и посылок к частным или другим общим выводам.

Идеализация – мысленный процесс создания идеальных объектов посредством изменения свойств реальных предметов.

Индукция (от лат. *inductio* – побуждение, наведение) – умозаключение, основанное на логическом рассуждении и здравом смысле от единичных, частных положений, явлений и фактов к общим выводам и обобщениям.

Интуиция (от лат. *intuitio* – пристальное всматривание, созерцание) – способность непосредственного постижения истины без логического обоснования и доказательства.

Исследование – научный труд, вид научной деятельности; научное изучение и процесс познания; процесс изучения какого-либо объекта и получения на этой основе новых знаний о нем.

2.1.3. Системный подход и системный анализ.

В основе методов анализа и исследования систем управления лежит *принцип идеализации* как мыслительный процесс создания идеальных объектов посредством изменения свойств реальных предметов. Идеализированные свойства систем управления формализуются в виде комплекса *системно-аналитических технологий*, включающих философские, математические, физические, химические и другие технологии, адекватные модели и методы системного анализа и принятия решений.

Важными элементами исследования являются подходы, основанные на декомпозиции и агрегировании. **Декомпозиция** – аналитический или численный метод исследования на основе разделения сложного целого (систем, подсистем и т.п.) на более простые составные части, используя для этого определенные критерии.

В системном анализе широко используется «*триадные модели*» (триады), включающие задание целей, средств и результатов. «*Дерево целей*» – структурированная и построенная по иерархическому принципу ранжированная по уровням совокупность целей системы, программы, плана, в которой выделены: главная цель («вершина дерева»), подчиненные ей подцели первого, второго и т.д. уровней («ветви дерева»). Аналогично можно ввести обобщенные понятия средств достижения целей. Тогда «*дерево средств*» можно определить, как иерархическую совокупность средств, согласованно распределенных по уровням иерархической или другой структуры системы управления инновационной деятельностью. При этом можно задать оператор или совокупность операторов, позволяющих обеспечить достижение необходимых целей. В итоге можно сформулировать «*дерево результатов*».

Системно-аналитические технологии можно сформулировать как основные методологические приемы, которые целесообразно использовать при решении задач системного анализа. Применение методов системного анализа при приня-

тии решений в условиях неопределенности требует разработки методов и формулировки алгоритмов (схем) обработки вариантных экспертных оценок в соответствии с различными критериями.

«Системный анализ» предполагает разделение проблемы на подпроблемы с последующим рассмотрением этих подпроблем. Общая характеристика принципов системного анализа дается в виде схемы. Рассмотрим основные качественные характеристики принципов.

1) «Структурный принцип». Данный принцип предусматривает рассмотренные задачи с позиций полного сохранения качественных характеристик всей системы в целом. При этом необходимо обеспечивать полноту анализа проблемы, чтобы не потерять качественные или количественные свойства при разделении или объединении частей целого.

Декомпозиция проблемы и агрегирование подпроблем является одним из важнейших принципов:

– декомпозиция предполагает анализ и получение оценки проблемы на основе изучения свойств ее частей;

– агрегирование – метод исследования на основе объединения подзадач в единую задачу.

Примером декомпозиции может служить разделение сложной динамической системы на подсистемы и анализ ее по частям. Пример агрегирования – объединение совокупности координат в агрегаты (сборки) координат, что позволяет упростить анализ. Пример агрегирования в динамических системах – квадратичные функции Ляпунова, линейные формы и другие типы агрегатов. Каждый подход порождает эффективные процедуры анализа, а применительно к динамическим системам обуславливает создание метода векторных функций Ляпунова.

2) «Взаимосвязанность и согласованность подпроблем» необходима для учета всех свойств целого, разделенного на части. Обычно свойства частей определяются соответствующими характеристиками или параметрами, свойства связей определяют условия для достижения целей или выполнения ограничений.

Взаимные связи могут порождать соответствующие принципы учета при управлении:

- принцип согласования взаимодействий;
- принцип развязывания взаимодействий;
- принцип прогнозирования взаимодействий.

3) «Принцип целеполагания и ограничения». Целеполагание относительно проблемы и подпроблем является важным принципом, обуславливающим необходимость задания цели при выполнении системного анализа проблемы. Заданные цели, а также множества целей в случае рассмотрения подпроблем позволяют осознать существование решения проблем, ограничения и направленность в принятии решения. Методика формулировки целей неразрывно связана с заданием ограничений. Цели и ограничения – главные категории принципа целеполагания, используемые для формулировки задач.

Разрешимость проблемы и подпроблем – важный принцип системного анализа, который предполагает необходимость рассмотрению вопроса о существовании решения до начала решения проблемы. Весьма важно решить проблему существования решения в случае использования принципов и методов системного анализа. Естественно, что в случае декомпозиции и агрегирования проблема анализа разрешимости принимает специфические формы, для которых должны использоваться соответствующие методы. Достаточно вспомнить метод декомпозиции Данцига-Вульфа и другие варианты метода декомпозиции.

4) «Принцип допустимости, рациональности и оптимальности». Этот принцип позволяет анализировать проблемы, исходя из достижения все более сложных целей и задач. Однако при этом на первом этапе важно сформулировать условия допустимости для того или иного разделения проблемы на подпроблемы.

Достижение оптимальности не всегда является возможным на практике, и в такой ситуации следует иметь в виду, что конструктивным часто бывает обеспечение рациональности, или, другими словами, приемлемости решений. Рациональное (приемлемое) решение, обладающее свойствами грубости (сохранения

свойств при изменении условий), бывает предпочтительное оптимальному решению, которое может не являться грубым.

5)«Принцип ориентации на качественный результат». Этот принцип позволяет определить качественные свойства проблемы или подпроблемы и направить процессы анализа или синтеза в требуемое направление. Характерно, что понимание значимости качественного результата на практике встречается не всегда. Это связано с высокими требованиями к специалистам, которые могут получить качественные результаты, позволяющие сделать надежные выводы без многочисленных экспериментов. Вместе с тем получение качественных результатов невозможно без использования соответствующих методов. Важное место здесь занимает ассоциирование формальных методов содержательных задач.

6)«Интегрированный триадный принцип– «целеполагание–средство–результат» и его варианты. Данный принцип требует рассмотрения проблемы в обобщенном варианте, когда анализируется соответствия между главными составляющими схемами принятия решений. Характерно, что в эффективном варианте имеет место согласование целей, средств и результата. В противном случае могут иметь место следующие ситуации:

- соответствие целей и средств достижения целей;
- несоответствие целей и средств достижения целей;
- соответствие целей и результатов;
- несоответствие целей и результатов;
- соответствие средств и результатов;
- несоответствие средств и результатов.

Рассмотренная группа ситуаций является относительно полной в выбранной «триадной конструкции» – «цели– средства–результаты». В «n-арной конструкции» принятия решений совокупность ситуаций существенно возрастает, что приводит к усложнению процесса принятия решений. В этом случае, как и в «триадной» схеме, возможно применение матричных характеристик схемы принятия решений. Анализ согласованности между отдельными элементами схемы принятия решений является основным инструментом корректности процедуры

принятия решений в целом. В этой связи необходимо дополнить следующим принципом.

7) «Принцип идентификация согласованности «целей – средств–результатов». Идентификация необходима для обеспечения корректности схемы принятия решений. В противном случае могут рассматриваться несогласованные элементы, когда цели не соответствуют средствам, либо средства не согласованы с целями. В ряде случаев возможны следующие ситуации:

- соответствие целей средствам, которые требуется идентифицировать;
- соответствие средств необъявленным целям, которые необходимо идентифицировать для обеспечения корректности схемы принятия решений с учетом идентифицированных целей;
- ситуации несогласованности, которые поддаются идентификации или формированию вариантов целей и средств.

Последние рассуждения поясняют смысл предлагаемого принципа идентификации, применение которого позволяет раскрыть необъявленные, но реальные цели, средства, предлагаемые при принятии решений.

Рассмотренные принципы будут использованы при изложении методов системного анализа, причем последние будут играть двойную роль:

- с одной стороны, они могут выступать как методы непосредственного анализа;
- с другой стороны, служить инструментом при получении исходных системных оценок для различных вариантов решений.

Однако общая процедура обработки оценок может основываться на изложенные принципы, составляющие определенную «философию» процедур принятия решений.

Инновационный анализ организационных структур является важной составляющей современного исследования. В настоящее время наука рассматривает развивающиеся системы, все процессы в которой взаимосвязаны. Этому представлению соответствует новая тенденция в процессе познания – целостное, или системное, мышление, которая развивается, в частности и в менеджменте, в

виде концепции системного управления. Проблемы управления в настоящее время нельзя решить на основе жестких дисциплинарных подходов, так как они носят системный характер и требуют применения адекватной парадигмы.

Суть системного подхода для анализа и исследования систем управления инновационной деятельностью состоит в последовательном учете того, что активные системы – интегрированные целостности, свойства которых не идентичны свойствам составляющих систем. Более того, системные свойства разрушаются, если система разделяется на составляющие элементы. Отдельные составляющие активных систем взаимозависимы и взаимодействуют между собой. В результате этого взаимодействия и взаимозависимости частей формируют специфику целостности системы. Следовательно, современный системный подход требует познания отдельных элементов на основе анализа динамики системы в целом. Фокус изучения переносится с элементарных блоков на фундаментальные принципы организации, иными словами, происходит смещение интереса к изучению целого, но при сохранении интереса к изучению частей. Современная концепция системного управления предполагает использования ряд положений, базирующихся на общих свойствах активных систем.

8) «Принцип стабильности и изменчивости». Свойство активных систем – высокая стабильность, которая достигается не жесткими, а гибкими нелинейными обратными связями. В социальных системах вариативность (как способность к изменениям) – основополагающие свойства, которые, согласно принципу социального дарвинизма, обеспечивают гибкость и адаптивность, необходимые для приспособляемости к условиям внешней среды.

Способы взаимодействия, методы работы и установившиеся связи формирует уникальный стиль организации, ее индивидуальность. Стремление поддерживать устойчивые взаимоотношения с постоянно меняющейся внешней средой невозможно без адекватных изменений во внутренней структуре организации. Из этого рассуждения следует: чтобы сохранить свою индивидуальность, необходимо адаптироваться в соответствии с целями личности.

Таким образом, можно сказать, что активные системы обретают стабильность в процессе постоянных изменений, поскольку сохраняют себя как целое путем адаптации к окружающей среде через изменение составляющих элементов и взаимодействий.

9) «Стратегический принцип разрешения конфликтов». Социальным системам (в частности, организациям) присущи принципиально не разрешимые в пользу одной из сторон конфликты, например:

- «стабильность– перемены»;
- «свобода– порядок»;
- «традиции– инновации»;
- «планирование– невмешательство».

Концепция системного управления подразумевает решение этих конфликтов не жесткими мерами, а путем установления динамического баланса между конфликтующими частями системы. При возникновении конфликта системный подход требует от специалиста изучения позиций сторон и поиска решений, обеспечивающих баланс интересов. К оценке и выбору решений следует привлекать группы экспертов, имеющих различные точки зрения.

Таким образом, методы системного управления проявляются в изменении базовых установок и мировоззрения системного специалиста. Специалист нового типа вносит вклад в долгосрочное процветание организации, используя различные факторы, включая интуицию, использование потенциала сотрудников, расширение их способностей и самообучения, гибкость организации для достижения целей.

