

**Министерство образования и науки Российской Федерации**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

**«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» (ТУСУР)**

Кафедра автоматизации обработки информации (АОИ)

## **ОБЩАЯ ТЕОРИЯ СИСТЕМ**

Методические указания к практическим занятиям,  
лабораторным работам  
для студентов направлений  
«Программная инженерия» (уровень бакалавриата),  
«Бизнес-информатика» (уровень бакалавриата)

2018

**Силич Мария Петровна**

Общая теория систем: Методические указания к практическим занятиям, лабораторным работам для студентов направлений «Программная инженерия» (уровень бакалавриата), «Бизнес-информатика» (уровень бакалавриата) / М.П. Силич. – Томск, 2018. – 41 с.

© Томский государственный университет  
систем управления и радиоэлектроники,  
2018

© Силич М.П., 2018

## Оглавление

<b>1 ВВЕДЕНИЕ.....</b>	<b>4</b>
<b>2 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ПРОВЕДЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ .....</b>	<b>5</b>
2.1 Практическое занятие «Описание строения системы» .....	5
2.2 Практическое занятие «Описание функционирования системы» ....	7
2.3 Практическое занятие «Измерение свойств системы» .....	10
2.4 Практическое занятие «Экспертная оценка свойств системы» .....	14
2.5 Практическое занятие «Выбор управления системой в условиях риска» .....	19
2.6 Практическое занятие «Нечеткая оценка свойств системы» .....	22
2.7 Практическое занятие «Декомпозиция системы» .....	24
2.8 Практическое занятие «Комбинаторные методы композиции» .....	29
<b>3 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ПРОВЕДЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ .....</b>	<b>34</b>
3.1 Лабораторная работа «Выбор системы по множеству критериев» .....	34
<b>ЛИТЕРАТУРА .....</b>	<b>39</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ</b> Варианты заданий для лабораторной работы .....	<b>40</b>

# 1 Введение

Практические занятия и лабораторные работы по дисциплине «Общая теория систем» имеют **целью:**

формирование практических умений и навыков по моделированию, анализу, синтезу систем, необходимых для успешной реализации полученных знаний и навыков на практике.

Задания на практических занятиях и лабораторные работы выполняются либо индивидуально, либо небольшими группами (по два-три человека) по согласованию с преподавателем. На практических занятиях не используется никакое программное обеспечение, для выполнения лабораторных работ требуется табличный редактор (например, Libre Office Calc – аналог Excel).

Наличие лабораторных работ и темы практических занятий для студентов различных направлений обучения могут отличаться. Для некоторых направлений проводятся не все практические занятия из представленных в данном учебно-методическом пособии и могут не проводиться лабораторные работы. Наличие лабораторных работ, темы практических занятий и их продолжительность (в академических часах) по каждому направлению обучения указаны в рабочих программах дисциплины.

Практические занятия и лабораторные работы выполняются в соответствии с порядком, описанном в данном учебно-методическом пособии. Каждому занятию предшествует **самостоятельная работа**, выполняемая студентом перед аудиторным занятием. Содержание самостоятельной работы по подготовке к каждому практическому занятию и лабораторным работам приводится в данном учебно-методическом пособии.

**Форма контроля** выполнения задания **на практическом занятии** – рукописный отчет. Содержание отчета для каждого практического занятия приводится в данном учебно-методическом пособии. Защита отчета проводится в форме собеседования: студент рассказывает, как были получены результаты, и отвечает на вопросы преподавателя.

**Форма контроля** выполнения лабораторной работы – демонстрация преподавателю результатов выполнения задания, собеседование, ответы на вопросы, выполнение дополнительных заданий.

## **2 Методические указания к проведению практических занятий**

### **2.1 Практическое занятие «Описание строения системы»**

#### **Цель занятия**

Получить практические навыки в выделении компонент системы, описании свойств и структуры системы, ее взаимодействия со средой.

#### **Самостоятельная работа по подготовке к занятию**

Изучение основных понятий теории систем и системного анализа, закономерностей строения систем.

Рекомендуемая литература: [1 (пп.1.1, 1.2, 1.5), 2 (глава 4), 3 (пп. 1,2.2 - 1.2.4, 1.4.1)].

#### **Варианты заданий**

- технические устройства и комплексы (автомобили, компьютеры, телевизоры и т.д.);
- организации (предприятия, гостиницы, рестораны, магазины и т.д.);
- биологические системы (человек, животные, растения и т.д.);
- информационные системы (автоматизированные системы, программные комплексы, информационно-управляющие системы и т.д.);
- социальные, социально-экономические системы (система выборов, система безопасности, транспортная система региона и т.д.).

#### **Порядок проведения занятия**

##### ***1. Классификация системы.***

Классифицируйте систему по следующим признакам:

- происхождение (естественные, искусственные, смешанные);
- сложность (простые, сложные);
- изолированность (открытые, закрытые);
- характер функционирования (стабильные, самостабилизирующиеся, самоорганизующиеся);
- способ задания целей (цели задаются извне, цели формируются внутри);
- способ управления (самоуправляемые, управляемые извне, с комбинированным управлением).

##### ***2. Построение иерархии состава.***

Выделите основные подсистемы исследуемой системы. В рамках каждой их них выделите более мелкие подсистемы и элементы. Представьте компоненты системы в виде иерархии. Пример иерархии состава для радиоприемника представлен на рис. 1.1.

