МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачёва»

Кафедра автомобильных перевозок

Составители
Ю. Е. Воронов
Н. А. Стенина
С. В. Новикова

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ТРАНСПОРТНЫХ ПРОБЛЕМ

Методические указания к практическим занятиям для магистрантов всех форм обучения

Рекомендованы учебно-методической комиссией направления подготовки 23.04.01 «Технология транспортных процессов» в качестве электронного издания для практических занятий

Кемерово 2015

Рецензент

Тюрин А. Ю. – доктор экономических наук, профессор кафедры автомобильных перевозок, член учебно-методической комиссии направления подготовки 23.04.01 «Технология транспортных процессов»

Воронов, Юрий Евгеньевич
Системный анализ транспортных проблем [Электронный ресурс]: методические указания к практическим занятиям для магистрантов направления подготовки 23.04.01 «Технология транспортных процессов» всех форм обучения / сост.: Ю. Е. Воронов, Н. А. Стенина, С. В. Новикова; КузГТУ. – Кемерово, 2015.

Приведены темы практических занятий, их содержание, контрольные вопросы и примерные оценочные средства для текущего контроля и промежуточной аттестации.

© КузГТУ, 2015
© Воронов Ю. Е.,
Стенина Н. А.,
Новикова С. В.,
составление, 2015

ВВЕДЕНИЕ

Системный анализ – научное направление, занимающееся разработкой методологии принятия решений в процессе создания и совершенствования сложных систем. Современный системный анализ имеет обширный инструментарий, включающий развитый математический аппарат и современные вычислительные системы. Тем не менее, всё ещё остаются необходимыми, а подчас и играют решающую роль традиционные приёмы анализа, использующие опыт и интуицию человека.

Особенности современного системного анализа вытекают из самой природы сложных систем. Имея в качестве цели ликвидацию проблемы, системный анализ привлекает для этого широкий спектр средств, использует возможности различных наук и практических сфер деятельности. Являясь по существу прикладной наукой, системный анализ придает большое значение методологии любого системного исследования. Именно прикладной характер системного анализа приводит к необходимости использовать все современные научные достижения – математику, вычислительную технику, моделирование, натурные исследования и эксперименты.

Можно сказать, что современный системный анализ включает такие виды деятельности, как:

1) теоретическое и экспериментальное исследование вопросов, связанных с проблемой;

2) проектирование новых систем и изменений в существующих системах;

3) внедрение результатов, полученных в ходе анализа, в практику.

1. Содержание методических указаний к практическим занятиям

Практическое занятие № 1

Разработка модели системы городского пассажирского транспорта

Цель работы: закрепление знаний, получение практических навыков моделирования транспортных систем.

1. Строение и функционирование системы

Строение и функционирование системы связаны с рядом категорий: элемент, компонент, подсистема, связь, цель, структура, состояние, поведение.

Система состоит из элементов. Под *элементом* принято понимать простейшую неделимую часть системы. Возникает вопрос: что является пределом членения системы. Ответ не однозначен. Всё зависит от цели рассмотрения объекта как системы, от точки зрения на него или от аспекта его изучения. Следовательно, под элементом понимается предел деления системы с точки зрения решения конкретной задачи (поставленной цели). Например, при изучении организационной структуры предприятия элементами выступают его отделы, сектора, структурные подразделения. Если же предметом исследования будет трудовой потенциал организации, то – работники данного предприятия.

Другими составляющими строения системы являются подсистемы и компоненты**.** *Подсистема* – это часть системы (группа элементов), способная выполнять относительно независимые функции, направленные на достижение общей цели системы и также обладающая свойством целостности. Например, в организации подсистемами будут являться подсистема управления персоналом, финансовая подсистема и т. д. *Компонент* представляет собой часть системы, для которой не сформулирована подцель и не выполняются свойства целостности.

Еще одной важной категорией является *связь*. Связь обеспечивает возникновение и сохранение структуры и целостных свойств системы. Она характеризует как строение, так и функционирование системы, то есть и её статику, и её динамику.

Связи бывают направленные и ненаправленные, сильные и слабые, внутренние и внешние. По характеру – это связи подчинения,

генетические, равноправные (или безразличные), связи управления; по направленности процессов в системе в целом или в отдельных её подсистемах — прямые и обратные.

Особую роль в системах играет понятие *обратной связи,* под которой понимается процесс, приводящий к тому, что результат функционирования системы влияет на параметры, от которых зависит функционирование этой системы. Таким образом, она выступает основой саморегулирования систем, приспособления их к изменяющимся условиям существования**.**

В основе развития систем лежит цель. На её основе формируются важные характеристики: целенаправленность, целеустремленность, целесообразность.

Цель можно определить как желаемый результат, предвосхищаемый в сознании результат деятельности человека, группы людей. В практическом применении цель – это идеальное устремление, которое позволяет увидеть перспективы или реальные возможности; «опережающее отражение»; устремление к материальному воплощению. Процесс образования и обоснования целей в системах является весьма сложным и не до конца изученным. В связи с этим исследованию закономерностей данного процесса и представления целей в конкретных условиях уделяется всё больше внимания.

Строение системы во многом определяет структура. *Структура системы* (лат. *structura* – строение, расположение) – это определённые взаимосвязи, взаиморасположение составных частей системы, её устройство (строение).

Структура отражает наиболее существенные взаимоотношения между элементами и их группами (компонентами, подсистемами), которые мало меняются при изменениях в системе и обеспечивают существование системы и её основных свойств. Структурные связи обладают относительной независимостью от элементов и могут рассматриваться как инвариант при переходе от одной системы к другой. Одна и та же система может быть представлена разными структурами в зависимости от стадии познания объекта.

Отображение структуры системы может быть представлено в виде графиков, схем, теоретико-множественных описаний, матриц, графов и других языков моделирования структур. Структуру наиболее часто представляют в виде иерархии, то есть упорядочения компонентов по степени важности.

Значительными характеристиками функционирования системы

являются её состояние и поведение.

Состояние системы – это различные параметры и характеристики системы в какой-либо промежуток или момент времени, которые собираются, систематизируются и изучаются. Состояние системы определяют либо через входные воздействия и выходные результаты, либо через макропараметры, макросвойства системы (например, в социально-экономических системах это могут быть производительность труда, себестоимость продукции, прибыль).

Поведение системы – это реакция системы на различные внутренние и внешние раздражители, то есть её способность переходить из одного состояния в другое.

Любая система функционирует во внешней среде, которая оказывает на неё влияние. Под *внешней средой* понимается множество элементов, которые не входят в систему, но изменение их состояния вызывает изменение в поведении системы.

Состояние и поведение системы характеризуют следующие параметры.

1. *Равновесие системы* – это такое состояние системы, когда функционирование всех её элементов обеспечивает целостность системы и выполнение ею оптимальным образом своих функций.

2. *Устойчивость системы* – это способность системы сохранять свою целостность и свойства при различных отклонениях от обычных внешних и внутренних условий существования.