Важнейшим инструментом в работе современного специалиста является методология системного анализа, без которого немислимы значимые, современные решения проблем развития и выживания организации. Можно выделить три основных момента практической пользы применения методов системного анализа:

- постановка задач и полные или частичные математические формулировки;
- неполная формализация требует систематического применения неформальных знаний и методов;

–«системный анализ – это прикладная диалектика», позволяющая в той или иной мере учесть динамику анализируемой проблемы.

Каждая организация, рассматриваемая как открытая система, характеризуется определенным набором переменных. Эти переменные можно разделить на внутренние и внешние. На системной модели организации видно, что внутренними переменными являются цели, задачи, структура, люди и технологии. Все переменные взаимосвязаны. Внешние переменные подразделяются на прямые и косвенные, образуя внешние среды прямого и косвенного воздействия.

Подготовка кадров по системному анализу и управлению возможна на основе изучения и освоения совокупности научных областей знаний и соответствующих дисциплин, являющихся частями теории знаний на основе системного анализа и синтеза, теории и практики управления. К ним можно отнести:

- детерминированный математический анализ и синтез;
- вероятностно-статистический анализ и синтез;
- численный анализ и синтез и синтез;
- физический анализ и синтез;
- химический и нанохимический анализ и синтез;
- экологический анализ и синтез;
- теоретико-механический анализ и синтез;
- электротехнический анализ и синтез; -теоретико-управленческий анализ и синтез;
- вычислительно-аппаратный анализ и синтез;
- функционально-аналитический анализ и синтез;
- теоретико-технологический программистский анализ и синтез;
- теоретико-информационный анализ и синтез процессов и систем;
- системно-отраслевой анализ и синтез, обеспечивающий применение системных знаний, умений и навыков в сфере приложений, что предполагает компетентностная концепция создания федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования.

Перечисленные компоненты содержания образования в области системного анализа и управления определяют их адаптационные возможности. Важнейшим компонентом адаптационных возможностей организации является эффективность инновационной деятельности, т.е. инновационный потенциал менеджмента. К техническому университету как научному и методическому центру подготовки кадров в этом отношении предъявляются повышенные требования.

2.2. Методы системного анализа и принятия решений

Методы системного анализа и принятия решений базируются на комплексе математических методов, которые используются в условиях полной или неполной определенности об объекте управления.

В условиях полной определенности используются «методы математического программирования» в конечномерных или бесконечномерных пространствах.

Математическое программирование используется для принятия решений в условиях полной определенности о структуре и параметрах математической модели. Для получения оценок качества систем инновационного управления можно использовать методы вариационного исчисления для соответствующих классов задач.

При отсутствии полной информации используются «методы теории принятия решений». Качественные признаки ситуации позволяют развить теорию оценок для построения методов управления инновационной деятельностью.

Сфера приложения системно-инновационных методов весьма широка. Исходя из общей цели разработки нововведений, можно сформулировать ряд средств достижения инновационных целей, опираясь на методологию методов математического программирования. К ним относятся различные целевые установки:

- пар «целей–средств»;
- триад «целей–средств–результатов»;
- деревьев «целей–средств–результатов» и других важных построений – ограничений задач математического программирования.

Основными категориальными признаками теории принятия решений, в пространстве которых должны строиться оценки, являются следующие компоненты:

- Варианты решений;
- Условия принятия решений.

Приведенная схема описывает общую ситуацию, может быть представлена «матричными структурами» различных размерностей, что позволяет использовать эффективные методы создания новых изделий путем погружения задачи в процедуры принятия решений. В этом случае остается ряд нерешенных проблем, среди них способы получения оценок, учитывающих комплекс следующих необходимых характеристик: долговечность, экономичный эффект, полезность или рациональность, надежность (живучесть).

Естественно, что возможны различные «оценки, носящие технический или экономический характер». Вид оценок зависит от принципов их формирования. В частности, процесс построения матрицы системных оценок (решающих матриц) на этапе отбора инновационных решений может проводиться на основе теории долговечности, теории надежности, а также на основе экономических теорий или теорий полезности. Это фиксирует роль общетехнических или специальных областей технического, экономического или организационного знаний в формировании матрицы системных оценок.

Характерно, что процедура построения матрицы системных оценок в общем случае может носить более сложный характер, т. Е. формирование матрицы системных оценок предполагает иерархическую технологию последовательного формирования оценок – от областей технического знания к организационному управлению, а далее – к экономическим оценкам.

Следует заметить, что области технического значения можно рассматривать как исходные для получения системных оценок для обработки и управления инновационными процессами. В ряде случаев – это готовые к непосредственному применению оценки. В общем случае для принятия решений необходимо фор-

мирование оценок. В этом смысле процедура построения оценок является определенной надстройкой над первичными понятиями и результатами в предметной области.

Достоинством предлагаемых схем обработки данных – это возможно принятия решений на основе качественных характеристик стратегий. Это позволяет использовать следующие стратегии:

- «стратегии оптимизма»;
- «стратегии пессимизма»;
- «минимаксные стратегии»;
- «стратегии нейтралитета».

Для реализации стратегий используются соответствующие процедуры, что позволяет лицу, принимающему решение, достаточно четко определить свое отношение и степень доверия к выбранному решению, выбрать подходы на основе методов системных (решающих) матриц, теории риска, комбинаторной аппроксимации, теории нечетких множеств и других методов.

Контрольные вопросы

1. Каковы основные принципы системного анализа и принятия решений в условиях определенности или неопределенности используются при анализе и исследовании систем управления и инновационных проблем.
2. Какие методы системного анализа можно использовать для исследования в зависимости от целей и характера неопределенности.
3. Какие критерии инновационности и инновационные задачи можно сформулировать для образовательных систем.
4. Как могут быть сформулированы цели инноваций при формировании содержания высшего профессионального образования.
5. Какие основные характеристики можно дать базисным компетентностным моделям знаний и содержания образования.

3. АНАЛИЗ СИСТЕМ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДОВ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ

3.1. Нестатистические модели нечетких чисел и функции принадлежности

Рассмотрим выбор одной из альтернатив в условиях применения и обработки нечетких оценок, что обусловлено нечеткой исходной информацией. Приведены конкретные результаты принятия решений на основе лингвистического подхода, в котором используются модели и методы принятия решений, базирующиеся на построении функций принадлежности нечетких множеств, операциях над нечеткими множествами и числами.

Методы построения функций принадлежности основаны на обработке матриц оценок, отражающих мнение эксперта об относительной принадлежности элементов множеству. Введем определенные характеристики принадлежности, позволяющие дать количественные оценки качественных явлений, сформулируем некоторые методы формализации качественных свойств явлений.

3.2. Вычисление функций принадлежности методом парных сравнений.

Функции принадлежности могут быть построены на основе парных сравнения. В предыдущих разделах метод парных сравнений уже был использован. Пусть множество из n элементов. Определим понятие нечеткого множества.

Подмножество S множества X называется *нечетким множеством*, если на основе множества X определена совокупность пар

$$S = \{\mu_S(x)/(x)\}, x \in X, \quad (3.1)$$

где $\mu_S(x)$ - степень принадлежности элемента x множеству X . Если функция принадлежности $\mu(x)$ принимает значения только 0 или 1, то множество S становится обычным. Для всех элементов S требуется выполнение условия нормировки:

$$\sum_{i=1}^n \mu_S(x_i) = 1 \quad (3.2)$$

Определим степень принадлежности элементов множеству с помощью *матрицы парных сравнений* (табл. 3.1). Оценку элемента x_i по сравнению с элементом x_j с точки зрения свойства S обозначим a_{ij} .

Для обеспечения согласованности симметричные относительно элементы предположим: $a_{ij} = a_{ji}^{-1}$, что соответствует одному из вариантов калибровки. Такие матрицы называют *обратно-симметричными матрицами*.

Таблица 3.1.

Шкала определения матрицы суждений

| Оценка важности | Качественная оценка | Примечание |
|-----------------|--|---|
| 1 | Одинаковая значимость | По данному критерию альтернативы имеют одинаковый ранг |
| 3 | Слабое превосходство | Соображения о предпочтении одной альтернативы другой малоубедительны |
| 5 | Сильное (существенное) превосходство | Имеются надежные доказательства существенного превосходства одной альтернативы |
| 7 | Очевидное превосходство | Существуют убедительные свидетельства в пользу альтернативы |
| 9 | Абсолютное превосходство | Свидетельство в пользу предпочтения одной альтернативы перед другими в высшей степени убедительно |
| 2, 4, 6, 8 | Промежуточные значения между соседними | Используется, когда необходим компромисс |

Оценки a_{ij} позволяют составить матрицу парных сравнений $A=(a_{ij})$. Далее найдем собственный вектор матрицы A , решив уравнение: $Aw=\lambda w$, где λ - собственное число матрицы A .

Очевидно, что собственные числа матрицы A являются корнями характеристического уравнения, которое определяет наличие нетривиальных решений системы. Примем вычисленные компоненты собственного вектора $w=(w_1, \dots, w_i, \dots, w_n)^T$ в качестве степени принадлежности элементов множеству S :

$$\mu_S(x_i) = w_i, \quad i = \overline{1, n} \quad (3.3)$$

Если элементы x сравниваются только между собой, то матрица A – диагональная, и ей соответствуют собственные числа, равные единице. Элементы функции принадлежности также равны единице, деленной на n , что соответствует обычному множеству A . В общем случае собственные числа определяют величину растяжения (сжатия) векторов при действии на них оператора, заданного матрицей A .

Равенство $Aw = pw$ выполняется всегда, поэтому найденные значения тем точнее, чем ближе λ_{\max} к числу n . Тогда отклонение λ_{\max} от n можно принимать в качестве меры согласованности суждений экспертов.

3.3. Основные определения теории нечетких чисел и множеств.

Нечеткое число \tilde{A} определяется равенством:

$$\tilde{A} = \int \mu_{\tilde{A}}(x)/x \quad (3.4)$$

где $\mu_{\tilde{A}}(x) \in [0,1]$ – *степень принадлежности* $x \in \mathbb{R}^1$ множеству \tilde{A} , характеризующая *функцией принадлежности* $\mu_{\tilde{A}}(x): \mathbb{R}^1 \rightarrow [0,1]$; \int *объединение по всем* $x \in \mathbb{R}^1$; $\mu_{\tilde{A}}(x)/x$ означает, что *степень принадлежности* x множеству \tilde{A} , равна $\mu_{\tilde{A}}(x)$

Нечеткое число \tilde{A} на действительной прямой называется *выпуклым нечетким числом*, если для каких-либо реальных чисел $x, y, z \in \mathbb{R}^1, x \leq y \leq z$ справедливо соотношение

$$\mu_{\tilde{A}}(y) \geq \min \mu_{\tilde{A}}(x), \mu_{\tilde{A}}(z) \quad (3.5)$$

Нечеткое число \tilde{A} на действительной прямой называется *нормальным нечетким числом*, если $\max \mu_{\tilde{A}}(x) = 1$.

Нечеткие числа являются функциями аргумента x , поэтому они могут быть изображены графически.