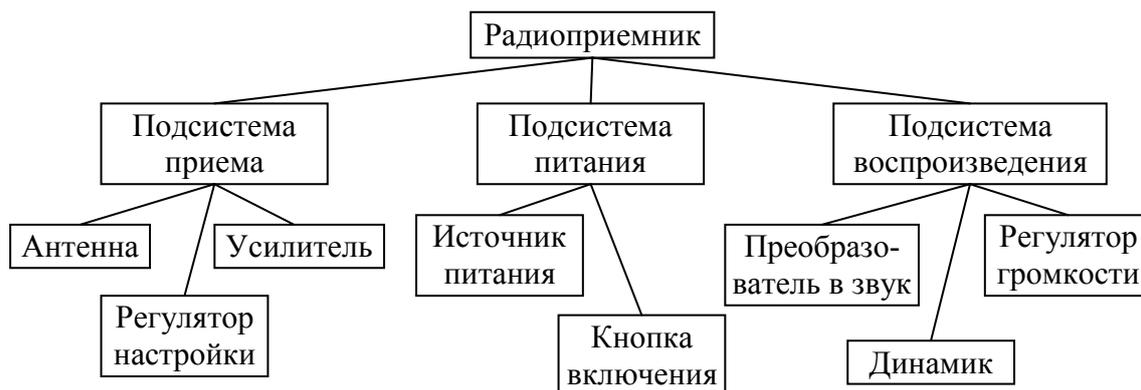


Рисунок 1.1 – Иерархия состава радиоприемника

Дайте краткое описание основных подсистем и элементов.

### 3. Описание сущностных свойств системы.

Опишите сущностное свойство системы и его внешнее проявление (явление). Определите, является ли данное свойство эмерджентным. Ответ обоснуйте.

Например, для радиоприемника сущностное свойство – способность воспроизводить звук, закодированный в виде радиоволн и посланный радиостанцией. Явление – звучание приемника, передающего радиопередачу. Данное свойство является эмерджентным, т.к. ни один из компонентов радиоприемника по отдельности не обладает им: антенна способна только улавливать радиоволны, преобразователь – преобразовывать радиоволны в звуковые и т.д.

### 4. Описание структуры системы и ее связей с окружением.

Выделите объекты окружающей среды. Дайте им краткую характеристику. Опишите их связь с исследуемой системой.

Например, для радиоприемника основными объектами среды являются:

- передатчик радиостанции, передающий радиоволны, которые воспринимает приемник;
- пользователь, воспринимающий звучание радиоприемника и управляющий параметрами (частота радиоволн, громкость звучания) посредством механических воздействий на регуляторы).

Составьте схему взаимодействия компонент системы, а также схему взаимодействия со средой (это может быть одна общая схема). Если система слишком большая и сложная, можете составить схему для некоторой подсистемы. Опишите внутренние и внешние связи.

Пример схемы взаимодействия компонент радиоприемника друг с другом и с окружающей средой представлен на рис. 1.2.

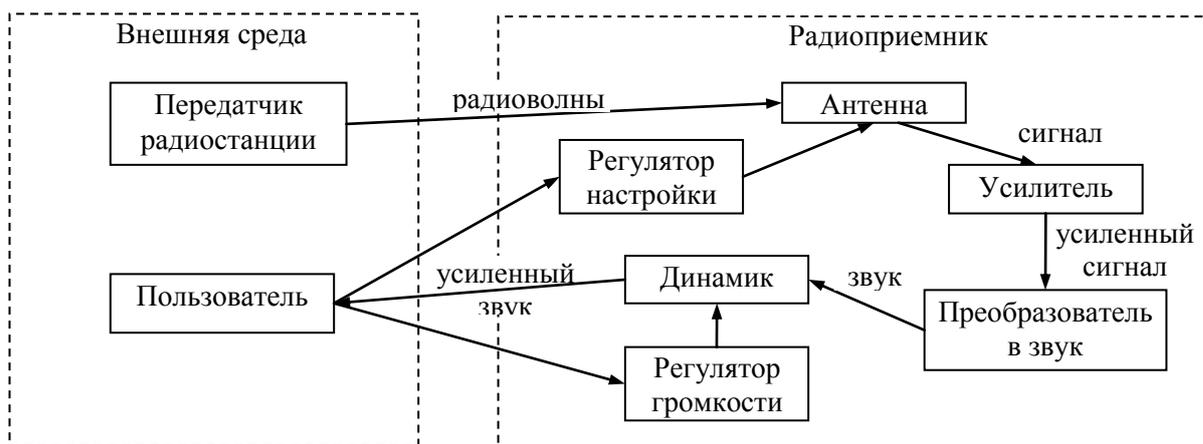


Рисунок 1.2 – Структура радиоприемника

### Содержание отчета

В отчет должны войти:

- наименование системы, ее классификация;
- иерархия состава системы (схема), описание подсистем и элементов;
- описание существенных свойств системы;
- описание структуры системы и ее взаимодействия с окружением (схема).

## 2.2 Практическое занятие «Описание функционирования системы»

### Цель занятия

Получить практические навыки в описании функционирования системы во времени и управления системой.