3. *Развитие* – это способность системы постоянно изменять свое состояние в новое, более развитое, или наоборот (деградация системы).

2. Характеристика системы городского пассажирского транспорта как социально-экономической системы

Социально-экономические (в том числе и транспортные) системы являются разновидностью социальных систем.

Социальная система – целостное образование, основными элементами которого являются люди, а также их устойчивые связи, взаимодействия и отношения. Социальные системы складываются на основе совместной деятельности людей.

На первый взгляд традиционное восприятие социально-экономической системы как определённой упорядоченной деятельности людей, направленной на достижение некоторых целей, общеизвестно. Однако в отличие от чисто социальных систем, социально-

экономические постоянно вовлечены в процесс «ресурс – преобразование – результат».

В любой социально-экономической системе первичную роль играет производство вкупе с распределением, обменом, потреблением. Во всех социально-экономических системах для производства требуются экономические ресурсы, а результаты хозяйственной деятельности распределяются, обмениваются и потребляются. В то же время в социально-экономических системах есть также элементы, которые отличают их друг от друга:

- социально-экономические отношения;
- организационно-правовые формы хозяйственной деятельности;
- хозяйственный механизм;
- система стимулов и мотиваций участников;
- экономические связи между предприятиями и организациями.

Характеризуя любую социально-экономическую систему, важно отметить, что она неизбежно локализована в экономическом времени и пространстве. Это система, имеющая определённые исторические, географические, этнические, духовные, политические и экономические границы. Это, в свою очередь, означает, что она воплощается в конкретном государственно-политическом образовании. Этим обусловливается необходимость учёта исследователем следующего: любая изучаемая система, с одной стороны, неизбежно исторически обусловлена, а с другой – исторически обусловлены все категории и законы этой системы.

Социально-экономические системы имеют ряд системных свойств.

1. *Целостность*, которая означает, что изменение любого компонента системы влияет на её другие компоненты и приводит к изменению системы в целом. Такое явление можно, например, проследить в случае диалектического взаимодействия производительных сил и производственных отношений, когда при смене средств производства меняются соответственно производственные отношения и система в целом. То есть мы в данном случае имеем дело с взаимозависимостью компонентов экономической системы.

2. *Иерархичность*. Это значит, что каждая система может быть рассмотрена как элемент более высокого порядка. К примеру, экономика России может быть рассмотрена в качестве одного из элементов мировой экономической системы, а единая транспортная система страны – как элемента экономики России.

3. *Интегративность* (системное качество, эмерджентность) предполагает, что система в целом обладает свойствами, отсутствующими у её элементов (к примеру, разделение труда, которое возможно только при наличии некоторого количества производителей). Верно и обратное, то есть элементы могут обладать свойствами, которые не присущи системе в целом.

В настоящий момент исследователи определяют три основные составляющие, которые образуют новое, системное качество социально-экономических систем:

• социально-экономическая система объединяет усилия многих своих участников: уже простая массовость, то есть одновременность многих усилий, даёт прирост энергии системы;

• сами элементы системы, включаясь в нее, изменяют свое первоначальное состояние: они превращаются в частично специализированные и, следовательно, целенаправленные элементы, выполняющие лишь определённые функции. Эта специализированная, целенаправленная деятельность людей также позволяет увеличить их энергию, так как их усилия «канализированы» в одном направлении;

• на основе специализации в социально-экономических системах осуществляется взаимное дополнение функциональных возможностей элементов, которое также служит источником прироста энергии.

Социально-экономические системы имеют функционально-целевую природу. Достижение целей и выполнение функций проявляется в производстве специфического продукта, в качестве которого могут выступать материальные блага (товар), услуги, информация, управленческие решения, интеллектуальный продукт и т. д. Так, например, транспортные организации возникают на основе разделения труда и специализации. Функции организации, как правило, закрепляются в официальных (учредительных) документах, где отражаются и закрепляются основные виды деятельности и результат (цель), ради которой она создаётся. Однако достаточно часто закреплённая официально форма существования организации может не отражать реальных функций и целей ввиду ограниченности языка описания и многозначности и динамичности способов существования организации. Это означает, что организация, особенно в начальный момент её построения, представляет собой средство и инструмент для инициативной группы, которые обеспечивают вовлечение, интеграцию и координацию усилий людей и регламентируют их поведение ради такой цели, которая не может быть достигнута индивидами по-

рознь и требует объединённых организационных усилий. Таким образом, организация, а именно её продукт и его полезность являются объективированным экономическим эквивалентом субъективных усилий и обязательным обоснованием её существования.

Любая социально-экономическая система является системой управления, где выполняется совокупность действий, необходимых для согласования совместной деятельности людей. В связи с этим она должна быть предметом специального проектирования.

Характерными чертами большинства социально-экономических систем являются: динамичность изменения данных, их неполнота, уникальность, а также большие и сверхбольшие потоки данных, не поддающиеся формальной структуризации, и пр. Другая немаловажная характеристика этих систем – запрет на экспериментирование методом проб и ошибок: каждая ошибка может привести к необратимым последствиям. С другой стороны, правильные и согласованные в системе решения позволяют многократно улучшать все её жизненно-важные параметры, рис. 1.

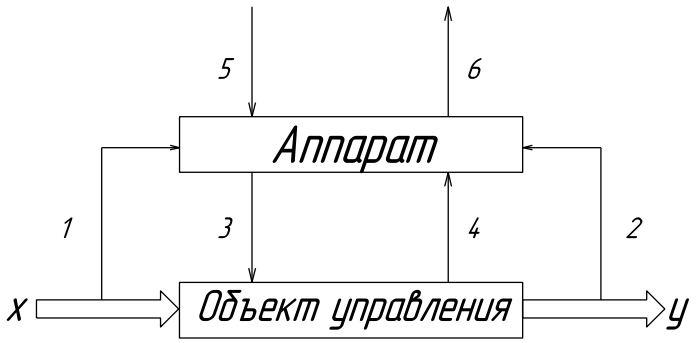

Рис. 1 – Система управления в виде контура управления

Следует отметить, что при изучении социально-экономических систем и использовании определённых методов исследования важно учитывать их специфику. Не все показатели могут иметь строго расчётную форму, это обусловливает повышение роли экспертных, эвристических и социологических методов.

Наиболее общими показателями социально-экономической системы как системы управления являются:

- состав и структура функций управления;
- звенья и их распределение по ступеням иерархии;
- структура системы управления;
- величины звеньев;

• распределение полномочий (централизация управления);
• информационное обеспечение;
• квалификационные требования;
• использование технических средств;
• равномерность нагрузки.

Эти характеристики весьма важны для полного представления социально-экономической системы как объекта исследования. Здесь следует подчеркнуть, что системное представление объекта исследования должно быть дополнено системным подходом к самому исследованию, что позволит сделать исследование наиболее эффективным.