Число « a » назовем *границей функции принадлежности*, если выполнены следующие соотношения:

$$\forall \delta \mu(a) = 0, \mu(a - \delta) = 0, \mu(a + \delta) \neq 0 \quad (3.6)$$

Функции принадлежности имеют две границы: нижнюю – a и верхнюю – b , поэтому *нормальное выпуклое нечеткое число* имеет вид

$$\tilde{A} = \int_a^A (x - a)/x + \int_A^b (b - x)/x \quad (3.7)$$

где a, b – *нижняя и верхняя границы функции принадлежности*. Например, *нечеткое число* $\tilde{2}$ – *приблизительно 2*, когда $a = 1, b = 3$ можно представить в виде:

$$\tilde{2} = \int_1^2 (x - 1)/x + \int_2^3 (3 - x)/x$$

Пусть имеется уравнение с нечеткими переменными:

$$X + B = D \quad (3.8)$$

Решение уравнения (3.8), которое является множеством $X = D - B$, будем определять операцией *дополнительного вычитания* $(-)$ (ОДВ).

Пусть имеется уравнение $AX = D$. *Операцией дополнительного деления* (ОДД) называется операция, которая определяет решение уравнения $X = D // A$.

3.4 Принятие решения на основе нечетких чисел и множеств.

Введенные определения и основные операции над нечеткими числами и множествами позволяют рассмотреть методов принятия решений, которое удобно начать с классической задачи упорядочения нечетких множеств с использованием отношений. Упорядочение альтернатив выполняем путем нахождения их принадлежности оптимальному множеству, которое определяется как пересечение критериальных оценок альтернатив и нечеткого отношения предпочтения.

Пусть имеется n *альтернатив*: $(a_1, \dots, a_i, \dots, a_n)$, каждая из которых характеризуется *нечетким множеством*: $A_i = \{\mu_{A_i}(x)/x\}$, $x \in R^1$, причем в дальнейшем будем считать, что $x \in [0, 1]$.

Требуется определить множество оптимальных альтернатив $O = \{\mu(i)/i, i \in N\}$, где $\mu(i)$ может рассматриваться как степень соответствия альтернативы a_i понятию «*наилучшая альтернатива*». Для этой цели введем нечеткое отношение:

$$P = \{\mu_{P_{ij}}(x_i, x_j) / (x_i, x_j)\},$$

где $\mu_{P_{ij}}(x_i, x_j)$ выражает насколько x_i лучше x_j .

Пусть функция $f(x_i, x_j)$ задает различие в полезностях значений x_i и x_j ; $f(x_i, x_j) = u(x_i) - u(x_j)$ т.е. $\mu_{P_{ij}} = f(x_i, x_j)$. В простейшем случае это линейная функция

$$\mu_{P_{ij}} = x_i - x_j$$

Множество оптимальных альтернатив определяется пересечением декартова произведения *нечетких оценок*, задающих альтернативы, и *отношения предпочтения*:

$$P_{ij}; O = P_{ij} \cap (A_i \cdot A_j)$$

Степень принадлежности альтернативы a_i множеству O определяется как максимальное значение соответствующих функций принадлежности:

$$\mu_O = \sup \min \left(\mu_{A_i}(x_i); \mu_{A_i}(x_j) \mu_{P_{ij}}(x_i, x_j) \right), \quad i \neq j, i \in \{1, 2\} \quad (3.9)$$

Контрольные вопросы

1. Какие формы неопределенности в задачах управления требуют применения методов принятия решений.
2. Как формулируются критерии принятия решений на основе собственных чисел матриц предпочтений.
3. Укажите основные идеи описания неопределенности при использовании нечетких чисел.
4. Как вычисляются функции предпочтения при выполнении различных операций над нечеткими числами и нечеткими уравнениями.

4. КОГНИТИВНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ. ТЕОРИЯ ИГР

4.1 Когнитивное моделирование

Когнитивный (познавательный) подход к исследованию слабоструктурированных ситуаций был предложен в конце

XX в. Его авторы, Р. Аксельрод и Ф. Робертс, разработали новую методику – когнитивное моделирование для принятия управленческих решений, направленных на улучшение функционирования системы и предотвращение возникновения возможных проблем. Средства когнитивного подхода позволяют адаптировать модель к условиям среды, определяющим развитие ситуации.

Технология когнитивного анализа базируется на структурном представлении знаний об объекте и внешней среде (при нечетком разграничении объекта и среды). Структуризация направлена на выявление базисных (существенных) факторов, определяющих «пограничный» слой взаимодействия объекта и среды, и установление причинно-следственных связей между ними. Взаимное влияние факторов отображают посредством когнитивной карты, являющейся по сути знаковым взвешенным ориентированным графом (орграфом).

Построение когнитивной модели – следующий уровень структуризации знаний, представленных в когнитивной карте. В когнитивной модели в виде соответствующих уравнений описываются связи между факторами, характеризующие взаимное влияние факторов, изменение влияний в зависимости от ситуации, а также временное изменение факторов. Уравнения когнитивной модели могут содержать как количественные, так и качественные переменные.

Когнитивная карта отражает субъективные представления аналитика об исследуемой проблеме, связанной с функционированием исследуемой системы. Сложным и важным этапом в построении когнитивной карты является структуризация первичных представлений субъекта управления. Основными элементами когнитивной карты являются *базисные факторы*, определяющие наблюдаемые процессы в системе и окружающей ее среде, и причинно-следственные связи между ними.

При построении когнитивной карты объект исследования представляют в виде взвешенного (иногда – знакового) *ориентированного графа* (орграфа) $G = (X, A)$. Базисные факторы (X) объекта исследования располагаются в вершинах графа, дуги графа (A) отображают причинно-следственные связи между вершинами. Дуга, связывающая фактор x_i с фактором x_j имеет вес a_{ij} , соответствующий влиянию фактора x_i на фактор x_j . Когнитивную карту можно рассматривать как *матрицу смежности* A_g графа $G = (X, A)$. Интегральные влияния, которым подвержен каждый фактор, описываются *транзитивным замыканием* когнитивной карты ситуаций. Транзитивное замыкание определяется как бесконечная сумма $E_N + A + A^2 + \dots + A^t + \dots$, где N – количество базисных факторов, E_N – единичная диагональная матрица порядка N . При условии устойчивости матрицы смежности A_g графа G , когда все элементы ряда стремятся к конечным пределам при неограниченном возрастании t , можно получить оценку суммы этого ряда:

$$Q = E_N + A + A^2 + \dots + A^N = (E_N - A')^{-1} N \quad (4.1)$$

Способы стабилизации матрицы A_g могут быть разными. Например, элемент матрицы Q , q_{ij} , связывает знак исходного приращения Δx_i фактора x_i со знаком интегрального приращения Δx_j фактора x_j : $\text{sign } \Delta x_j = \text{sign } q_{ij} \cdot \text{sign } \Delta x_i^2$.

Когнитивная карта является лишь исходным отображением связей между факторами в исследуемой ситуации. Для целенаправленного управления ее развитием требуется построение динамической имитационной модели для получения новых, прогнозируемых знаний о развитии исследуемой ситуации.

При построении когнитивной модели сложной системы качественные значения базисных факторов описывают выбранным набором соответствующих лингвистических переменных. Необходимая степень детализации достигается выбором градации по значениям этих переменных (например, «слабо-средне-сильно», или более подробно). Числовым эквивалентом каждой лингвистической переменной является определенное значение из отрезка $[0, 1]$. Для каждого базисного фактора на основе знаний об исследуемой ситуации составляют уравнение.

Когнитивные модели разделяют:

– на статические модели, позволяющие проводить статический анализ, или анализ влияний (выделение факторов, обладающих наибольшим влиянием на целевые факторы);

– динамические модели, позволяющие генерировать возможные сценарии развития ситуации (и, следовательно, выбирать оптимальный сценарий для достижения поставленной цели).

Динамическое имитационное моделирование основано на сценарном подходе. Здесь под сценарием понимают набор тенденций, характеризующих саморазвитие ситуации в начальный момент, векторы целей развития и векторы управлений. Моделирование развития ситуации может проводиться по трем направлениям: прогноз саморазвития ситуации; прогноз развития ситуации с выбранным вектором управлений (прямая задача); синтез вектора управлений для достижения необходимого направления развития ситуации (обратная задача).

Процесс моделирования включает следующие взаимосвязанные этапы:

- определение начальных условий и тенденций, характеризующих ситуацию на начальном этапе;
- задание целевых направлений и силы изменения тенденций;
- установление управляющих факторов и определение силы и направленности их воздействия на ситуацию;
- установление вектора управлений, силу и направленность которых требуется определить;
- установление наблюдаемых факторов, характеризующих развитие ситуации;
- моделирование развития ситуации по одному из перечисленных выше направлений.

Согласно схеме формирования стратегии управления социально-экономической системой с использованием линейных динамических моделей, основу которых составляет когнитивная карта, состояние системы характеризуется темпами изменения факторов модели, т.е. исследуется динамика изменения моделируемой ситуации на основе тенденций факторов.

В линейной динамической модели изменение значений факторов во времени задается формулой:

$$x_i(t+1) = x_i(t) + \sum_{j \in I_i} a_{ij}(x_j(t) - x_j(t-1)), i = 1, \dots, N$$

где $x_i(t+1)$ и $x_i(t)$ – значения i -го фактора в моменты времени $t+1$ и t ; $x_j(t) - x_j(t+1) = \Delta x_j(t)$ – приращение фактора $x_j(t)$ в момент времени t , характеризующее темп изменения фактора $x_j(t)$; a_{ij} – вес влияния фактора x_j на фактор x_i ; I_i – множество номеров факторов, непосредственно влияющих на фактор x_i . В матричной форме это уравнение принимает вид:

$$X(t+1) = (E_N + A)X(t) - AX(t-1) \quad (4.2)$$

где $X(t) = (x_1(t), \dots, x_N(t))^T$, E_N – единичная диагональная матрица порядка N .

В. И. Максимов предлагает метод *структурно-целевого анализа* развития слабоструктурированной среды. Пусть установлено множество целевых факторов $Y = (y_1, \dots, y_m)^T$ и определен вектор целей развития ситуации Y .

Структурно-целевой анализ предусматривает введение для каждого фактора x_i оценки его желательной динамики r_i : желательное увеличение значения фактора x_i определяется показателем $r_i = +1$, желательное уменьшение – показателем $r_i = -1$, если желательная динамика по фактору x_i не определена, $r_i = 0$. Вектор $r(Y)$, определенный на множестве целевых факторов Y , называют вектором желательной динамики факторов (ЖДФ).

Вектор целей Y называют *непротиворечивым*, если

$$r_i r_j = \text{sign } q_{ij} \forall y_i, y_j \in Y \quad (4.3)$$

где q_{ij} – элементы матрицы Q , которая определяется по формуле (4.1). В этом случае обеспечение желательных интегральных изменений одних целевых факторов не приведет к нежелательным интегральным изменениям других.

Процесс исследования развития системы, описываемого уравнением (4.1), начинается с анализа саморазвития ситуации из заданного начального состояния $X(0)$. Если значения целевых факторов вектора $X(t)$ смещаются по направлению цели, то нет необходимости в корректировке развития ситуации. Если же текущие значения целевых факторов удаляются от целевых значений (Y^*), то необходимо корректировать развитие ситуации с помощью вектора управлений $U = (u_1, \dots, u_p)^T$.

Вектор управлений $U = (u_1, \dots, u_p)^T$ согласован с вектором целей Y , если для каждой координаты вектора U можно указать такой знак, что для результирующего знакового вектора $\text{sign } U$ выполняется условие:

$$r_i = \text{sign } q_{ij} \text{sign } u_{ij} \forall u_i \in Y \forall y_i \in Y \quad (4.4)$$

Согласованность управляющих факторов с вектором целей означает, что всякое изменение управляющих факторов в соответствии с вектором $\text{sign } U$ не вызовет изменения ни одной координаты вектора целей Y в нежелательном направлении.