### Самостоятельная работа по подготовке к занятию

Изучение понятий функционирования (поведения), закономерностей функционирования систем, основ теории управления, принципов управления.

Литература: [1 (п. 1.3), 3 (п. 1.2.4, 1.4.1)].

### Варианты заданий

Выбирается тот же вариант задания, который был выбран на предыдущем практическом занятии.

## Порядок проведения занятия

### **1. Описание функционирования системы в пространстве состояний.**

Выделите характеристики (параметры) системы. Параметры могут быть сгруппированы по типам: физические характеристики, технические характеристики, экономические показатели и т.д.

Например, для радиоприемника могут быть выделены следующие параметры:

- физические (размер, цвет, материал, дизайн корпуса);
  - технические (напряжение питания, диапазон радиоволн);
  - параметры производителя (компания-производитель, страна, марка, дата производства, гарантийный срок);
- и т.д.

Из множества параметров выделите те, которые могут характеризовать поведение (функционирование) системы, т.е. которые изменяются во времени. Опишите различные состояния системы, указав конкретные значения параметров. Пример описания состояний радиоприемника приведен в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Описание состояний радиоприемника

Параметр	I состояние	II состояние	III состояние
Принимаемый диапазон радиоволн	101 FM	150 FM	150 FM
Уровень громкости	70 дБ	70 дБ	75 дБ
Наличие помех	слабые	нет	нет

Укажите события, вызывающие переход из состояния в состояние. Например, для состояний, приведенных в таблице 2.1:

- переход из состояния I в II – настройка регулятора на другой диапазон радиоволн;
- переход из II в III – настройка уровня звука.

Переход может быть вызван и внешними возмущающими воздействиями. Например, атмосферные изменения могут вызвать помехи, механический удар может вызвать повреждения приемника.

### **2. Описание жизненного цикла.**

Выделите этапы жизненного цикла исследуемой системы, характеризующиеся определенными предсказуемыми состояниями. Опишите каждый этап. Пример описания этапов жизненного цикла радиоприемника приведен в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Описание этапов жизненного цикла радиоприемника

№	Этап ЖЦ	Характеристика
I	До эксплуатации	Эксплуатируется редко (только в тестовом режиме), все элементы в хорошем состоянии
II	Активная эксплуатация	Активно эксплуатируется, время от времени состояние некоторых элементов может ухудшаться (повреждения корпуса, ...)
III	Утилизация	Не эксплуатируется ввиду морального или физического износа (сломан)

### **3. Описание управления системой.**

Определите основную цель системы. Цель может быть имманентной (внутренне присущей) или задаваемой извне, субъективной или объективной. Если система является неживым объектом, цель, как правило, определяется пользователем. Например, для радиоприемника цель, задаваемая владельцем радиоприемника, – получить качественное (необходимой громкости и без помех) воспроизводство выбранной радиопередачи.

Определите, кто (что) и как управляет системой, с помощью каких управляющих воздействий осуществляется управление, используется ли в процессе управления обратная связь и если используется, то каким образом.

Например, управление радиоприемником осуществляет пользователь (внешнее управление) посредством изменения положений ручек и переключателей на корпусе радиоприемника. Управляющие воздействия: поворот ручки настройки диапазона и ручки тюнинга, поворот регулятора громкости. Обратная связь – определение на слух, наличия помех и уровня громкости звука, наблюдение за положением индикатора принимаемого диапазона радиоволн.

### **Содержание отчета**

В отчет должны войти:

- наименование системы;
- описание функционирования системы в пространстве состояний (характеристики, состояния, события);
- описание этапов жизненного цикла системы;
- описание управления системой (цель, управляющие воздействия, обратная связь).

## 2.3 Практическое занятие «Измерение свойств системы»

### Цель занятия

Получить практические навыки в измерении свойств системы с помощью различных типов шкал, а также в интеграции измерений.

### Самостоятельная работа по подготовке к занятию

Изучение типов шкал, методов нормирования измерений, методов свертки (аддитивной, мультипликативной), метода идеальной точки.

Литература: [1 (пп. 2.3.1, 2.3.2), 2 (п. 6.2, 7.2), 3 (п.п. 2.1, 2.2, 2.5.2)].

### Варианты заданий

Выбирается тот же вариант задания, который был выбран на предыдущем практическом занятии

### Порядок проведения занятия

#### 1. Измерение свойств с помощью номинальной шкалы.

Выберите три-пять свойств системы, которые можно измерять с помощью номинальной шкалы. Например, для радиоприемника это могут быть «Наименование», «Компания-изготовитель», «Тип», «Тип тюнера».