3. Общие принципы и логика моделирования транспортной системы

Комплексный характер системного анализа дает возможность выявить взаимосвязанную совокупность всех необходимых мероприятий. Одно из основных положений системного анализа – принцип первичности функции по отношению к структуре системы. В соответствии с этим принципом организация различных процессов и структура управления подчиняются основным функциям планирования, определяемым исходя из целей деятельности системы. Исходным моментом определения структуры должны быть функции планирования и конкретные задачи, которые формируются в соответствии с этими функциями.

Характерным для системного анализа является то, что поиск лучшего решения проблемы начинается с определения и упорядочения целей деятельности системы, при функционировании которой возникла данная проблема. При этом устанавливается соответствие между этими целями, возможными путями решения возникшей проблемы и потребными для этого ресурсами. Системный анализ характеризуется главным образом упорядоченным, логически обоснованным подходом к исследованию проблем и использованию существующих методов их решения, которые могут быть разработаны в рамках других наук.

Системный анализ предназначен для решения в первую очередь слабоструктурированных проблем, то есть проблем, состав элементов и взаимосвязей которых установлен только частично; задач, возникающих, как правило, в ситуациях, характеризуемых наличием фактора неопределённости и содержащих неформализуемые элементы, непереводимые на язык математики. Одна из задач системного анали-

за заключается в раскрытии содержания проблем, стоящих перед лицами, принимающими управленческие решения, настолько, чтобы им стали очевидны все основные последствия решений и их можно было бы учитывать в своих действиях. Системный анализ помогает ответственному за принятие решения лицу более строго подойти к оценке возможных вариантов действий и выбрать наилучший из них с учётом неформализуемых факторов, которые могут быть неизвестны специалистам, готовящим решение (системным аналитикам).

Объект системного анализа в теоретическом аспекте – это процесс подготовки и принятия решений; в прикладном аспекте – различные конкретные проблемы, возникающие при создании и функционировании систем.

В теоретическом аспекте – это, во-первых, общие закономерности проведения исследований, направленные на поиск наилучших управленческих решений различных проблем на основе системного анализа (содержание отдельных этапов системного анализа, взаимосвязи, существующие между ними, и др.). Во-вторых, конкретные методы исследования – определение целей и их ранжирование, декомпозиция проблем (систем) на их составные элементы, определение взаимосвязей, существующих как между элементами системы, так и между системой и внешней средой, и др. В-третьих, принципы интегрирования различных методов и приёмов исследования (математических и эвристических), разработанных как в рамках системного анализа, так и в рамках других научных направлений и дисциплин, в стройную, взаимообусловленную совокупность методов системного анализа.

В прикладном плане системный анализ вырабатывает рекомендации по созданию принципиально новых или усовершенствованных систем. Рекомендации по улучшению функционирования существующих систем касаются самых различных проблем, в частности ликвидации нежелательных ситуаций (например, снижение производительности труда в погрузочно-разгрузочных работах), вызванных изменением как внешних по отношению к изучаемой производственной системе факторов, так и внутренних.

Системный анализ выполняет роль каркаса, объединяющего все необходимые методы, знания и действия для решения управленческой проблемы.

Рассмотрим общую логику постановки задачи системного анализа.

Любая задача по совершенствованию деятельности в той или иной области включает решение ряда вопросов.

1. Надо чётко установить границы совершенствуемой области.

2. Следует сформулировать условия, которые характеризуют необходимое или желаемое положение дел в этой области. Необходимое – когда оно объективно обусловлено, а желаемое – при субъективном подходе.

3. Нужно определить фактическое положение дел в анализируемой области и на этой основе выявить недостатки, то есть соответствие между необходимым (желаемым) и фактическим положением дел. Такое несоответствие и принято называть проблемой.

4. Следует оценить последствия, к которым приводят выявленные недостатки, если их не устранить, или иначе – оценить актуальность выявленных проблем. И если проблемы актуальны, то говорят, что они требуют решения.

Для определения эффективности решения проблем необходимы четыре группы данных:

- базовый вариант, с которым сравнивается решение проблемы;
- правила обеспечения сопоставимости (возможности): сравнивать в рамках единой шкалы одноименных показателей соизмеримость затрат и результатов, сравнимость разных ресурсов, непротиворечивость системы критериев;
- исходные данные для расчёта показателей;
- правила преобразования исходной информации в показатели эффективности.

При анализе проблем существующей системы реализуется принцип познания от простого к более сложному описанию системы по следующим этапам.

Первым этапом научного описания и соответственно исходным уровнем исследования системы (подсистемы) является параметрическое описание, основанное на эмпирических или статистических данных, характеризующих свойства, признаки, отношения объекта (системы).

Второй этап состоит в выявлении взаимосвязи свойств, признаков и отношений и называется морфологическим описанием объекта-системы.

Третий этап – переход к функциональному описанию, что связано с построением функциональных зависимостей между параметрами (функционально-параметрическое описание), между частями (звень-

ями) или элементами (это функционально-морфологическое описание) или между параметрами и строением объекта (системы).

Четвертый, наиболее сложный, этап – выявление целостной картины развития, то есть описание возможной динамики изменений режима работы системы.

Задание

Для системы городского пассажирского транспорта установить:

1. Цель создания системы.

2. Структуру системы и подсистем, а также механизм функционирования рассматриваемой системы, а именно рассмотреть:

•систему в целом и подсистемы;

•окружающую среду;

•цели и назначение системы в целом, а также цели каждой подсистемы;

•какие ресурсы присутствуют на входе в систему, какие преобразования происходят, что получается на выходе;

•варианты, при использовании которых могут быть достигнуты поставленные цели;

•параметры, критерии или меры эффективности, по которым можно оценить достижение целей.

3. Системы, которые оказывают влияние на систему городского пассажирского транспорта.

Указанные вопросы должны быть отражены в отчете по практической работе № 1.

Примерные вопросы для устного опроса

1. В каком смысле модель можно назвать «окном», сквозь которое мышление «видит» мир?

2. Что необходимо для перехода от моделей в терминах естественного языка к математическим моделям?

3. В чём различие между адекватностью и истинностью модели?

4. Каковы сложности алгоритмизации?

5. Соответствие между конструкцией системы и её целью не однозначно, но и не произвольно. Что их связывает?

6. Чем отличается «большая» система от «сложной»?

7. Какое значение имеет теория информации для системного анализа?

Практическое занятие № 2

Отработка навыков выбора в условиях неопределённости

Цель работы: приобретение и закрепление знаний, получение практических навыков работы с критериями для принятия решений, отработка навыков выбора в условиях неопределённости.

1. Выбор (принятие решений)

Выбор является действием, придающим всей деятельности целевой характер. Рано или поздно наступает момент, когда дальнейшие действия могут быть различными, приводящими к разным результатам, а реализовать можно только одно действие, причём вернуться к исходной ситуации уже, как правило, нельзя. Способность сделать правильный выбор в таких условиях – очень ценное качество.