Обозначим через M множество векторов управлений U , знаки которых согласованы с условием (4.1), а через $|U|$ – вектор, в котором все координаты заменены их абсолютными значениями. Тогда введенные определения гарантируют следующее.

Утверждение, если выбранный вектор целей Y непротиворечив и множество управляющих факторов согласовано с вектором целей, то среди векторов $U \in M$ возможен такой выбор вектора управлений $U^* \in M$, для которого

$$|U(0)| \leq |U^*(0)| \rightarrow Y(U(0)) \leq Y(U^*(0)) \quad (4.5)$$

т.е. управление с большими абсолютными значениями координат (более «интенсивное» управление) вызовет более «интенсивные» изменения координат вектора целей в желательных направлениях.

Чтобы ответить на вопрос, какие из управляющих факторов являются более действенными по интегральному влиянию на целевые факторы, рассмотрим матрицу транзитивного замыкания Q когнитивной карты ситуации и вектор желательной динамики факторов $r(Y)$. Показатель *эффективности* управляющего фактора u_k , $E(u_k)$, определяется как

$$E(u_k) = |\sum_{i=1}^m r_i q_{ki}| \quad (4.6)$$

Состояние исследуемой ситуации в случае подачи управлений U прогнозирует установившийся целевой вектор $Y_{уст}$, значение которого определяется через матрицу транзитивного замыкания Q и начальное состояние системы $X(0)$:

$$Y_{уст} = CQX(0) + CQBU \quad (4.7)$$

Здесь C и B – матрицы из нулей и единиц порядка N , ненулевые элементы которых выделяют, соответственно, целевые и управляющие факторы в матрице A исходной когнитивной карты. Тогда $CQX(0)$ – составляющая целевого вектора, обусловленная саморазвитием ситуации, а $CQBU$ – составляющая этого вектора,

обусловленная подачей управлений. Если фиксированная цель Y^* достигнута, то $Y_{уст} = Y^*$. В противном случае выбирают новый вектор управлений U , получают прогнозируемое значение целевого вектора $Y_{уст}$ и т.д. Данный подход к анализу ситуации на основе когнитивного моделирования дает ответ на вопрос «что будет, если».

Очевидно, что для субъекта управления большой интерес представляет обратная задача – синтез вектора управлений для достижения необходимого развития ситуации. Рассмотрим процедуру поиска управлений, обеспечивающих достижение фиксированной цели Y^* . При фиксированной достигнутой цели из уравнения (4.8) находим:

$$CQBU = Y - CQX(0),$$

откуда может быть найден вектор управлений U .

На основе утверждений (4.4–4.8) можно задавать вектор целей, сообразуясь с ситуацией, а также отказываться от противоречивых управлений, при этом активнее использовать те управляющие факторы, изменения которых в соответствии с подаваемыми на них управлениями приведут к большим желательным изменениям целевых факторов.

Таким образом, структурно-целевой анализ динамической модели развития ситуации включает следующие этапы:

- проверку целей на взаимную непротиворечивость;
- проверку согласованности вектора управляющих факторов с заданным вектором целей;
- оценку эффективности воздействия управляющих факторов на все координаты вектора целей.

4.2. Теория игр

Основой нахождения оптимального решения в условиях неопределенности и конфликтных ситуаций является теория игр. Игра – это математическая модель процесса функционирования конфликтующих элементов систем, в котором действия игроков происходят по определенным правилам, называемым стратегиями.

Основной постулат теории игр – любой субъект системы делает все возможное, чтобы достигнуть своих целей. От реального конфликта игра (математическая модель конфликта) отличается тем, что она ведется по определенным пра-

вилам, которые устанавливают порядок и очередность действий субъектов системы, их информированность, порядок обмена информацией, формирование результата игры.

В играх, известных под общим названием азартных, основной вид неопределенности - это *статистическая неопределенность*. Игрок не знает заранее, как ляжет карта, или какая цифра выпадет при бросании кости.

Другой тип неопределенности характерен для так называемых игр с полной информацией (шашки, шахматы, рэндзю, решение головоломок типа кубика Рубика). В любой момент игрок обладает полной информацией о текущем положении дел. С формально-математической точки зрения принципиально возможно перебором всех возможных вариантов и прослеживанием всех возможных последствий выбрать оптимальный ход. Однако число возможных ходов и их последствий настолько огромно, что на практике этого нельзя сделать. Неопределенность этого типа называется *комбинаторной*.

Неопределенность более высокого типа связана с тем, что игрок, пусть даже обладая полной информацией на синтаксическом уровне, не может до конца выяснить ее смысл. Неопределенность этого типа называется *семантической*.

Семантическая неопределенность всегда существует в такой игровой ситуации, как научное познание (игра с природой). Такие постоянно развивающиеся формы, как понятия, категории, теории, включают на семантическом уровне наряду с определенностью также некоторую неопределенность. Семантической неопределенностью обладают совокупности экспериментальных данных (неизвестно, какой закон за ними кроется).

Наиболее сложный вид неопределенности в игре - это *стратегическая неопределенность*. Игрок не знает, какого образа действий придерживается противник, какие цели перед собой ставит. Неопределенность этого типа обычно несвойственна играм (в обычном смысле этого слова): цель игры четко определена правилами. Но она присуща различным сферам человеческой деятельности (бизнес, политика и т.д.). Информация, снимающая стратегическую неопределенность, - это стратегическая информация.

Частным случаем стратегической неопределенности является неопределенность прагматическая, состоящая в незнании (вернее, в неполном знании) игроком собственных целей. Прагматическая неопределенность связана с неадекватностью и неполнотой самоотражения субъекта, с неполной информацией о себе и о своем месте в игровой ситуации.

Существует много классов игр, различающихся по количеству игроков, числу ходов, характеру функций выигрыша и т.д. Выделим следующие основные классы игр:

1) антагонистические (игры со строгим соперничеством) и неантагонистические. В первом случае цели игроков противоположны, во втором - могут совпадать;

2) стратегические и нестратегические (в первых субъект системы действует независимо от остальных, преследуя свои цели, во вторых субъекты выбирают единую для всех стратегию);

3) парные игры и игры для N лиц;

4) коалиционные и бескоалиционные;

5) кооперативные и некооперативные (в первых возможен обмен информацией о возможных стратегиях игроков);

6) конечные и бесконечные (в первых - конечное число стратегий).

Наибольшее распространение в технических приложениях имеют

парные стратегические, бескоалиционные, конечные, некооперативные игры.

Модель проблемной ситуации в этом случае имеет вид:

$$\langle U, V, W1, W2, R1, R2 \rangle \quad (4.7)$$

где U - множество стратегий оперирующей стороны (конструктора);

V - множество стратегий оппонирующей стороны (технолог и природа);

$W1$ и $W2$ - показатели качества игроков; $R1$ и $R2$ - системы предпочтения игроков.

Системы предпочтения игроков, в свою очередь, основываются на двух ведущих принципах рационального поведения: принципе наибольшего гарантиро-

ванного результата и принципе равновесия. Первый основан на том, что рациональным выбором одного из игроков должен считаться такой, при котором он рассчитывает на самую неблагоприятную для него реакцию со стороны другого игрока. Второй принцип гласит, что рациональным выбором любого игрока считается такая стратегия u^* (или v^*), для которой ситуация (u^*, v^*) обоюдовыгодна: любое отклонение от данной ситуации игры не является выгодным ни для одного из игроков.

Решается парная матричная игра (проектируемое изделие - меры и средства противодействия) с нулевой суммой (выигрыш одной стороны равен проигрышу другой) на основе рассмотрения платежной матрицы,

которая представляет собой совокупность значений U и V (пара стратегий (u, v) $U \times V$ называется ситуацией игры), а также выигрышей W_{ij} при парном сочетании всевозможных стратегий сторон. Решение парной матричной игры может быть в чистых стратегиях, когда для каждой из сторон может быть определена единственная оптимальная стратегия, отклонения от которой невыгодны обоим игрокам. Если выгодно использовать несколько стратегий с определенной частотой их чередования, то решение находится в смешанных стратегиях.

Основная особенность использования методов теории игр заключается в том, что в качестве возможных стратегий со стороны проектируемой системы рассматриваются возможные варианты ее строения, из которых следует выбрать наиболее рациональный. В качестве стратегий противника рассматриваются возможные варианты его противодействия, стратегии их применения. Число стратегий может быть расширено благодаря реализации «гибких» решений. Анализ игровых ситуаций в этом случае может быть направлен не только на выбор рационального варианта проектируемого изделия, но и на определение алгоритмов рационального применения системы в конфликтной ситуации.

Другая особенность применения методов теории игр заключается в выборе решений, получаемых на основе анализа конфликтной ситуации. В теории игр доказывается теорема о том, что оптимальная стратегия для каждого из игроков является оптимальной и для другого игрока.

Как уже отмечалось, выбор метода анализа ЛПР определяется условиями, в которых принимаются решения. Эти условия классифицируются по степени точности и уверенности в результатах решений. Имеются три основные категории состояния ЛПР: уверенность, риск и неопределенность.

В условиях уверенности выбирается альтернатива, которая дает наибольшее (наименьшее) значение основного критерия.

В условиях неопределенности могут быть четыре направления принятия решений: *maximin*, *maximax*, *laplace*, *minimax regret*.

Maximin (максимум из минимума) - выбор решения с лучшим из всех худших результатов - пессимистический метод, потому что он принимает во внимание только самый плохой из всех возможных результатов.

Maximax (максимум из максимума) - выбор решения с лучшим из всех лучших результатов - оптимистический, наступательный метод, в котором не принимается во внимание никакой возможный результат, кроме самого лучшего.

Laplace - выбор решения с наилучшим средним значением результата. В методе предполагается, что все результаты, и худшие, и лучшие, равновероятны.

Minimax regret - выбор решения с лучшим из худших возможных последствий.

Вопросы для самоконтроля

1. Классификации моделей представления и извлечения знаний;
2. Виды моделей, развиваемых на базе теории искусственного интеллекта;
3. Виды моделей, построенных на принципах, заимствованных у природы;
4. Виды моделей интеллектуального анализа данных - *data mining*;
5. Виды предметно-ориентированных аналитических систем.