По каждому измеряемому свойству перечислите шкальные значения (классы эквивалентности) для нескольких конкретных систем (от трех до пяти). Пример описания свойств радиоприемников приведен в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Измерение свойств радиоприемников с помощью номинальной шкалы

Объект	Наименование	Компания-изготовитель	Тип	Тип тюнера
o <sub>1</sub>	Supra ST-113	Supra	переносной	аналоговый
o <sub>2</sub>	Hyundai H-1546	Hyundai	радиобудильник	аналоговый
o <sub>3</sub>	Supra SA-30FM	Supra	радиобудильник	аналоговый
o <sub>4</sub>	Sony ICF-15P	Sony	стационарный	цифровой

По каждому измеряемому свойству запишите с помощью символа Кронекера результаты проверки совпадения свойства для каждой пары объектов. Пример сравнения свойств радиоприемников приведен в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Сравнение совпадения свойств радиоприемников

Свойство	Символ Кронекера				
	$\delta_{12}$	$\delta_{13}$	$\delta_{14}$	$\delta_{23}$	$\delta_{24}$
Наименование	0	0	0	0	0
Компания-изготовитель	0	1	0	0	0
Тип	0	0	0	1	0
Тип тюнера	1	1	0	1	0

По каждому измеряемому свойству определите частоты для каждого класса эквивалентности. Выявите моду. Например, частоты для свойства «Компания-изготовитель»: для класса «Supra»  $p_1 = 2/4$ , для классов «Hyundai» и «Sony»  $p_2 = p_3 = 1/4$ . Мода – класс «Supra».

### 2. Измерение свойств с помощью ранговой шкалы.

Выберите два-три свойства системы, которые можно измерять с помощью ранговой шкалы. По каждому измеряемому  $i$ -му свойству для нескольких конкретных систем  $o_j$  (лучше взять объекты, выбранные на предыдущем шаге) определите ранги  $r_{ij}$ . Выявите медиану.

Пример ранжирования радиоприемников приведен в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Измерение свойств радиоприемников с помощью ранговой шкалы

Свойство	Ранги				Медиана
	$o_1$	$o_2$	$o_3$	$o_4$	
Надежность	3	2	4	1	$o_1, o_2$
Привлекательность	4	3	2	1	$o_2, o_3$

### 3. Измерение свойств с помощью шкал интервалов и отношений.

Выберите три-пять свойства системы, которые можно измерять с помощью шкалы интервалов или отношений. Для каждого свойства укажите единицы измерения. По каждому измеряемому свойству перечислите шкальные значения для нескольких конкретных объектов. Пример – в таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Измерение свойств радиоприемников с помощью шкал интервалов /отношений

Свойство	$o_1$	$o_2$	$o_3$	$o_4$
Объем корпуса, м <sup>3</sup>	0,0035	0,0026	0,0054	0,0040
Цена, руб.	800	1500	1620	850
Выходная мощность, Вт	2,5	4	5	2,5

По каждому измеряемому свойству для различных пар объектов определите «на сколько» и/или «во сколько» (в зависимости от типа шкалы) один объект лучше другого.

#### 4. Интеграция измерений

##### 4.1. Выбор частных критериев, определение их важности, измерение объектов по критериям.

Выберите частные критерии для сравнения объектов. Это должны быть свойства, измеряемые по шкалам интервалов или отношений. Приведите конкретные значения (результаты измерений объектов) по каждому критерию. Можете использовать измерения, полученные на предыдущем шаге.

По каждому частному критерию определите диапазон значений (минимальное и максимальное значения). Диапазон рекомендуется определять не по множеству оцениваемых объектов, а задать максимально и минимально возможные значения по всему множеству подобных объектов.

Оцените важность каждого критерия по 10-балльной шкале.

Результаты представьте в виде таблицы (таблица 3.5).

Таблица 3.5 – Измерение объектов по множеству частных критериев

Критерий	Важность (балл)	Абсолютные значения			Максимальное значение	Минимальное значение
		$o_1$	$o_2$	$o_3$		
Критерий 1	$w_1$	$q_{11}^{ab}$	$q_{12}^{ab}$	$q_{13}^{ab}$	$q_1^{max}$	$q_1^{min}$
Критерий 2	$w_2$	$q_{21}^{ab}$	$q_{22}^{ab}$	$q_{23}^{ab}$	$q_2^{max}$	$q_2^{min}$
Критерий 3	$w_3$	$q_{31}^{ab}$	$q_{32}^{ab}$	$q_{33}^{ab}$	$q_3^{max}$	$q_3^{min}$

##### 4.2. Нормирование оценок важности и значений критериев.

Определите весовые коэффициенты критериев путем нормирования. Для этого определите сумму оценок важности критериев (в баллах) и поделите каждую оценку на эту сумму. Таким образом, сумма весовых

коэффициентов должна быть равна 1:  $\sum_{i=1}^m v_i = 1$ .

Нормируйте значения критериев. В случае, когда чем больше значение критерия, тем оно должно оцениваться выше, используйте формулу:

$$q_i(x_j) = \frac{q_i^{ab}(x_j) - q_i^{\min}}{q_i^{\max} - q_i^{\min}},$$

где  $q_i^{\min}$   $q_i^{\max}$  – соответственно минимальное и максимальное значения  $i$ -го критерия.

В случае, когда чем меньше значение критерия, тем оно должно оцениваться выше, используйте формулу:

$$q_i(x_j) = \frac{q_i^{\max} - q_i^{ab}(x_j)}{q_i^{\max} - q_i^{\min}}.$$

Результаты представьте в виде таблицы (таблица 3.6).