Естественно стремление понять, что такое «правильный выбор», выработать рекомендации, как приблизиться к наилучшему решению, а если возможно, то и предложить алгоритм получения такого решения. Задачи выбора чрезвычайно многообразны, различны и методы их решения.

Введём основные понятия, общие для всех задач выбора. Представим принятие решения как действие над множеством альтернатив, в результате которого получается подмножество выбранных альтернатив. Сужение множества альтернатив возможно, если имеется способ сравнения альтернатив и выявление на основе этого сравнения наиболее предпочтительных. Каждый такой способ называется *критерием предпочтения.* При этом должно быть уже пройдено два очень важных этапа: формирование множества альтернатив; определение целей, для достижения которых производится выбор.

Сложилось несколько языков описания выбора. Самый простой и наиболее развитый из них – критериальный язык. Считается, что каждую альтернативу можно оценить конкретным числом (значением критерия) и 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 $q(x)$, названная критерием (критерием качества, функцией полезности, целевой функцией) и обладающая свойством, что если альтернатива x_1 предпочтительнее альтернативы x_2, то $q(x_1) > q(x_2)$, и наоборот.

Если принять, что выбор осуществляется в условиях определённости и заданный критерий $q(x)$ численно выражает оценку последствий этого выбора, то наилучшей альтернативой является та, кото-

рая обладает наибольшим значением критерия.

На практике оценивание любого варианта единственным числом обычно оказывается неприемлемым упрощением. Полное рассмотрение альтернатив приводит к необходимости оценивать их не по одному, а по нескольким критериям, качественно различающимся между собой. Даже в обычной жизни мы почти никогда не используем единственный критерий.

2. Выбор в условиях неопределённости исхода

В реальной практике нередко приходится иметь дело с ситуацией, когда выбор альтернативы неоднозначно определяет последствия сделанного выбора: имеется набор возможных исходов $y \in Y$, из которых один будет соответствовать выбранной альтернативе, но какой именно – в момент выбора неизвестно. Хотя с каждой альтернативой x связано одно и то же множество исходов Y, для разных альтернатив одинаковые исходы имеют разное значение. Данную ситуацию можно изобразить с помощью следующей матрицы, табл. 1.

Таблица 1

Матрица вариантов альтернатив принятия решений

Варианты альтернатив принятия решений X	Варианты ситуаций развития событий Y			
	y_1	y_2	…	y_n
x_1	q_{11}	q_{12}	…	q_{1n}
x_2	q_{21}	q_{22}	…	q_{2n}
...	…	…	…	...
x_m	q_{m1}	q_{m2}	…	q_{mn}

В приведённой матрице значения ($x_1, \ldots, x_m$) характеризуют все возможные альтернативы; значения ($y_l, \ldots, y_n$) – все возможные исходы; числа (q_{ij}) выражают оценку ситуации, когда сделан выбор альтернативы x_i и реализовался исход y_j. Это могут быть «выигрыши», а могут быть и «потери», «платежи», поэтому приведенная матрица называется *платёжной.*

Для решения задачи необходимо, прежде всего, ввести критерий для оценки альтернативных вариантов. В данном случае, ввиду неопределённости исхода, оценивать надо сразу целую строку платёжной матрицы. Сравнивая затем эти оценки, мы и можем делать выбор.

Существуют некоторые правила принятия решений – критерии,

по которым выносится суждение об оптимальности данного конкретного исхода.

1. *Критерий Вальда* (или критерий «*максимина*») предполагает, что из всех возможных вариантов «матрицы решений» выбирается та альтернатива, которая из всех самых неблагоприятных ситуаций развития события имеет наибольшее из минимальных значений (то есть значение эффективности, лучшее из всех худших). Данный метод в большей степени учитывает отрицательные моменты различных исходов и является осторожным подходом к принятию решений.

$$x^* = \max \min q_{ij}. \qquad (1)$$

2. *Критерий «максимакса»* предполагает, что из всех возможных вариантов «матрицы решений» выбирается та альтернатива, которой из всех самых благоприятных ситуаций развития событий соответствует наибольшее из максимальных значений (то есть значение эффективности лучшее из всех лучших или максимальное из максимальных). Данный метод очень оптимистичен, так как не учитывает возможные потери и, следовательно, самый рискованный.

3. *Критерий Гурвица* (критерий «оптимизма-пессимизма») позволяет руководствоваться при выборе рискованного решения в условиях неопределённости некоторым средним результатом эффективности, находящимся в поле между значениями по критериям «максимакса» и «максимина»

$$g(x_i) = a \cdot minq_{ij} + (1 - a)maxq_{ij},$$

$$x^* = \max g(x_i). \qquad (2)$$

За оценку альтернативы x_i принимается величина a, удовлетворяющая условию $0 \le a \le 1$. При $a = 1$ критерий Гурвица превращается в максиминный критерий, а при $a = 0$ – в критерий «максимакса». В большинстве случаев полагают, что $a = 0{,}5$.

4. *Критерий Сэвиджа* (критерий потерь от «минимакса») предполагает, что из всех возможных вариантов «матрицы решений» выбирается та альтернатива, которая минимизирует размеры максимальных потерь по каждому из возможных решений. При использовании этого критерия «матрица решения» преобразуется в «матрицу потерь», в которой вместо значений эффективности проставляются размеры потерь при различных вариантах развития событий. Это наиболее осторожный подход к принятию решений и наиболее учитывающий все возможные риски.

$$S_{ij} = \max q_{ij} - q_{ij},$$

$$x^* = \min \max S_{ij} \square \quad (3)$$

Таким образом, неопределённость в момент принятия решения характеризуется распределением выигрышей и потерь по исходам, связанным с каждой альтернативой. Вводя подходящую числовую характеристику этого распределения, мы получаем возможность сравнения альтернатив.

Выбор решения по классическим критериям проиллюстрируем следующим примером.

Пусть некоторую машину (автомобиль, конвейер, станок и т. п.) требуется подвергнуть проверке с остановкой её эксплуатации. Из-за этого приостанавливается выпуск продукции. Если же эксплуатации машины помешает не обнаруженная своевременно неисправность, то это приведёт не только к приостановке работы, но и дополнительно к поломке.

Варианты альтернатив таковы:

A_1 – отказ от проверки;

A_2 – минимальная проверка;

A_3 – полная проверка.

Машина может находиться в следующих состояниях:

F_1 – имеется серьёзная неисправность, (F_{max});

F_2 – имеется незначительная неисправность, (F_{min});

F_3 – неисправностей нет, (F_0).

Результаты включают затраты на проверки и устранение неисправности, а также затраты, связанные с потерями в продукции и с поломкой, табл. 2.

Таблица 2

A_i/F_j	F_1	F_2	F_3
A_1	90	20	15
A_2	75	30	35
A_3	25	80	40

Рассмотрим выбор по критериям Вальда, Сэвиджа и Гурвица (а = 0,6 – перевес в пользу пессимизма).