Библиографический список

1. Bondareva, G. I. Assessing External Defects at Manufacturing Enterprises / G. I. Bondareva, G. N. Temasova, O. A. Leonov [et al.] // Russian Engineering Research. – 2022. – Vol. 42, No. 2. – P. 151-154. – DOI 10.3103/S1068798X22020046.
2. Business Studio: сайт. – Самара, 2020 –. – URL: <https://www.businessstudio.ru/> (дата обращения: 10.05.2020)
3. Erokhin, M. N. Assessing the Relative Interchangeability in Joints with Preload / M. N. Erokhin, O. A. Leonov, N. Z. Shkaruba [et al.] // Russian Engineering Research. – 2020. – Vol. 40, No. 6. – P. 469-472. – DOI 10.3103/S1068798X2006009X.
4. Erokhin, M. N. Standardizing the Permissible Mass Error in Monitoring Connecting Rods and Pistons / M. N. Erokhin, O. A. Leonov, N. Zh. Shkaruba [et al.] // Russian Engineering Research. – 2021. – Vol. 41, No. 12. – P. 1156-1160. – DOI 10.3103/S1068798X2112011X.
5. Golinitiskii, P. V. Matrix Geometry in Crimping of Bronze Bushings / P. V. Golinitiskii, O. A. Leonov, N. Z. Shkaruba, U. Y. Antonova // Russian Engineering Research. – 2021. – Vol. 41, No. 10. – P. 892-895. – DOI 10.3103/S1068798X21100099.
6. Golinitisky, P. V. Improving the Compression of Tin Bronze Bushes in Repair / P. V. Golinitisky, O. A. Leonov, N. Zh. Shkaruba // Russian Engineering Research. – 2022. – Vol. 42, No. 12. – P. 1234-1238. – DOI 10.3103/S1068798X22120152.
7. Leonov, O. A. Calculation of Fit Tolerance by the Parametric Joint Failure Model / O. A. Leonov, N. Z. Shkaruba // Journal of Machinery Manufacture and Reliability. – 2020. – Vol. 49, No. 12. – P. 1027-1032. – DOI 10.3103/S1052618820120092
8. Leonov, O. A. Interference Fits in Complex Loading / O. A. Leonov, N. Z. Shkaruba, Y. G. Vergazova // Russian Engineering Research. – 2021. – Vol. 41, No. 6. – P. 489-492. – DOI 10.3103/S1068798X21060149.
9. Leonov, O. A. Quality Control in the Machining of Cylinder Liners at Repair Enterprises / O. A. Leonov, N. Z. Shkaruba, Y. G. Vergazova [et al.] // Russian Engineering Research. – 2020. – Vol. 40, No. 9. – P. 726-731. – DOI 10.3103/S1068798X20090105.
10. Optimization Of The Irrigation Of Agricultural Crops Regime On Sod-Podzolic Soils Of Watershed Areas Of The Non-Chernozem Zone Of The Russian Federation / V. V. Pchelkin, Yu. I. Sukharev, A. Kasianov [et al.] // Natural Volatiles and Essential Oils. – 2021. – Vol. 8, No. 4. – P. 11068-11087. – EDN VHFFRX.

11. Organization of the wheat flour quality traceability / E. Cherkasova, P. Golinitzky, U. Antonova [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Krasnoyarsk, 16–19 июня 2021 года / Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering. Vol. Volume 839. – Krasnoyarsk: IOP Publishing Ltd, 2021. – P. 32027. – DOI 10.1088/1755-1315/839/3/032027. – EDN MIITIY.
12. Semenova, K. Improvement of water regulation on drainage-humidification systems / K. Semenova, M. Kagak, K. Khrustaleva // Scientific research of the SCO countries: synergy and integration. September 15, 2021. Beijing, PRC, Beijing, PRC, 15 сентября 2021 года. – Beijing, PRC: AUS PUBLISHERS, 2021. – P. 260-266. – DOI 10.34660/INF.2021.62.39.037. – EDN LOSPQW.
13. Semenova, K. S. Methodology for monitoring soil moisture in systems of double-acting irrigation / K. S. Semenova, O. V. Kablukov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: 6, Krasnoyarsk, 18–20 ноября 2021 года. – Krasnoyarsk, 2022. – P. 022021. – DOI 10.1088/1755-1315/981/2/022021. – EDN RUQEWN.
14. Shkaruba, N. Z. Permissible Measurement Error in Monitoring the Shape and Position of Surfaces / N. Z. Shkaruba, O. A. Leonov // Russian Engineering Research. – 2021. – Vol. 41, No. 3. – P. 211-214. – DOI 10.3103/S1068798X21030175.
15. Аристов, А.И. Метрология, стандартизация, сертификация: Учебное пособие / А.И. Аристов, В.М. Приходько, И.Д. Сергеев, Д.С. Фатюхин. – М.: НИЦ ИНФРА-М, 2013. – 495 с.
16. Архипов, А.В. Метрология. Стандартизация Сертификация: Учебник для студентов вузов / А.В. Архипов, А.Г. Зекунов, П.Г. Курилов; Под ред. В.М. Мишин– М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2013. – 495 с.
17. Басаков, М.И. Основы стандартизации, метрологии, сертификации: 100 экзаменационных ответов / М.И. Басаков. - Рн/Д: Феникс, ИКЦ МарТ, 2010. – 224 с.
18. Белобрагин, В.Я. Основы технического регулирования / В.Я. Белобрагин. – М.: Стандарты и качество, 2005. - 320 с.
19. Белов, В.М. Технические измерения: Учеб. пособ. / В.М. Белов, А.П. Шнырев, А.С. Апатенко, Р.Ю. Грачев. - М.: Ред. Изд. Отд. МГУП, 2010. – 235 с.
20. Берновский, Ю.Н. Стандартизация: Учебное пособие / Ю.Н. Берновский. - М.: Форум, 2012. - 368 с.
21. Боларев, Б.П. Стандартизация, метрология, подтверждение соответствия: Учебное пособие / Б.П. Боларев. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2013. – 254 с.
22. Бондарева, Г. И. АВС-анализ показателей качества картофелеуборочных комбайнов / Г. И. Бондарева, О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба [и др.] // Сельский механизатор. – 2022. – № 7. – С. 4-5. – DOI 10.47336/0131-7393-2022-7-4-5.

23. Бондарева, Г. И. Влияние погрешности средств измерений на потери при ремонте сельхозтехники / О. А. Леонов, Г. И. Бондарева, Н. Ж. Шкаруба // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2007. – № 11. – С. 27-29.
24. Бондарева, Г. И. Входной контроль и метрологическое обеспечение на предприятиях технического сервиса / О. А. Леонов, Г. И. Бондарева, Н. Ж. Шкаруба // Сельский механизатор. – 2017. – № 4. – С.36-38.
25. Бондарева, Г. И. Затраты на контроль при ремонте двигателей / Г. И. Бондарева, О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба [и др.] // Сельский механизатор. – 2021. – № 7. – С. 32-33. – DOI 10.47336/0131-7393-2021-7-32-33.
26. Бондарева, Г. И. Метрология: измерение давления в АПК : учебное пособие / Г. И. Бондарева, О. А. Леонов. – Москва, 2016. – 344 с. – ISBN: 978-5-9675-1508-8.
27. Бондарева, Г. И. Метрология: измерение массы в АПК : учебное пособие / Г. И. Бондарева, О. А. Леонов. – Москва : Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2014. – 344 с. – ISBN: 978-5-7367-1025-6.
28. Бондарева, Г. И. Обоснование диаметров гидроцилиндров протяжных станков для изготовления ремонтных втулок / Г. И. Бондарева, О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба [и др.] // Сельский механизатор. – 2022. – № 9. – С. 14-15. – DOI 10.47336/0131-7393-2022-9-14-15.
29. Бондарева, Г. И. Обоснование замены индикаторных головок на цифровые при контроле ремонта машин / Г. И. Бондарева, О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба [и др.] // Сельский механизатор. – 2022. – № 4. – С. 26-27. – DOI 10.47336/0131-7393-2022-4-26-27.
30. Бондарева, Г. И. Обоснование использования при ремонте изношенного цифрового микрометра / Г. И. Бондарева, О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба [и др.] // Сельский механизатор. – 2023. – № 5. – С. 42-44. – DOI 10.47336/0131-7393-2023-5-42-43-44.
31. Бондарева, Г. И. Оценка внешнего брака на предприятиях машиностроения / Г. И. Бондарева, Г. Н. Темасова, О. А. Леонов [и др.] // Вестник машиностроения. – 2021. – № 11. – С. 93-96. – DOI 10.36652/0042-4633-2021-11-93-96.
32. Бондарева, Г. И. Оценка внешних потерь на предприятиях технического сервиса в АПК / Г. И. Бондарева, О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба [и др.] // Сельский механизатор. – 2020. – № 9. – С. 34-35. – DOI 10.47336/0131-7393-2020-9-34-35.
33. Бондарева, Г. И. Оценка потерь от несоответствий процесса обслуживания и ремонта техники при послепродажном сервисе / Г. И. Бондарева, О.

А. Леонов, Г. Н. Темасова [и др.] // Сельский механизатор. – 2021. – № 5. – С. 38-40. – DOI 10.47336/0131-7393-2021-5-38-39-40.

34. Бондарева, Г. И. Применение технико-экономических критериев при выборе средств измерений в ремонтном производстве / О. А. Леонов, Г. И. Бондарева, Н. Ж. Шкаруба // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2008. – № 1. – С. 53-55.

35. Бондарева, Г. И. Разработка алгоритма верификации запасных частей при ремонте машин / Г. И. Бондарева, О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба [и др.] // Сельский механизатор. – 2022. – № 10. – С. 27-29. – DOI 10.47336/0131-7393-2022-10-27-28-29.

36. Бондарева, Г. И. Расчет посадки с натягом из условия разбираемости соединения звездочки и ведомого вала редуктора / Г. И. Бондарева, О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба [и др.] // Сельский механизатор. – 2023. – № 7. – С. 38-39. – DOI 10.47336/0131-7393-2023-7-38-39.

37. Бондарева, Г. И. Теория и практика оценки рисков процессов контроля на предприятиях технического сервиса / Г. И. Бондарева, Н. Ж. Шкаруба, О. А. Леонов [и др.] // Сельский механизатор. – 2021. – № 11. – С. 29-30. – DOI 10.47336/0131-7393-2021-11-29-30-32.

38. Бондарева, Г.И. Изменения в стандартах единой системы допусков и посадок. / Г.И. Бондарева, О.А. Леонов, Н.Ж. Шкаруба, Ю.Г. Вергазова // Тракторы и сельхозмашины. 2016 - № 12. – с. 39-42.

39. Бондарева, Г.И. Метрологическое обеспечение контроля деталей на машинно-технологических станциях: Учебное пособие. / Г.И. Бондарева. - М.: Издательский центр МГАУ, 2007 – 217 с.

40. Бондарева, Г.И. Метрология: Измерение массы в АПК: Учебное пособие для бакалавров / Г.И. Бондарева, О.А. Леонов. - М.: РГАУ-МСХА, 2014. - 317 с.

41. Бондарева, Г.И. Эффективность внедрения системы качества на предприятиях технического сервиса / Г.И. Бондарева, О.А. Леонов, Н.Ж. Шкаруба, Ю.Г. Вергазова // Сельский механизатор. 2016 - № 4. –с. 34-35.

42. Бондарева, Г.И., Метрология: Измерение давления в АПК: Учебное пособие для бакалавров / Г.И. Бондарева, О.А. Леонов. - М.: РГАУ-МСХА, 2016.

43. Вдовин, С.М. Система менеджмента качества организации: [учеб. пособие] / С.М. Вдовин, Т.А. Салимова, Л.И. Бирюкова. - М.: ИН-ФРА-М, 2012. - 297 с.

44. Голиницкий, П. В. Влияние режимов обработки кофе различных видов на сенсорный профиль готового продукта / П. В. Голиницкий, Е. А. Мутовкина, Э. И. Черкасова // Контроль качества продукции. – 2020. – № 8. – С. 50-55. – EDN GSSZYP.