Таблица 3.6 – Результаты нормирования объектов

Критерий	Весовой коэффициент	Нормированные значения		
		O <sub>1</sub>	O <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>
Критерий 1	$v_1$	$q_{11}$	$q_{12}$	$q_{13}$
Критерий 2	$v_2$	$q_{21}$	$q_{22}$	$q_{23}$
Критерий 3	$v_3$	$q_{31}$	$q_{32}$	$q_{33}$

### 4.3. Определение интегральной оценки.

Вычислите интегральные оценки объектов методом аддитивной свертки, используя формулу средневзвешенного арифметического:

$$\hat{q}(x_j) = \sum_{i=1}^m v_i q_i(x_j), j = \overline{1, n}.$$

Вычислите интегральные оценки объектов методом мультипликативной свертки, используя формулу средневзвешенного геометрического:

$$\hat{q}(x_j) = \prod_{i=1}^m q_i(x_j)^{v_i}, j = \overline{1, n}$$

Вычислите интегральные оценки объектов методом идеальной точки, используя формулу взвешенной суммы расстояний от идеальной точки:

$$\hat{q}(x_j) = \sqrt{\sum_{i=1}^m v_i (q_i(x_0) - q_i(x_j))^2}, j = \overline{1, n}.$$

Идеальным значением по каждому критерию является наилучшее значение. Учитывая, что все оценки нормированы, т.е. находятся в интервале  $[0, 1]$ , наилучшим значением можно считать 1:

$$q_i(x_0) = 1.$$

Внесите результаты оценки объектов различными методами в таблицу (таблица 3.7). Для каждого метода определите объект с наилучшей интегральной оценкой.

Таблица 3.7 – Результаты оценки объектов по множеству критериев

Метод интеграции	Интегральные оценки			Наилучший объект
	$o_1$	$o_2$	$o_3$	
Аддитивная свертка	$q_1$	$q_2$	$q_3$	
Мультипликативная свертка	$q_1$	$q_2$	$q_3$	
Метод идеальной точки	$q_1$	$q_2$	$q_3$	

### Содержание отчета

В отчет должны войти:

- результаты измерения свойств с помощью номинальных шкал;
- результаты измерения свойств с помощью ранговых шкал;
- результаты измерения свойств с помощью шкал интервалов и/или отношений;
- результаты интеграции измерений.

## 2.4 Практическое занятие «Экспертная оценка свойств системы»

### Цель занятия

Получить практические навыки экспертного оценивания систем различными методами и обработки результатов оценивания.

### Самостоятельная работа по подготовке к занятию

Изучение методов выявления предпочтений экспертов (ранжирования, парных сравнений, непосредственной оценки, последовательного сравнения).

Литература: [1 (п. 2.3.2), 2 (п.п. 7.3, 7.10), 3 (п. 2.4.3)].

### Варианты заданий

Выбирается цель сравнения и объекты (системы) для сравнения. Объекты (от трех до пяти) должны быть однородными.

Примеры цели и объектов сравнения:

- цель – выбор языка программирования для создания программного обеспечения, объекты – «С#», «Java», «C++»;
- цель – покупка автомобиля, объекты – «Волга», «Нива», «Ока»;
- цель – выбор курорта, объекты – Анталия, Сочи, Ялта;
- цель – выбор места торжества, объекты – квартира, кафе, ресторан.

## Порядок проведения занятия

### 1. Формирование групп экспертов

Необходимо сформировать небольшие группы по 3-4 человека.

### 2. Ранжирование систем.

Каждый из членов группы (эксперт) должен проранжировать выбранные системы по предпочтительности. Для эквивалентных систем используются связанные ранги.

Например, пусть эксперт упорядочил объекты  $x_1, \dots, x_5$  следующим образом:  $x_3 \succ x_5 \succ x_1 \equiv x_4 \succ x_2$ . Тогда ранги объектов получают следующие значения:  $r_3 = 1, r_5 = 2, r_1 = r_4 = (3 + 4) / 2 = 3,5, r_2 = 5$ .

Затем составляется обобщенная ранжировка методом суммы мест. Для каждого объекта ранги, присвоенные экспертами, суммируются. Обобщенные ранги присваиваются в соответствии с увеличением (убыванием) сумм рангов.

Результаты оформляются в виде таблицы (табл. 4.1).

Таблица 4.1 – Ранжировки объектов

	Объект 1	Объект 2	Объект 3	Объект 4	Объект 5
Эксперт 1	$r_{11}$	$r_{12}$	$r_{13}$	$r_{14}$	$r_{15}$
Эксперт 2	$r_{21}$	$r_{22}$	$r_{23}$	$r_{24}$	$r_{25}$
Эксперт 3	$r_{31}$	$r_{32}$	$r_{33}$	$r_{34}$	$r_{35}$
Сумма рангов	$\sum r_{i1}$	$\sum r_{i2}$	$\sum r_{i3}$	$\sum r_{i4}$	$\sum r_{i5}$
Обобщенный ранг	$r_1^*$	$r_2^*$	$r_3^*$	$r_4^*$	$r_5^*$

Определите оценку согласованности мнений в виде дисперсионного коэффициента конкордации по формуле:

$$K = (12 \sum_{j=1}^n \left( \sum_{i=1}^m r_{ij} - \bar{r} \right)^2) / (m^2 (n^3 - n) - m \sum_{s=1}^m T_s),$$

где  $m$  – количество экспертов;  $n$  – количество объектов ранжирования;

$\bar{r}$  – оценка математического ожидания, равная  $\bar{r} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m r_{ij}$ ;

$T_s$  – показатель связанных рангов в  $s$ -й ранжировке, определяемый по

формуле  $T_s = \sum_{k=1}^{H_s} h_k^3 - h_k$ , где  $H_s$  – число групп равных рангов в  $s$ -й ранжировке;  $h_k$  – число равных рангов в  $k$ -й группе связанных рангов. Если совпадающих рангов нет, то  $T_s = 0$ .