1. Критерий Вальда: подсчитаем минимумы по строкам и выберем ту альтернативу, для которой минимум строки максимален – это альтернатива A_2 (**30**), табл. 3.

Таблица 3

A_i / F_j	F_1	F_2	F_3	$min\ q_{ij}$
A_1	90	20	15	15
A_2	75	30	35	**30**
A_3	25	80	40	25

2. Критерий Сэвиджа: перейдем от матрицы выигрышей к матрице риска *S,* табл. 4.

Таблица 4

A_i / F_j	S_1	S_2	S_3	$max\ S_i$
A_1	0	70	75	75
A_2	0	45	40	**45**
A_3	55	0	40	55

Из чисел правого столбца минимальный риск (**45**) соответствует альтернативе A_2. По Вальду и Сэвиджу, оптимальное решение – минимальная проверка.

3. Критерий Гурвица: перепишем таблицу, при этом в трех дополнительных столбцах поставим минимум строки α_i, максимум строки ω_i и $g_i = a \cdot \alpha_i + (1 - a)\omega_i$, табл. 5.

Таблица 5

A_i / F_j	F_1	F_2	F_3	α_i	ω_i	g_i
A_1	90	20	15	15	90	45
A_2	75	30	35	30	75	**48**
A_3	25	80	40	25	80	47

Максимальное значение $g_i = 48$ соответствует альтернативе A_2. Это, как и в предыдущих случаях, означает минимальную проверку.

Для оценки вариантов слабоструктурированных решений применяют систему *взвешенных критериев.* Возможности такого подхода к выбору наилучшего варианта можно показать на несложном примере.

Перед организацией стоит проблема выбора фирмы-поставщика нужных материальных ресурсов (МР). Таких фирм обнаружилось несколько, и все они дали согласие сотрудничать. Однако ими предлагаются разные условия в отношении поставок, цен, скидок и т. д. Требуется определить оптимального поставщика. Для этого проводится сравнительный анализ предлагаемых вариантов по наиболее значимым для организации-потребителя критериям. Предположим,

что в качестве таких критериев были выбраны следующие.

1) цена поставляемых МР;
2) минимальный размер поставок;
3) условия предоставления скидок и льгот;
4) качество МР;
5) географическое расположение фирмы-поставщика;
6) статус фирмы.

По своему значению для организации они неодинаковы, поэтому их необходимо «взвесить» относительно главного критерия. Пусть таковым определена цена на поставляемый материал, и ей придаётся максимальная числовая оценка, например, 10. Остальные оцениваются путем сравнения с наивысшей оценкой (табл. 6), в результате чего им присваиваются указанные в таблице веса.

Таблица 6

Взвешивание критериев

Критерий выбора	Вес, усл. ед.
Цена материальных ресурсов	10
Размер партии поставок	4
Скидки и льготы	8
Качество материала	7
Дальность расстояния	10
Статус фирмы	2

Следует, в частности, обратить внимание на то, что организация придаёт географическому расположению фирмы-поставщика такое же значение, как и цене поставляемого материала. Это обусловлено высокими транспортными тарифами на грузовые перевозки. Из таблицы видно и то, что организация, о которой идет речь, не очень озабочена по поводу минимального размера поставок и не придаёт большого значения статусу поставщика, хотя всё же принимает его во внимание при отборе. По выбранным и взвешенным критериям оцениваются все возможные варианты решений. Условно рассматриваются четыре фирмы-поставщика, которые обозначаются как А, Б, В, и Г. На этом этапе производится сравнительная оценка каждой фирмы по каждому критерию (результат представлен в табл. 7).

Таблица 7

Взвешивание вариантов по критериям выбора

Критерий выбора	Фирма			
	А	Б	В	Г
Цена МР	10	4	6	8
Размер партии поставок	10	10	3	2
Скидки и льготы	1	2	10	6
Качество материала	7	10	5	9
Дальность расстояния	2	4	6	10
Статус фирмы	10	8	4	2
Сумма	**40**	38	34	37

Максимальная оценка равна 10. Если подытожить все оценки, полученные фирмами по всем критериям, то выиграть должна фирма А (**40**). Однако окончательное решение принимать рано. Необходимо учесть разную «весовую категорию» каждого критерия и только после этого можно определить фирму, которой будет отдано предпочтение. Результаты этого этапа представлены в табл. 8. Из таблицы следует несколько неожиданный вывод: наивысшие суммарные оценки со значительным опережением получает фирма Г, на предыдущем этапе занимавшая предпоследнее место.

Использование данного подхода построено на предположении, что существует возможность определить все критерии и варианты решений, что известны приоритеты и что они, как и заданные им весовые значения, носят постоянный характер. При таких условиях выбирается вариант с максимальной оценкой.

Таблица 8

Суммарное взвешивание вариантов по критериям выбора

Критерий выбора	Фирма			
	А	Б	В	Г
Цена МР	100	40	60	80
Размер партии поставок	40	40	12	8
Скидки и льготы	8	16	80	48
Качество материала	49	70	35	63
Дальность расстояния	20	40	60	100
Статус фирмы	20	16	8	4
Суммарная взвешенная оценка	237	222	255	**303**

Задание

Выберите проблему, проведите анализ проблемы и постройте матрицу решений. Осуществите выбор варианта решения методом взвешенных критериев при условии, что число вариантов решения не менее 3. Оцените положительные и отрицательные последствия принятия решения, имея в виду расход или экономию денег, времени, усилий, положительные и негативные эмоции и т. д.

Варианты заданий приведены в табл. 9.

Вариант задания выбирается по последней цифре шифра зачетной книжки студента: цифре 1 соответствует задание № 1, ... , цифре 0 – задание № 10.

Таблица 9

Варианты заданий

№ варианта	Проблема; варианты ее решения	Список критериев
0	Выбор места работы: государственное предприятие, частная фирма, учебное заведение	Оклад, самостоятельность, профессиональный интерес, дополнительные нагрузки, дополнительные выгоды, удаленность от дома, необходимость переобучения
1	Покупка автомобиля: престижная иномарка, экономичная малолитражка, автомобиль повышенной проходимости	Вместимость, мощность двигателя, комфорт, цена, год выпуска, обеспеченность запчастями, надежность, экономичность, дизайн
2	Покупка квартиры: в центре города, в периферийном районе, в районе «новостроек»	Размеры, общее состояние, удобство сообщения, разновидность инфраструктуры, финансовые условия покупки
3	Выбор вида транспорта для поездки: автобус, поезд, самолет	Стоимость билета, комфортабельность, время в пути, удобство расписания, сложность приобретения билетов, безопасность
4	Отбор на должность: молодой специалист, опытный работник среднего возраста, бывший военный, прошедший переобучение	Квалификация, опыт работы, возраст, образование, организаторские способности, чувство ответственности
5	Выбор принтера для персонального компьютера: матричный, струйный, лазерный	Стоимость, качество печати, скорость печати, простота и удобство обслуживания
6	Внедрение нового технологического оборудования: последняя отечественная разработка, новейшая зарубежная технология, апробированная отечественная разработка	Стоимость, производительность, безопасность, уровень автоматизации, универсальность
7	Оценка качества бытовой техники: отечественная, европейская, японская	Функциональные характеристики, стоимость, дизайн, удобство эксплуатации, долговечность
8	Оценка качества сервиса: банк, магазин, ресторан быстрого об-	Доступность, компетентность, понимание, скорость обслуживания, чистота и безопас-