45. Голиницкий, П. В. Влияние цифровизации на эффективность технологических процессов современного производства / П. В. Голиницкий, Э. И. Черкасова, Ю. Г. Вергазова, У. Ю. Антонова // Компетентность. – 2021. – № 8. – С. 48-54. – DOI 10.24412/1993-8780-2021-8-48-54. – EDN LRHOEP.
46. Голиницкий, П. В. Выбор режимов напекания металлических порошков на основе никеля и железа при комбинированном методе восстановления бронзовых втулок / П. В. Голиницкий, И. Л. Приходько // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина". – 2018. – № 5(87). – С. 40-45. – DOI 10.26897/1728-7936-2018-5-40-45. – EDN VJYKAA.
47. Голиницкий, П. В. Измерение и контроль деталей транспортных и транспортно-технологических комплексов / П.В. Голиницкий, С.К. Тойгамбаев. – М. : Компания спутник +, 2018. – 154 с.
48. Голиницкий, П. В. Определение геометрических параметров матрицы при объемном обжати втулок из оловянистых бронз / П. В. Голиницкий, О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, У. Ю. Антонова // Вестник машиностроения. – 2021. – № 7. – С. 27-30. – DOI 10.36652/0042-4633-2021-7-27-30.
49. Голиницкий, П. В. Применение IT-технологий при маркировке запасных частей сельскохозяйственной техники / П. В. Голиницкий, У. Ю. Антонова, К. И. Ханжиян // Компетентность. – 2019. – № 5. – С. 36-39. – EDN TFKVZH.
50. Голиницкий, П. В. Применение цифровых инструментов для совершенствования производственного процесса / П. В. Голиницкий, У. Ю. Антонова, Л. А. Гринченко, С. Ю. Видникевич // Компетентность. – 2023. – № 5. – С. 32-37. – DOI 10.24412/1993-8780-2023-5-32-37. – EDN CHXXCZ.
51. Голиницкий, П. В. Совершенствование технологии объемного обжатия втулок из оловянистых бронз при ремонте машин / П. В. Голиницкий, О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба // Вестник машиностроения. – 2022. – № 9. – С. 3-7. – DOI 10.36652/0042-4633-2022-9-3-7.
52. Голованов, А. И. О борьбе с пожарами на осушенных торфяниках / А. И. Голованов, К. С. Семенова // Доклады ТСХА: Сборник статей, Москва, 06–08 декабря 2018 года. – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2019. – С. 256-259. – EDN ZTAУNB.
53. Голованов, А. И. Режим противопожарного шлюзования осушенных торфяников (на примере Мещерской низменности) / А.И. Голованов, К.С. Семенова // Мелиорация и водное хозяйство. – 2015. – №5. – С. 20 – 25.

54. Голованов, А. И. Режим противопожарного шлюзования осушенных торфяников (на примере Мещерской низменности) / А. И. Голованов, К. С. Семенова // Мелиорация и водное хозяйство. – 2015. – № 5. – С. 20-25. – EDN TXZTXG.

55. Головинов, Е. Э. Мониторинг водопроводящих сооружений мелиоративных систем методом дистанционного зондирования / Е. Э. Головинов, С. А. Киселев, К. С. Семенова // Основные результаты научных исследований института за 2017 год: Сборник научных трудов. – Москва: Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова, 2018. – С. 94-102. – EDN XTZOBV.

56. ГОСТ Р 1.0–2004. Стандартизация в РФ. Основные положения. М.: Стандартинформ.

57. ГОСТ Р 1.0–2004. Стандартизация в РФ. Основные положения. М.: Стандартинформ.

58. ГОСТ Р 27.403-2009. Государственная система обеспечения единства измерений. Межгосударственный стандарт штангенциркули. Технические условия. М.: Стандартинформ.

59. ГОСТ Р 40.001–95. Правила по проведению сертификации систем качества в РФ. М.: Стандартинформ.

60. Димов, Ю.В. Метрология, стандартизация и сертификация: учебник для вузов. Станд. 3 покол. / Ю.В. Димов. -СПб: Питер, 2006. - 496 с.

61. Дубовой, Н.Д. Основы метрологии, стандартизации и сертификации: Учебное пособие / Н.Д. Дубовой, Е.М. Портнов. - М.: ИД ФО-РУМ, НИЦ ИНФРА-М, 2013. – 256 с.

62. Дунченко, Н. И. Формирование математической модели комплексного показателя результативности системы менеджмента качества /, Е. С. Волошина, С. В. Купцова, Э. И. Черкасова // Инновации в пищевой биотехнологии : Сборник трудов Международного симпозиума, Кемерово, 14–16 мая 2018 года / Под общей редакцией А.Ю. Просекова. – Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2018. – С. 432-436.

63. Ерохин, М. Н. Влияние объемного модифицирования на физико-механические свойства резиновых армированных манжет / М. Н. Ерохин, О. М. Мельников, О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба // Проблемы машиностроения и автоматизации. – 2021. – № 4. – С. 41-47. – DOI 10.52261/02346206_2021_4_41.

64. Ерохин, М. Н. Нормирование допускаемой погрешности измерения массы при контроле деталей шатунно-поршневой группы / М. Н. Ерохин, О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба [и др.] // Вестник машиностроения. – 2021. – № 9. – С. 40-44. – DOI 10.36652/0042-4633-2021-9-40-44.

65. Ерохин, М. Н. Применение размерного анализа для расчета суммарного отклонения от соосности манжеты относительно вала / М. Н. Ерохин, О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба [и др.] // Проблемы машиностроения и надежности машин. – 2021. – № 6. – С. 61-67. – DOI 10.31857/S0235711921060067.
66. Ерохин, М. Н. Производство и ремонт отечественных машин для агропромышленного комплекса с позиции принципа 5М / М. Н. Ерохин, О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба [и др.] // Вестник машиностроения. – 2023. – № 8. – С. 701-704. – DOI 10.36652/0042-4633-2023-102-8-701-704.
67. Ерохин, М. Н. Процентная взаимозаменяемость посадок с натягом / М. Н. Ерохин, О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба [и др.] // Вестник машиностроения. – 2020. – № 3. – С. 41-44. – DOI 10.36652/0042-4633-2020-3-41-44.
68. Жуков, Э.Л. Технология машиностроения: Кн.2. Производство деталей машин: Под ред. С.Л. Мурашкина: Учеб. пос. для вузов / Э.Л. Жуков, И.И. Козарь, С.Л. Мурашкин и др.- М.: Высшая школа, 2003. – 380 с.
69. Каблуков, О. В. Формирование функциональных блоков гидромелиоративных систем высокого ранга организованности / О. В. Каблуков, К. С. Семенова // Мелиорация и водное хозяйство. – 2021. – № 5. – С. 18-24. – DOI 10.32962/0235-2524-2021-5-18-24. – EDN JQNVLO.
70. Калиниченко, Р. В. Водопонижение и водоотлив как способ предварительного осушения территории парка академика Сахарова г. Санкт-Петербурга / Р. В. Калиниченко, К. С. Семенова, О. В. Каблуков // Природообустройство. – 2022. – № 5. – С. 36-44. – DOI 10.26897/1997-6011-2022-5-36-44. – EDN YQYSMC.
71. Леонов, О.А. Метрология, стандартизация и сертификация / О.А. Леонов, В.В. Карпузов, Н.Ж. Шкаруба – М.: Издательство РГАУ-МСХА, 2017.
72. Леонов, О. А. Выбор универсальных средств измерений для контроля гильз цилиндров двигателя при селективной сборке/ О. А. Леонов, У. Ю. Антонова // Тракторы и сельхозмашины. – 2017. – № 6. – С. 52-57.
73. Леонов, О. А. Дефектация валов и шестерен с позиции обеспечения качества соединений при ремонте редукторов сельхозмашин / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Ю. Г. Вергазова // Агроинженерия. – 2022. – Т. 24, № 4. – С. 48-52. – DOI 10.26897/2687-1149-2022-4-48-52.
74. Леонов, О. А. Курсовое проектирование по метрологии, стандартизации и сертификации : учебное пособие / О.А. Леонов, Н.Ж. Шкаруба, Г.Н. Темасова. – Москва : МГАУ, 2011. – 120 с.
75. Леонов, О. А. Леонов, О. А. Разработка методики ранжирования показателей качества картофелеуборочных комбайнов / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Д. А. Боголюбова // Агроинженерия. – 2022. – Т. 24, № 2. – С. 13-20. – DOI 10.26897/2687-1149-2022-2-13-20.

76. Леонов, О. А. Методика оценки качества процессов предприятий технического сервиса / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Г. Н. Темасова, Ю. Г. Вергазова // Компетентность. – 2021. – № 2. – С. 32-38. – DOI 10.24412/1993-8780-2021-2-32-38.
77. Леонов, О. А. Методика расчета экономии от использования более точного средства измерений при изготовлении и ремонте машин / О. А. Леонов, У. Ю. Антонова // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. – 2018. – № 4 (86). – С. 42-46.
78. Леонов, О. А. Методика расчета эффективности функционирования системы менеджмента качества / О. А. Леонов, Г. Н. Темасова, Н. Ж. Шкаруба, Ю. Г. Вергазова // Компетентность. – 2020. – № 3. – С. 26-31.
79. Леонов, О. А. Методология оценки издержек на контроль при ремонте машин / О. А. Леонов, Г. Н. Темасова // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2019. – № 3 (23). – С. 37-43.
80. Леонов, О. А. Методы и средства измерений : Учебник / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, П. В. Голиницкий, У. Ю. Антонова. – Москва : Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2020. – 204 с. – DOI 10.34677/. – EDN IKQVDY.
81. Леонов, О. А. Методы и средства измерений : учебное пособие / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба. – Москва : МГАУ, 2014. – 256 с.
82. Леонов, О. А. Методы и средства измерений температуры : учебное пособие / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба. – Москва : ФГОУ ВПО МГАУ, 2008. – 124 с.
83. Леонов, О. А. Методы и средства контроля качества обработки гильз цилиндров на ремонтных машиностроительных предприятиях / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Ю. Г. Вергазова [и др.] // Вестник машиностроения. – 2020. – № 6. – С. 40-45. – DOI 10.36652/0042-4633-2020-6-40-45.
84. Леонов, О. А. Метрологическое обеспечение контроля гильз цилиндров при ремонте дизелей / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Ю. Г. Вергазова, У. Ю. Антонова // Вестник Барановичского государственного университета. Серия: Технические науки. – 2018. – № 6. – С. 104-109.
85. Леонов, О. А. Метрологическое обеспечение контроля качества и безопасности при производстве варено-копченых колбас на предприятиях АПК / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 3. – С.95-110.
86. Леонов, О. А. Метрология и технические измерения : учебное пособие / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба. – Москва : РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2015. – 239 с.