Если совпадающих рангов нет, то  $T_s = 0$ .

На основе вычисленного коэффициента конкордации  $K$  дайте качественную характеристику согласованности мнений экспертов, определив ее по таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Качественная оценка согласованности мнений экспертов

Значение $K$	$< 0.3$	$0.3 - 0.5$	$0.5 - 0.7$	$0.7 - 0.9$	$> 0.9$
Согласованность	слабая	умеренная	заметная	высокая	очень высокая

### 3. Парные сравнения систем.

Каждый из членов группы составляет матрицу парных сравнений выбранных систем. Значения матрицы определяются по формуле:

$$w_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } x_i \succ x_j \text{ или } x_i \equiv x_j; \\ 0 & \text{если } x_i \prec x_j, \quad i, j = \overline{1, n}. \end{cases}$$

В табл. 4.3 приведен пример матрицы парных сравнений с булевыми значениями для объектов, имеющих следующий порядок:  $x_1 \succ x_5 \succ x_3 \succ x_4 \succ x_2$ .

Таблица 4.3 – Пример матрицы парных сравнений

	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$
$x_1$	1	1	1	1	1
$x_2$	0	1	0	0	0
$x_3$	0	1	1	1	0
$x_4$	0	1	0	1	0
$x_5$	0	1	1	1	1

Матрица должна быть согласована, т. е. для  $\forall i, j, k = \overline{1, n}$  должны выполняться условия:

- $w_{ii} = 1$ ;
- если  $w_{ij} = 0$ , то  $w_{ji} = 1$ ;
- если  $w_{ij} = 1$  и  $w_{jk} = 1$ , то  $w_{ik} = 1$ .

Затем составляется обобщенная матрица с помощью метода нахождения медианы. Все элементы медианы определяются по правилу большинства голосов, т. е. элемент обобщенной матрицы равен 1 только в том случае, если половина или больше экспертов посчитали этот элемент равным 1.

На основе обобщенной матрицы определите ранги систем. Сумма элементов матрицы по строке даст ранг объекта в порядке увеличения предпочтения (самый худший объект получит ранг 1, самый лучший – максимальный ранг), сумма элементов матрицы по столбцу – ранг объекта в порядке убывания предпочтения.

### 4. Непосредственная оценка систем.

Необходимо выбрать шкалу для оценки систем, например, действительные числа на отрезке  $[0, 1]$ , балльная оценка (по 5-, 10-, 100-балльной шкале), лингвистические значения (отлично, хорошо, удовлетворительно, и т.д.). В случае использования лингвистических оценок, нужно определить схему их перевода в балльные оценки, например: «отлично» – 1,0; «очень хорошо» – 0,75; «хорошо» – 0,625; «удовлетворительно» – 0,5; «посредственно» – 0,25; «неудовлетворительно» – 0.

Каждый из членов группы оценивает системы.

Затем определите коэффициенты компетентности экспертов  $k_i$  – числа в интервале  $[0, 1]$ . Причем сумма коэффициентов должна быть равна 1:  $\sum_{i=1}^m k_i = 1$ .

Сформируйте обобщенные оценки систем по формуле  $a_j = \sum_{i=1}^m k_i a_{ij}$ .

Результаты оформляются в виде таблицы (таблица 4.4).

Таблица 4.4 – Результаты непосредственной оценки объектов

	Компетентность	Объект 1	Объект 2	Объект 3
Эксперт 1	$k_1$	$a_{11}$	$a_{12}$	$a_{13}$
Эксперт 2	$k_2$	$a_{21}$	$a_{22}$	$a_{23}$
Эксперт 3	$k_3$	$a_{31}$	$a_{32}$	$a_{33}$
Обобщенная оценка		$a_1^*$	$a_2^*$	$a_3^*$

### 5. Последовательное сравнение методом Черчмена-Акоффа.

**Шаг 1.** Выберите объекты (варианты) для сравнения. Объектов должно быть не менее 4.

**Шаг 2.** Ранжирование объектов и определение начальных оценок.

Расположите объекты в порядке предпочтения и произведите непосредственную оценку объектов, используя целые числа, например:

$$\begin{matrix} O_1 > O_2 > O_3 > O_4 \\ 10 & 8 & 5 & 1 \end{matrix}$$

**Шаг 3.** Сравнение каждого объекта с различными комбинациями остальных объектов, следующих за ним в порядковом ряду.

**Шаг 3.1.** Сначала первый объект ( $O_1$ ) сравнивается с комбинацией всех остальных объектов:

$$O_1 \geq O_2 + O_3 + \dots + O_n?$$

Если да ( $O_1$  превосходит по предпочтительности все остальные), то переход на шаг 3.2. Если нет, то продолжаем сравнение (теперь уже с комбинацией без последнего элемента):

$$O_1 \geq O_2 + O_3 + \dots + O_{n-1}?$$

Если да, то переход на шаг 3.2. Если нет, то продолжаем сравнение (теперь уже с комбинацией без предпоследнего элемента) и т.д.