№ варианта	Проблема; варианты ее решения	Список критериев
	служивания	ность
9	Оценка качества жизни: пригород, небольшой провинциальный город, крупный промышленный центр	Состояние окружающей среды, возможности для досуга и развлечений, возможности образования и получения работы, уровень доходов, стоимость жизни, ритм жизни

Примерные вопросы для устного опроса

1. Что значит «сделать выбор»?
2. Почему разные постановки задачи многокритериального выбора приводят в общем случае к различным решениям?
3. Что позволяет выбор в условиях неопределённости исхода рассматривать как игру?
4. Какие причины сужают возможности оптимизации в решении реальных проблем?
5. Какие факторы влияют на работу экспертов?
6. Какими достоинствами обладают человеко-машинные способы выбора?

Практическое занятие № 3

Отработка алгоритма системного исследования реальной проблемы

Цель работы: приобретение и закрепление знаний, получение практических навыков построения дерева решений, проработка алгоритмов декомпозиции и агрегирования.

Декомпозицией называется разложение системы на части. Процедура создания системы из отдельных частей называется *агрегированием*. Декомпозиция и агрегирование являются необходимыми процедурами при анализе и синтезе систем, а также в задачах принятия решений.

1. Декомпозиция

Основанием декомпозиции является модель рассматриваемой системы. Но какая именно система под этим понимается? Любой анализ проводится с целью решения какой-то проблемы, и именно эта цель анализа и определяет, какую систему следует рассматривать. Следовательно, в качестве оснований декомпозиции берутся модели проблеморазрешающей системы, то есть системы, в которой пробле-

ма разрешается.

Поскольку в процессе анализа мы имеем дело не с самой системой (проблемой), а её моделью, возникает следующий вопрос: какие именно модели брать в качестве основания декомпозиции. Они бывают содержательными и формальными. *Формальных* типов моделей немного: это модели «черного ящика», состава, структуры, структурной схемы. Такая формальная модель называется *моделью-основанием*. Благодаря обезличенности, из их числа всегда можно выбрать наиболее подходящую.

Тем не менее, выбор формальной модели лишь подсказывает, какого типа должна быть модель-основание; для того, чтобы формальная модель стала основанием для декомпозиции, её следует наполнить содержанием, то есть превратить в содержательную модель. При этом возникает вопрос о полноте проводимого анализа.

Полнота декомпозиции обеспечивается полнотой содержательной модели, которая строится на основе выбранной формальной модели. Следовательно, прежде всего, необходимо позаботиться о полноте формальной модели. Именно благодаря формальности, абстрактности такой модели часто удается добиться её абсолютной полноты.

1.1. Требования, предъявляемые к декомпозиции

Декомпозиция представляет собой многоступенчатый процесс от начальной декомпозиции первого, высшего уровня модели системы до последнего уровня, завершающего данный этап анализа.

Декомпозиция модели должна отвечать двум противоречивым требованиям: *полноты* и *простоты*. Проблема должна быть рассмотрена максимально всесторонне и подробно и, в то же время полученная структура должна быть максимально компактной как «вширь», так и «вглубь» Принцип простоты требует сокращать размеры дерева. Размеры «вширь» определяются числом элементов модели, служащей основанием декомпозиции, поэтому принцип простоты вынуждает брать как можно более компактные модели-основания. Наоборот, принцип полноты заставляет брать как можно более развитые, подробные модели. Компромисс достигается с помощью понятия *существенности*: в модель-основание включаются только компоненты, существенные по отношению к цели анализа. При этом в алгоритме должны быть предусмотрены возможности внесения (в случае необходимости) поправок и дополнений в модель-основание. Здесь воз-

можны следующие рекомендации:

– дополнение элементов еще одним элементом «все остальное»; он может не использоваться для декомпозиции, но будет постоянно пробуждать у эксперта сомнение в полноте предложенной им модели;

– разукрупнение отдельных элементов модели-основания в случае необходимости, которая может возникнуть на последующих стадиях анализа.

Таким образом, в результате декомпозиции получают некоторую древовидную структуру, которая должна отвечать определённым принципам:

– принцип существенности, то есть включаются элементы, существенные для данного уровня (цели анализа);

– принцип однородности, то есть включаются элементы, имеющие одинаковую важность по отношению к данному уровню;

– принцип независимости, то есть элементы одного уровня должны быть взаимно независимыми.

1.2. Алгоритм декомпозиции

Основная проблема, возникающая при декомпозиции системы – полнота соответствующего дерева решений. С одной стороны, дерево должно быть достаточно полным для достижения целей анализа, с другой – простым и удобным для использования. Степень детализации определяется целями анализа. Дерево должно быть по возможности компактным с точки зрения цели анализа. Размеры дерева «вширь» определяются числом элементов на каждом уровне, а «вглубь» – числом уровней декомпозиции.

Сколько должно быть уровней декомпозиции? Принцип простоты требует, чтобы оно было небольшим, но для удовлетворения принципа полноты необходимо предусмотреть возможность продолжения декомпозиции как угодно долго до принятия решения об её прекращении по данной ветви (разные ветви могут иметь различную длину). Декомпозиция прекращается, когда она привела к получению результата (подцели, подфункции, подзадачи и т. п.), не требующего дальнейшего разложения, то есть результата простого, понятного, реализуемого, обеспеченного, заведомо выполнимого, называемого *элементарным*.

Алгоритм декомпозиции включает следующие этапы:

1. Определение объекта анализа и его изучение.
2. Определение целей анализа.

3. Построение модели системы в виде схемы.

4. Проверка элементов одного уровня на однородность, существенность, независимость.

5. Проверка числа уровней на достаточность.

6. Проверка схемы модели на пригодность для решения поставленной задачи.

Окончательный результат анализа оформляется в виде дерева, конечными фрагментами ветвей которого являются либо элементарные фрагменты, либо сложные фрагменты, но не поддающиеся дальнейшему разложению.

В любом случае при выделении уровней используется главный критерий, а именно: эффективность, затраты, время и др.

2. Агрегирование

Агрегирование, как процесс, обратный декомпозиции, предполагает объединение нескольких элементов в единое целое.

Необходимость агрегирования может вызываться различными целями и сопровождаться разными обстоятельствами, что приводит к различным способам агрегирования.