87. Леонов, О. А. Метрология, стандартизация и сертификация : учебное пособие / О. А. Леонов, В. В. Карпузов, Н. Е. Кисенков, Н. Ж. Шкаруба. – Москва : Издательство КолосС, 2009. – 568 с. – ISBN: 978-5-9532-0632-7.
88. Леонов, О. А. Нормирование допускаемой погрешности и выбор средств измерения при контроле отклонения формы и расположения поверхностей / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Л. А. Гринченко // *Агроинженерия*. – 2021. – № 2(102). – С. 51-57. – DOI 10.26897/2687-1149-2021-2-51-57.
89. Леонов, О. А. Нормирование погрешности косвенных измерений при приёмо-сдаточных испытаниях двигателей / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба // *Измерительная техника*. – 2022. – № 8. – С. 23-27. – DOI 10.32446/0368-1025it.2022-8-23-27.
90. Леонов, О. А. Обоснование посадок соединений со шпонками / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Ю. Г. Вергазова, Д. У. Хасьянова // *Проблемы машиностроения и надёжности машин*. – 2022. – № 6. – С. 65-71. – DOI 10.31857/S0235711922060074.
91. Леонов, О. А. Общая теория измерений : учебное пособие / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба. – Москва : РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2017. – 160 с.
92. Леонов, О. А. Оценка и анализ внутренних потерь при производстве продукции на машиностроительных предприятиях / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Ю. Г. Вергазова [и др.] // *Вестник машиностроения*. – 2023. – № 5. – С. 421-426. – DOI 10.36652/0042-4633-2023-102-5-421-426.
93. Леонов, О. А. Оценка качества измерительных процессов при производстве полуфабрикатов мяса птиц / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, А. А. Одицова // *Международный технико-экономический журнал*. – 2019. – № 2. – С. 33-40.
94. Леонов, О. А. Оценка технико-экономического уровня технологического оборудования для обработки гильз цилиндров / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Ю. Г. Вергазова, В. В. Лазарь // *Агроинженерия*. – 2021. – № 2(102). – С. 68-74. – DOI 10.26897/2687-1149-2021-2-68-74.
95. Леонов, О. А. Повышение эффективности метрологического обеспечения жизненного цикла сельскохозяйственной техники / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, И. Г. Голубев // *Техника и оборудование для села*. – 2020. – № 12(282). – С. 38-40. – DOI 10.33267/2072-9642-2020-12-38-40.
96. Леонов, О. А. Проектирование калибра-скобы для контроля диаметра промежуточного вала при ремонте двигателей ЗМЗ / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Ю. Г. Вергазова [и др.] // *Агроинженерия*. – 2021. – № 6(106). – С. 50-55. – DOI 10.26897/2687-1149-2021-6-50-55.

97. Леонов, О. А. Проектная оценка надежности соединения циркуляционно-нагруженного кольца подшипника качения с валом класса допуска js6 / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Ю. Г. Вергазова [и др.] // Проблемы машиностроения и надежности машин. – 2023. – № 4. – С. 61-70. – DOI 10.31857/S0235711923040089.
98. Леонов, О. А. Расчет допуска посадки по модели параметрического отказа соединения / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба // Проблемы машиностроения и автоматизации. – 2020. – № 4. – С. 14-20.
99. Леонов, О. А. Расчет допуска посадки с зазором для повышения относительной износостойкости соединений / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Г. Н. Темасова [и др.] // Трение и износ. – 2023. – Т. 44, № 3. – С. 261-269. – DOI 10.32864/0202-4977-2023-44-3-261-269.
100. Леонов, О. А. Расчет допуска посадки с зазором для повышения относительной износостойкости соединений / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Г. Н. Темасова [и др.] // Трение и износ. – 2023. – Т. 44, № 3. – С. 261-269. – DOI 10.32864/0202-4977-2023-44-3-261-269.
101. Леонов, О. А. Расчет допусков калибра-пробки для контроля диаметров отверстий втулок промежуточного вала при ремонте двигателей ЗМЗ / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Г. Н. Темасова [и др.] // Вестник НГИЭИ. – 2021. – № 7(122). – С. 48-58. – DOI 10.24412/2227-9407-2021-7-48-58.
102. Леонов, О. А. Расчет посадок с натягом при комбинированном нагружении / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Ю. Г. Вергазова // Вестник машиностроения. – 2021. – № 3. – С. 25-28. – DOI 10.36652/0042-2021-3-25-28.
103. Леонов, О. А. Расчет посадок соединений упругих втулочно-пальцевых муфт с валами / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Ю. Г. Вергазова [и др.] // Вестник машиностроения. – 2023. – № 2. – С. 96-101. – DOI 10.36652/0042-4633-2023-102-2-96-101.
104. Леонов, О. А. Стандартизация : учебное пособие / О. А. Леонов, В. В. Карпузов, Г.Н. Темасова. – Москва : МГАУ, 2008. – 158 с.
105. Леонов, О. А. Статистические методы управления качеством : учебное пособие / О. А. Леонов, Г. Н. Темасова. – Санкт-Петербург : Изд-во Лань, 2019 – 144 с. – ISBN: 978-5-8114-3666-8.
106. Леонов, О. А. Теория и расчет измерительных преобразователей и приборов / О. А. Леонов, П. В. Голиницкий. – Москва : Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2020. – 165 с. – EDN IJYLYC.
107. Леонов, О. А. Техничко-экономические основы метрологии, стандартизации и управления качеством : учебное пособие / О. А. Леонов, Г. Н. Темасова, Н. Ж. Шкаруба. – Москва : ФГОУ ВПО МГАУ, 2004. – 235 с.

108. Леонов, О. А. Управление качеством : учебное пособие / О. А. Леонов, Г. Н. Темасова, Ю. Г. Вергазова. – Санкт-Петербург : Изд-во Лань, 2018. – 180 с.
109. Леонов, О. А. Физические основы измерений : учебное пособие / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Ю. Г. Вергазова, У. Ю. Антонова. – Москва: Изд-во РГАУ-МСХА, 2018. – 162 с.
110. Леонов, О. А. Экономика качества, стандартизации и сертификации : учебное пособие / О. А. Леонов, Г. Н. Темасова, Н. Ж. Шкаруба. – Москва : М.: ИНФРА-М, 2014. – 251 с.
111. Леонов, О.А. Взаимозаменяемость / О.А. Леонов, Ю.Г. Вергазова. - М.: Изд-во «Лань», 2018. - 208 с.
112. Леонов, О.А. Курсовое проектирование по метрологии, стандартизации и сертификации / О.А. Леонов, Н.Ж. Шкаруба, Г.Н. Темасова. - М.: МГАУ, 2011. - 120 с.
113. Леонов, О.А. Методы и средства измерений / О.А. Леонов, Н.Ж. Шкаруба – М: Издательство МГАУ, 2014. – 256 с.
114. Леонов, О.А. Метрология, стандартизация и сертификация / О.А. Леонов, В.В. Карпузов, Н.Ж. Шкаруба, Н.Е. Кисенков. – М.: КолосС, 2009. – 568 с.
115. Леонов, О.А. Общая теория измерений / О.А. Леонов, Н.Ж. Шкаруба – М: Издательство РГАУ-МСХА, 2017. – 160 с.
116. Леонов, О.А. Оценка качества процессов, продукции и услуг / О.А. Леонов, Ю.Г. Вергазова. - М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2017. - 146 с.
117. Леонов, О.А. Разработка системы менеджмента качества для предприятий технического сервиса / О.А. Леонов и др. - М.: Издательство РГАУ-МСХА, 2016. - 161 с.
118. Леонов, О.А. Стандартизация / О.А. Леонов, В.В. Карпузов, Г.Н. Темасова. - М., 2008. - 158 с.
119. Леонов, О.А. Статистические методы контроля и управления качеством / О.А. Леонов, Г.Н. Темасова. - М.: ФГОУ ВПО МГАУ, 2014. - 140 с.
120. Леонов, О.А. Техничко-экономические основы метрологии, стандартизации и управления качеством. Учебное пособие / О.А. Леонов, Г.Н. Темасова, Н.Ж. Шкаруба. - М.: ФГОУ ВПО МГАУ, 2004. - 235 с.
121. Леонов, О.А. Технология контроля качества продукции / О.А. Леонов, Г.И. Бондарева – М: Издательство РГАУ-МСХА, 2016. – 142 с.
122. Леонов, О.А. Управление качеством / О.А. Леонов, Г.Н. Темасова, Ю.Г. Вергазова. – М.: Издательство «Лань», 2018. – 180 с.
123. Леонов, О.А. Экономика качества / О.А. Леонов, Г.Н. Темасова. Saarbrucken, 2015. - 305 с.

124. Леонов, О.А. Экономика качества, стандартизации и сертификации / О.А. Леонов, Г.Н. Темасова, Н.Ж. Шкаруба. - М.: ИНФРА-М, 2014. - 251 с.

125. Леонов, О.А., Вергазова Ю.Г. Квалиметрия / О.А. Леонов, Ю.Г. Вергазова. - М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2017. - 160 с.

126. Потороко, И. Ю. Товароведение и экспертиза продовольственных товаров : учебное пособие / И. Ю. Потороко, И. В. Калинина, Э. И. Черкасова ; И. Ю. Потороко, И. В. Калинина, Э. И. Черкасова ; М-во образования и науки Российской Федерации, Федеральное агентство по образованию, Южно-Уральский гос. ун-т, Каф. "Товароведение и экспертиза потребительских товаров". – Челябинск : Изд-во ЮУрГУ, 2008.

127. Применение цифровой маркировки для обеспечения качества пищевой продукции / Э. И. Черкасова, П. В. Голиницкий, К. С. Семенова, У. Ю. Антонова // Наука и образование: опыт, проблемы, перспективы развития : Материалы международной научно-практической конференции, Красноярск, 20–22 апреля 2021 года. Том 1 Часть 2. – Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет, 2021. – С. 356-358. – EDN TPOGIZ.

128. Пчелкин, В. В. Основы научной деятельности / В. В. Пчелкин, Т. И. Сурикова, К. С. Семенова. – Москва : ООО "Издательство "Спутник+", 2018. – 173 с. – ISBN 978-5-9973-4821-2. – EDN XVVDZZ.

129. Пчелкин, В. В. Основы научной деятельности / В. В. Пчелкин, Т. И. Сурикова, К. С. Семенова. – Москва : ООО "Издательство "Спутник+", 2018. – 173 с. – ISBN 978-5-9973-4821-2. – EDN XVVDZZ.

130. Пчелкин, В. В. Основы научных исследований: Учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению 35.03.11 - Гидромелиорация (профиль «Проектирование и строительство гидромелиоративных систем») / В. В. Пчелкин, К. С. Семенова. – Москва : Знание-М, 2023. – 221 с. – ISBN 978-5-00187-434-8. – EDN SFSUJK.

131. Репин, В. В. Разработка архитектуры бизнес-процессов компании в Business Studio / В.В. Репин – Екатеринбург: Издательские решения, 2019. – 142 с. – ISBN 978-5-4496-8788-3

132. РМГ 29–99. Государственная система обеспечения единства измерений. М.: Стандартиформ Метрология. Термины и определения. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2000. – 50 с.

133. Семенова К.С. Экспериментальные исследования эффективности противопожарного шлюзования / К.С. Семенова // Научно-практический журнал «Приодообустройство». 2015. № 3. С. 35–40.

134. Семенова, К. С. Дистанционное зондирование как метод мониторинга сельскохозяйственных земель / К. С. Семенова, О. В. Каблуков, О. М. Кузина // Наука и образование: опыт, проблемы, перспективы развития: Материалы

международной научно-практической конференции, Красноярск, 20–22 апреля 2021 года. – Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет, 2021. – С. 453-455.

135. Семенова, К. С. Мероприятия по оценке осушенного выработанного торфяника как потенциально пожароопасного объекта / К. С. Семенова, Р. Рифат // Современные проблемы и прогрессивные направления развития науки : Сборник статей международной научной конференции, Омск, 24 мая 2023 года. – Санкт-Петербург: Частное научно-образовательное учреждение дополнительного профессионального образования Гуманитарный национальный исследовательский институт «НАЦРАЗВИТИЕ», 2023. – С. 48-50. – EDN RGITUH.

136. Семенова, К. С. Методика мониторинга двустороннего регулирования влажности почвы при эксплуатации инженерных мелиоративных систем / К. С. Семенова, О. В. Каблуков // Природообустройство. – 2021. – № 4. – С. 23-30. – DOI 10.26897/1997-6011-2021-4-23-30.

137. Семенова, К. С. Обоснование использования вегетационного индекса NDVI как основного показателя мониторинга состояния сельскохозяйственных земель / К. С. Семенова // Материалы Международной научной конференции молодых учёных и специалистов, посвящённой 135-летию со дня рождения А.Н. Костякова : сборник статей, Москва, 06–08 июня 2022 года. Том 1. – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2022. – С. 44-48.