Каждый раз необходимо записывать получившиеся неравенства.

Например, в результате сравнений мы получили два неравенства:

$$O_1 < (O_2 + O_3 + O_4) \quad (1)$$

$$O_1 > (O_2 + O_3) \quad (2)$$

**Шаг 3.2.** Сравниваем второй объект ( $O_2$ ) сначала с комбинацией всех последующих элементов, затем с комбинацией без последнего эле-

мента и т.д. Сравнение заканчивается, как только обнаруживается, что  $O_2$  лучше комбинации других объектов. Все получаемые неравенства фиксируются.

Поскольку в рассматриваемом нами примере только 4 объекта, то  $O_2$  можно сравнить только с одной комбинацией ( $O_3 + O_4$ ). Допустим, мы получили следующее неравенство:

$$O_2 < (O_3 + O_4) \quad (3)$$

Если общее количество объектов больше 4, то аналогичным образом сравнивается следующий объект с различными комбинациями последующих элементов и т.д., т.е. могут быть шаги 3.3, ... 3.n-2.

**Шаг 4.** Корректировка оценок в соответствии с полученными неравенствами. Проверяем полученные на шаге 3 неравенства, начиная с последнего. Подставляем в неравенства оценки. Если неравенства не выполняются, то корректируем оценки (увеличиваем или уменьшаем) так, чтобы неравенства выполнялись.

Например:

$$O_2 < (O_3 + O_4) \quad (3)$$

$$8 < (5 + 1) \text{ – не выполняется.}$$

Изменяем оценку объекта  $O_2$  так, чтобы неравенство выполнялось:

$$5.5 < (5 + 1)$$

Проверяем следующее неравенство, причем подставляем скорректированные оценки:

$$O_1 > (O_2 + O_3) \quad (2)$$

$$10 > (5.5 + 5) \text{ – не выполняется.}$$

Изменяем оценку объекта  $O_1$  так, чтобы неравенство выполнялось:

$$11 > (5.5 + 5)$$

Проверяем последнее неравенство:

$$O_1 < (O_2 + O_3 + O_4) \quad (1)$$

$$11 < (5.5 + 5 + 1) \text{ – выполняется.}$$

### **Содержание отчета**

В отчет должны войти:

- цель сравнения и объекты (системы) для сравнения;
- индивидуальные и обобщенная ранжировки систем (таблица 4.1);
- коэффициент конкордации, качественная оценка согласованности мнений экспертов;
- результаты парных сравнений (индивидуальные и обобщенная матрицы, ранги);
- шкала для непосредственной оценки, результаты непосредственной оценки (таблица 4.4);
- результаты последовательного сравнения на каждом шаге.

## **2.5 Практическое занятие «Выбор управления системой в условиях риска»**

### **Цель занятия**

Получить практические навыки в выборе управления системами в условиях риска.

### **Самостоятельная работа по подготовке к занятию**

Изучение методов выбора управления в условиях риска (критериев среднего выигрыша, Лапласа, Вальда, максимакса, Гурвица, Сэвиджа).

Литература: [1 (п. 2.3.3), 2 (п. 7.6), 3 (п. 2.5.4)].

### **Варианты заданий**

Определяется задача выбора, включающая цель, варианты управления (не менее трех), возможные ситуации (не менее трех), критерий эффективности.

Примеры описаний задач выбора:

а) цель – покупка акций, варианты управления – количество покупаемых акций (20, 100, 500), ситуации – возможные дивиденды или цена продажи (100 руб., 500 руб., 1000 руб.), критерий – доход;

б) цель – открытие фирмы, варианты управления – максимальная производительность (100 изделий в месяц, 300, 500), ситуации – прогнозируемое среднее число клиентов в месяц (10 чел., 50 чел., 100 чел.), критерий – прибыль;

в) цель - разработка информационной системы, варианты управления – сложность системы и/или трудоемкость ее создания (50 человеко-часов, 200, 500), ситуации – количество покупателей (5, 10, 50) и/или прогнозируемая договорная цена (50 тыс. руб, 200 тыс. руб., 500 тыс. руб.), критерий – доход.

### **Порядок проведения занятия**

#### ***1. Определение значений критериев и вероятностей ситуаций.***

Определите оценки эффективности системы для каждого варианта управления при каждой ситуации, а также вероятности появления ситуаций.

Пример. Рассмотрим задачу выбора варианта покупки акций.

Допустим, цена одной акции составляет 50 руб. Тогда для варианта покупки 20 акций расходы составят  $50 \cdot 20 = 1000$  руб. В случае если дивиденды составят 100 руб. на акцию, доход составит (с учетом расходов на покупку):  $100 \cdot 20 - 1000 = 1000$  руб.

Аналогично можно подсчитать доход для других ситуаций. Так же определяются значения критерия для других вариантов в различных ситуациях.

Вероятность каждой ситуации определяется методом непосредственной оценки. При этом сумма вероятностей должна быть равна 1:

$$\sum_{i=1}^m p_i = 1$$

Вычисленные значения критериев и вероятности ситуаций представьте в виде таблицы (таблица 5.1).