Агрегирование частей в единое целое приводит к появлению у системы новых качеств – свойство эмерджентности. Данное свойство и является проявлением внутренней целостности системы, или её «системообразующим фактором».

Новые качества систем определяются в значительной степени характером связей между частями и могут варьироваться от полного согласования до полной независимости частей. Связи могут быть различными, что отражает многообразие и неисчерпаемость взаимодействий между объектами материального мира.

Как и в случае декомпозиции, техника агрегирования основана на использовании определённых моделей исследуемой или проектируемой системы. Агрегирование как процедура системного анализа есть объединение нескольких моделей. Объединять можно модели любого уровня абстракции и получать самые разные агрегаты.

Основные агрегаты, типичные для системного анализа, следующие.

Конфигуратор. Всякое действительно сложное явление требует разностороннего, многопланового описания, рассмотрения с различных точек зрения. Только совместное (агрегированное) описание в терминах нескольких качественно-различающихся языков позволяет

охарактеризовать явление с достаточной полнотой. Например, автомобильная авария должна рассматриваться не только как физическое явление, вызванное механическими причинами (техническим состоянием автомобиля и дорожного покрытия, силами инерции, трения, ударов и т. д.), но и как явление медицинского, социального, экономического, юридического характера.

Приведённые соображения приводят к понятию конфигуратора, то есть агрегата, состоящего из качественно-различных языков описания системы и обладающего тем свойством, что число этих языков лишь минимально необходимо для заданной цели.

Отметим, что конфигуратор является содержательной моделью высшего возможного уровня. Перечислив языки, на которых мы будем говорить о системе, мы тем самым определяем, синтезируем тип системы, фиксируем наше понимание природы системы. Как всякая модель, конфигуратор имеет целевой характер и при смене цели может утратить свойства конфигуратора.

Агрегаты-операторы. Одна из наиболее частых ситуаций, требующих агрегирования, состоит в том, что совокупность данных, с которыми приходится иметь дело, слишком многочисленна, плохо обозрима, с этими данными трудно «работать». Именно интересы работы с многочисленной совокупностью данных приводят к необходимости агрегирования. В данном случае на первый план выступает такая особенность агрегирования, как уменьшение размерности: агрегат объединяет части в нечто целое, единое, отдельное.

В этом случае простейший способ агрегирования состоит в установлении отношения эквивалентности между агрегируемыми элементами, то есть образования классов. Это позволяет говорить не только о классе в целом, но и о каждом его элементе в отдельности, и, в то же время, оперировать уже не элементами, а классами элементов. В этом случае полученный агрегат носит название агрегата-оператора.

Из сказанного выше следует, что классификация объектов, явлений также есть не что иное, как результат агрегирования, то есть классификация – это тоже вид агрегата.

Другой тип агрегата-оператора возникает, если агрегируемые признаки фиксируются в числовых шкалах. Тогда появляется возможность задать отношение на множестве признаков в виде числовой функции многих переменных, которая и является агрегатом.

Агрегаты-структуры. Важнейшей формой агрегирования является образование структур. Как и любой вид агрегата, структура является моделью системы и, следовательно, определяется совокупностью объекта, цели, средств и среды моделирования. Это и объясняет многообразие типов структур (сети, матрицы, деревья и т. д.), возникающих при выявлении, описании структур.

При синтезе мы создаём, определяем, навязываем структуру проектируемой системе. Если это не абстрактная, а реальная система, то в ней объективно возникнут, установятся и начнут «работать» не только те связи, которые мы спроектировали, но и множество других, не предусмотренных нами, но вытекающих из самой природы сведённых в одну систему элементов. Поэтому при проектировании системы важно задать основы её структуры во всех существенных отношениях, а в остальных отношениях структуры сложатся сами, стихийным образом. Совокупность всех существенных отношений определяется конфигуратором системы, откуда следует, что проект любой системы должен предусматривать разработку стольких структур, сколько языков включено в её конфигуратор. Например, проект организационной системы должен содержать структуры распределения власти, распределения ответственности и распределения информации. Подчеркнём, что хотя эти структуры могут весьма сильно отличаться топологически (например, структура подчинённости иерархична, а функционирование организовано по матричной структуре), они лишь с разных сторон описывают одну и ту же систему и, следовательно, не могут быть не связанными между собой.

Задание

Необходимо выбрать несложную проблему, провести её анализ и построить дерево решений.

Варианты заданий для самостоятельной работы приведены в табл. 1. Вариант задания выбирается по последней цифре шифра зачетной книжки студента: цифре 1 соответствует задание № 1, …, цифре 0 – задание № 10.

Таблица 1

Варианты заданий для самостоятельной работы

№ варианта	Проблема
0	Опоздание на работу
1	Поломка автомобиля
2	Ошибка при наборе текста
3	Введение неверного банковского кода
4	Нарушение Правил дорожного движения
5	Ошибка при диагностике заболевания
6	Дорожно-транспортное происшествие
7	Оценка платёжеспособности клиента при выдаче кредита
8	Брак при изготовлении детали
9	Ошибка при измерении

Методические указания. Цель задачи – проработка алгоритма декомпозиции и освоение техники построения дерева решений для сравнительно несложных проблем. Основная трудность заключается в правильном выборе элементов на каждом уровне дерева решений так, чтобы их упорядоченная совокупность давала возможность сравнения и отбора вариантов решений. Наиболее распространённая ошибка связана с произвольным (хаотическим) выбором элементов различной степени общности на каждом уровне декомпозиции.

Рассмотрим пример: *ошибка при решении задачи на ПК.*

Решение. Формулируем проблему: ошибка при решении задачи на ПК. На первом уровне определим функциональные подсистемы, которые могут являться главными причинами ошибки. Затем каждая из главных причин разбивается на подпричины, а каждая из подпричин – на влияющие факторы. Ниже приведена совокупность элементов, образующих дерево решений проблемы.

На рис. 1 представлено итоговое дерево решений.

1 – оператор ЭВМ;

1.1 – квалификация (1.1.1 – опыт, 1.1.2 – образование, 1.1.3 – подготовка);

1.2 – умственное состояние (1.2.1 – концентрация внимания, 1.2.2 – умственная усталость);

1.3 – физическое состояние (1.3.1 – зрение, 1.3.2 – физическая усталость);

2 – оборудование для решения задачи;

2.1 – поддержание в работоспособном состоянии (2.1.1 – обслуживание , 2.1.2 – ремонты);

3 – условия решения задачи;

3.1 – шум (3.1.1 – разговоры, 3.1.2 – телефонные звонки, 3.1.3 – производственные помехи);

4 – задача;

4.1 – исходная информация о задаче (4.1.1 – условие задачи, 4.1.2 – исходные данные, 4.1.3 – требования к качеству решения).