138. Семенова, К. С. Обоснование использования дождевальная машины Valley в условиях центральной зоны Ростовской области и для выращивания кукурузы / К. С. Семенова // Инновационные направления научных исследований в земледелии и животноводстве как основа развития сельскохозяйственного производства : Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием и Всероссийской Школы молодых учёных, Белгород, 24–25 июня 2021 года. – Белгород: ООО «КОНСТАНТА»; ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН, 2021. – С. 77-81.

139. Семенова, К. С. Обоснование использования спутниковых снимков Landsat для мониторинга мелиорируемых земель / К. С. Семенова, С. А. Киселев // Материалы международной научной конференции молодых учёных и специалистов, посвящённой 150-летию со дня рождения В.П. Горячкина, Москва, 06–07 июня 2018 года. – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2018. – С. 689-692.

140. Семенова, К. С. Обоснование объема противопожарной водоподдачи при шлюзовании торфяников / К. С. Семенова // Природообустройство. – 2016. – № 1. – С. 84-90.

141. Семенова, К. С. Обоснование противопожарного шлюзования осушенных торфяников в условиях Мещерской низменности: специальность 06.01.02 "Мелиорация, рекультивация и охрана земель": диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Семенова Кристина Сергеевна. – Москва, 2016. – 130 с.

142. Семенова, К. С. Обоснование противопожарного шлюзования осушенных торфяников в условиях Мещерской низменности: специальность 06.01.02 "Мелиорация, рекультивация и охрана земель" : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Семенова Кристина Сергеевна. – Москва, 2016. – 22 с. Семенова, К. С. Оценка биопрепаратов как способа доочистки почв и грунтов, загрязненных нефтепродуктами / К. С. Семенова, В. А. Иванова, Ю. А. Попенова // Вклад молодых ученых в реализацию приоритетных направлений развития аграрной науки : материалы Национальной научно-практической конференции молодых ученых, Ижевск, 17–19 ноября 2021 года. – Ижевск: Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, 2021. – С. 50-55. – EDN IPIEGD.

143. Семенова, К. С. Оценка формулы определения испаряемости для создания осушительно-увлажнительных земель на осушенных торфяниках Мещерской низменности / К. С. Семенова // Природообустройство. – 2019. – № 4. – С. 23-28. – DOI 10.34677/1997-6011/2019-4-23-29. – EDN СКВОZX.

144. Семенова, К. С. Рекультивация выработанных торфяников / К. С. Семенова, Т. В. Кубышкина, О. М. Кузина. – Москва : ООО "Издательство "Спутник+", 2022. – 106 с. – ISBN 978-5-9973-6427-4. – EDN OJVWSI.

145. Семенова, К. С. Шлюзование каналов как способ борьбы с самовозгоранием на осушенных торфяниках Московской области / К. С. Семенова // Теория и практика современной аграрной науки : Сборник III национальной (всероссийской) научной конференции с международным участием, Новосибирск, 28 февраля 2020 года. Том 1. – Новосибирск: Издательский центр Новосибирского государственного аграрного университета "Золотой колос", 2020. – С. 563-566. – EDN ODVICN.

146. Семенова, К. С. Экспериментальные исследования эффективности противопожарного шлюзования / К. С. Семенова // Природообустройство. – 2015. – № 3. – С. 35-40. – EDN UFEYBZ.

147. Семенова, К.С. Экспериментальные исследования эффективности противопожарного шлюзования / И.С. Семенова // Природообустройство.– 2015. – №3. – С. 35 – 40.

148. Тойгамбаев, С.К. Метрология стандартизация сертификация. Учебник / С.К. Тойгамбаев, А.П. Шнырев, П.В. Голиницкий. – М.: Издат. «Компания Спутник +», 2017. - 375с.

149. Тойгамбаев, С.К. Метрология стандартизация сертификация: учебник / С. К., Тойгамбаев, А. П. Шнырев, П. В. Голиницкий. – М. : Компания Спутник+, 2017. 375с.

150. Тойгамбаев, С.К. Надежность технологических машин: Учебное пособие / С.К. Тойгамбаев, А.П. Шнырев, Р.И. Мынжасаров. - М.: Редакционно-издательский отдел. МГУП, 2008. - 194с.

151. Тойгамбаев, С.К. Применение инструментальных материалов при резании металлов: Учеб. пособ. / С.К. Тойгамбаев. - М.: Ред. Изд. Отд. МГУП, 2007. -205 с.

152. Учебная практика "Научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы)": учебное пособие по направлению 20.03.02 – Природообустройство и водопользование / В. В. Пчелкин, И. В. Корнеев, О. М. Кузина [и др.]. – Москва : Спутник +, 2021. – 102 с. – ISBN 978-5-9973-5901-0. – EDN EFMDJN.

153. Черкасова, Э. И. Анализ и синтез процессов обеспечения качества / Э. И. Черкасова, П. В. Голиницкий, Ю. Г. Вергазова, У. Ю. Антонова – М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2018. – 174 с.

154. Черкасова, Э. И. Влияние термического обеззараживания на комплекс микроорганизмов и качество многокомпонентных смесей растительного происхождения : специальность 03.00.16 : диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Черкасова Эльмира Исламовна. – Красноярск, 2006. – 140 с. – EDN NNRSKX.

155. Черкасова, Э. И. Использование СВЧ-поля для обеспечения микробиологической безопасности продуктов растительного происхождения / Э. И. Черкасова // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. – 2014. – Т. 2, № 1. – С. 67-71.

156. Черкасова, Э. И. Организация контроля качества на перерабатывающих предприятиях АПК / Э. И. Черкасова // Доклады Тимирязевской сельскохозяйственной академии (см. в книгах). – 2015. – Т. 1, № 287-2. – С. 286-289. Черкасова, Э. И. Введение в специальность / Э. И. Черкасова. – Москва : Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2020. – 127 с. – DOI 10.34677/.

157. Черкасова, Э. И. Основы разработки процедуры обращения с потенциально опасной пищевой продукцией / Э. И. Черкасова // Безопасность и качество сельскохозяйственного сырья и продовольствия. Создание национальной системы управления качеством пищевой продукции : Сборник научных трудов, Москва, 23 ноября 2016 года. – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2016. – С. 448-450.

158. Черкасова, Э. И. Повышение качества Робусты путем применения наилучших режимов обработки / Э. И. Черкасова, П. В. Голиницкий, Е. А. Мутовкина // *Агроинженерия*. – 2020. – № 6(100). – С. 16-21. – DOI 10.26897/2687-1149-2020-6-16-21. – EDN BAKKSW.

159. Черкасова, Э. И. Современные методы маркировки кондитерских изделий / Э. И. Черкасова, П. В. Голиницкий // *Компетентность*. – 2020. – № 2. – С. 34-38. – EDN YSPEBC.

160. Черкасова, Э. И. Современные методы маркировки кондитерских изделий / Э. И. Черкасова, П. В. Голиницкий // *Компетентность*. – 2020. – № 2. – С. 34-38. – EDN YSPEBC.

161. Шкаруба, Н. Ж. Расчет затрат на контроль технологических процессов ремонтного производства / Н. Ж. Шкаруба // *Вестник ФГОУ ВПО МГАУ*. – 2004. – № 5. – С. 75-77.

162. Шкаруба, Н. Ж. Совершенствование методики проведения микрометража и дефектации коленчатых валов // *Вестник ФГОУ ВПО МГАУ*. – 2007. – № 3. – С. 81-85.

163. Шкаруба, Н. Ж. Анализ системы технологии контроля качества ремонтного производства / Н. Ж. Шкаруба, Ю. Г. Вергазова, И. И. Рулько // *Сельский механизатор*. – 2020. – № 4. – С. 38-39.

164. Шкаруба, Н. Ж. Метрологическое обеспечение контроля гильз цилиндров при ремонте дизелей / Н. Ж. Шкаруба, Ю. Г. Вергазова, У. Ю. Антонова // *Вестник Барановичского государственного университета. Серия: Технические науки*. – 2018. – № 6. – С. 104-109.

165. Шкаруба, Н. Ж. Метрология : учебное пособие / Н. Ж. Шкаруба. – Москва : ФГОУ ВПО МГАУ, 2007. – 162 с. – ISBN: 978-5-86785-210-8.

166. Шкаруба, Н. Ж. Обоснование допускаемой погрешности измерений при контроле отклонений формы и расположения поверхностей деталей / Н. Ж. Шкаруба, О. А. Леонов // *Вестник машиностроения*. – 2020. – № 12. – С. 42-45. – DOI 10.36652/4633-0042-2020-12-42-45.

167. Шкаруба, Н. Ж. Оценка качества услуг по техническому обслуживанию и ремонту автотранспорта / Н. Ж. Шкаруба, Г. Н. Темасова, Ю. Г. Вергазова [и др.]. – Москва : ООО "Издательство "Спутник+", 2021. – 172 с. – ISBN 978-5-9973-6210-2. – EDN YGESOI.

168. Шкаруба, Н. Ж. Результаты экономической оптимизации выбора средств измерений при контроле качества технологических процессов в ремонтном производстве / Н. Ж. Шкаруба // *Вестник ФГОУ ВПО МГАУ*. – 2007. – № 5 (25). – С. 109-112.

169. Шкаруба, Н. Ж. Техничко-экономические критерии выбора универсальных средств измерений при ремонте сельскохозяйственной техники : монография / Н. Ж. Шкаруба. – Москва : ФГОУ ВПО МГАУ, 2009. – 118 с. – ISBN: 978-5-86785-244-3.

170. Шкаруба, Н.Ж. Метрология / Н.Ж. Шкаруба. - М.: ФГОУ ВПО МГАУ, 2007. - 162 с.

171. Шкаруба, Н.Ж. Техничко-экономические критерии выбора универсальных средств измерений при ремонте сельскохозяйственной техники. Монография / Н.Ж. Шкаруба, - М.: ФГОУ ВПО МГАУ, 2009. - 118 с.

172. Шнырев, А. П. Размерный анализ бронзовых подшипников скольжения при их пластической деформации / А. П. Шнырев, П. В. Голиницкий // Природообустройство. – 2014. – № 1. – С. 83-85. – EDN RYUPTF.

173. Шнырев, А.П. Основы технологии изготовления деталей транспортных и технологических машин: Учебное пособие / А.П. Шнырев, С.К. Тойгамбаев, Г.А. Сергеев, А.Ф. Казимирчук. – М.: Редакционно-издательский отдел. МГУП, 2008. – 242 с.

174. Юсупова, Г. Г. Обеспечение микробиологической безопасности зернового продовольственного сырья / Ю. И. Кротова, Э. И. Черкасова, М. О. Черкасова // Хлебопродукты. – 2013. – № 4. – С. 60-63. – EDN QCYIAJ.

175. Юсупова, Г. Г. Проблемы экологической безопасности зернового продовольственного сырья и способы их решения / Г. Г. Юсупова, Ю. И. Кротова, Э. И. Черкасова // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2005. – № 9. – С. 16-17. – EDN YIQAOR.

Учебное издание

**Голиницкий Павел Вячеславович
Антонова Ульяна Юрьевна
Черкасова Эльмира Исламовна
Чепурин Александр Васильевич
Пупкова Дарья Александровна
Гринченко Лаврентий Александрович**

Системный анализ в управлении качеством

Учебник