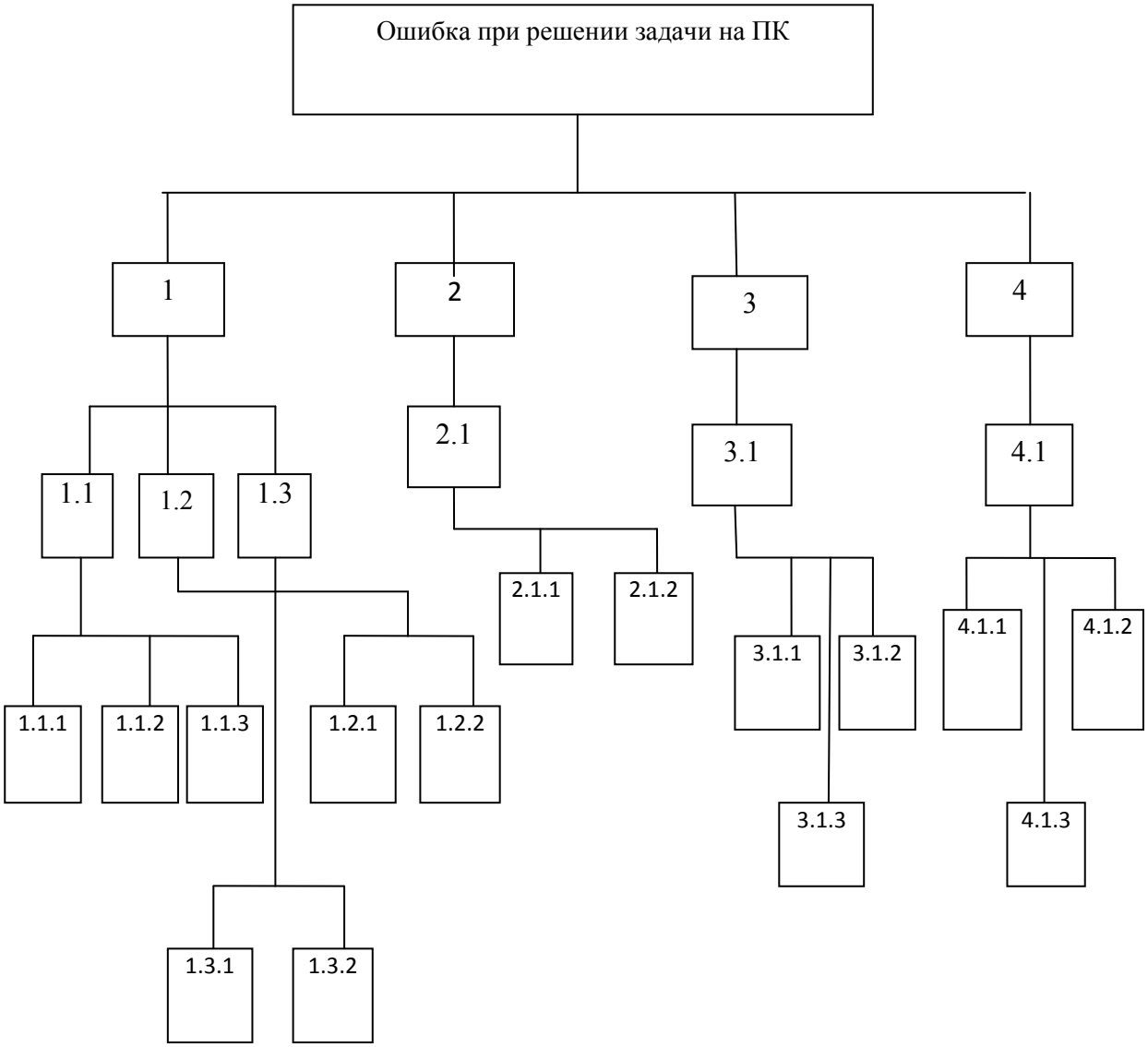

Рис. 1 – Итоговое дерево решений

Примерные вопросы для устного опроса

1. Что конкретно имеется в виду, когда говорится, что исходным основанием декомпозиции является содержательная модель целевой системы?

2. Как используются понятия существенности и элементарности в процессе декомпозиции?

3. В чём состоит свойство систем, называемое эмерджентностью?

4. Какая совокупность языков описания называется конфигуратором?

5. Почему классификацию можно рассматривать как агрегирование?

6. Чем ограничивается свобода выбора при задании агрегатов в виде числовых функций нескольких переменных?

7. Какие аспекты системы подчёркиваются при рассмотрении её структуры как агрегата?

8. Почему при исследовании реальной проблемы неизбежны неформализованные этапы?

9. Почему любую проблему не следует рассматривать изолированно, вне связи с другими проблемами и явлениями?

10. В чём различие между «рыхлой» и «жёсткой» проблемами?

11. Почему после каждого последующего этапа системного анализа следует возвращаться к проверке, уточнению и пересмотру целей?

12. Почему исследовательский и внедренческий этапы системного анализа не могут быть разделены?

Формы и сроки текущего и промежуточного контроля

Формы и сроки текущего и промежуточного контроля приведены в рабочей программе по дисциплине.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мендель, А. В. Модели принятия решений: учеб. пособие / А. В. Мендель. – Москва: Юнити-Дана, 2015. – 463 с. //biblioclub.ru/index.php?page=book&id=115173.

2. Болодурина, И. Системный анализ: учеб. пособие / И. Болодурина, Т. Тарасова, О. Арапова; Министерство образования и науки Российской Федерации, ФГБОУ ВПО «Оренбургский государственный университет». – Оренбург: ОГУ, 2013. – 193 с. //biblioclub.ru/index.php?page=book&id=259157

3. Воронов, Ю. Е. Основы системного анализа: учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки бакалавров «Технология транспортных процессов» / КузГТУ. – Кемерово, 2013. – 135 с.

4. Антонов, А. В. Системный анализ: учебник для вузов. – Москва: Высшая школа, 2006. – 454 с.

5. Вдовин, В. М. Теория систем и системный анализ: учебник для студентов экон. вузов, обучающихся по специальности «Прикладная информатика (в экономике)» / В. М. Вдовин, Л. Е. Суркова, В. А. Валентинов. – Москва: Дашков и К*, 2010. – 640 с.

6. Иванов, Л. Н. Анализ стратегических решений (эвристика). – Москва: РИОР, 2010. – 177 с.

7. Разработка управленческого решения: учеб.-метод. комплекс / сост.: Ю. Н. Барышников; Рос. акад. гос. службы при Президенте РФ. – Москва: РАГС, 2010. – 60 с.

8. Силич, В. А. Теория систем и системный анализ: учеб. пособие / В. А. Силич, М. П. Силич; под ред. А. А. Цыганковой. – Томск: Томский политехнический университет, 2011. – 276 с. //biblioclub.ru/index.php?page=book&id=259157

9. Системный анализ проблем обеспечения безопасности дорожного движения: учеб. пособие для вузов / В. В. Амбарцумян [и др.]; СПбГАУ, Институт правоведения и предпринимательства. – Санкт-Петербург: Изд-во СПбГАУ, 1999. – 352 с.