Таблица 5.1 – Матрица эффективности вариантов управления

Возможные ситуации	Вероятность	Эффективность вариантов управления		
		$u_1$	$u_2$	$u_3$
$w_1$	$p_1$	$k_{11}$	$k_{12}$	$k_{13}$
$w_2$	$p_2$	$k_{21}$	$k_{22}$	$k_{23}$
$w_3$	$p_3$	$k_{31}$	$k_{32}$	$k_{33}$

## 2. Оценка вариантов по различным критериям.

Оцените эффективность каждого варианта управления по критерию среднего выигрыша, используя формулу математического ожидания:

$$K(u_j) = \sum_{i=1}^m p_i k_{ij}, \quad j = 1, \dots, n.$$

Оцените эффективность каждого варианта управления по критерию Лапласа, используя формулу среднего арифметического:

$$K(u_j) = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m k_{ij}, \quad j = 1, \dots, n.$$

Оцените эффективность каждого варианта управления по критерию пессимизма (Вальда):

$$K(u_j) = \min_i k_{ij}, \quad j = 1, \dots, n$$

и по критерию оптимизма (максимакса):

$$K(u_j) = \max_i k_{ij}, \quad j = 1, \dots, n.$$

Для оценки вариантов по критерию Гурвица определите сначала коэффициент оптимизма  $\alpha$  ( $0 \leq \alpha \leq 1$ ). Чем выше уровень оптимизма, тем больше значение коэффициента. Оцените эффективность каждого варианта по формуле:

$$K(u_j) = \alpha \max_i k_{ij} + (1 - \alpha) \min_i k_{ij} \quad j = 1, \dots, n$$

Для оценки вариантов по критерию Сэвиджа сначала преобразуйте матрицу эффективности (табл. 5.1) в матрицу потерь (риска). Каждый элемент матрицы потерь определяется как разность между максимальным (по всем вариантам) и текущим (для данного варианта) значениями оценок эффективности:

$$\Delta k_{ij} = \max_j k_{ij} - k_{ij}.$$

Оцените эффективность каждого варианта управления по формуле:

$$K(u_j) = \max_i \Delta k_{ij} \quad j = 1, \dots, n.$$

Внесите результаты оценки вариантов управления по различным критериям в таблицу (таблица 5.2).

Для каждого критерия определите оптимальный вариант. Для всех критериев, кроме критерия Сэвиджа, оптимальным является вариант с максимальным значением эффективности, для критерия Сэвиджа – с минимальным значением.

Таблица 5.2 – Результаты оценки эффективности вариантов управления

Критерий	Эффективность по критериям			Наилучший вариант
	$u_1$	$u_2$	$u_3$	
Среднего выигрыша	$K(u_1)$	$K(u_2)$	$K(u_3)$	$u^{\text{opt}}$
Лапласа	$K(u_1)$	$K(u_2)$	$K(u_3)$	$u^{\text{opt}}$
Максимина (Вальда)	$K(u_1)$	$K(u_2)$	$K(u_3)$	$u^{\text{opt}}$
Максимакса	$K(u_1)$	$K(u_2)$	$K(u_3)$	$u^{\text{opt}}$
Гурвица ( $\alpha = \dots$ )	$K(u_1)$	$K(u_2)$	$K(u_3)$	$u^{\text{opt}}$
Сэвиджа	$K(u_1)$	$K(u_2)$	$K(u_3)$	$u^{\text{opt}}$

### Содержание отчета

В отчет должны войти:

- описание задачи выбора управления в условиях риска;
- оценки эффективности системы для каждого варианта управления при каждой ситуации, вероятности появления ситуаций (таблица 5.1);
- матрица потерь (риска);
- вычисленные значения по различным критериям для каждого варианта управления (таблица 5.2).

## 2.6 Практическое занятие «Нечеткая оценка свойств системы»

### Цель занятия

Получить практические навыки в «расплывчатом» оценивании систем на основе методологии нечетких множеств.

### Самостоятельная работа по подготовке к занятию

Изучение понятия нечеткого множества, видов и способов построения функций принадлежности, процедуры получения нечеткой оценки.

Литература: [1 (п. 2.3.3), 2 (пп. 6.3, 7.8), 3 (п. 2.2)].

### Варианты заданий

Выбирается тип оцениваемых объектов (систем), оцениваемое свойство, базовое множество значений и лингвистическая переменная (имя переменной и лингвистические значения).

Примеры:

- объекты – автомобили, свойство – скорость, базовое множество – значения скорости в км/час, лингвистическая переменная – «скорость» («высокая», «средняя», «низкая»);
- объекты – груз, свойство – вес, базовое множество – значения веса в кг, лингвистическая переменная – «вес» («высокий», «средний», «низкий»);
- объекты – люди, свойство – рост, базовое множество – значения роста в см, лингвистическая переменная – «рост» («высокий», «средний», «низкий»).

### Порядок проведения занятия

#### *1. Построение функций принадлежности.*

Для каждого из значений лингвистической переменной постройте функции принадлежности. Вы можете использовать функции различных типов – трапецевидные, треугольные, сигмоидальные, колоколообразные и пр. Результат представьте в виде графиков. Пример графиков трапецевидных функций для переменной возраст («молодой», «средний», «пожилой») представлен на рис. 6.1.

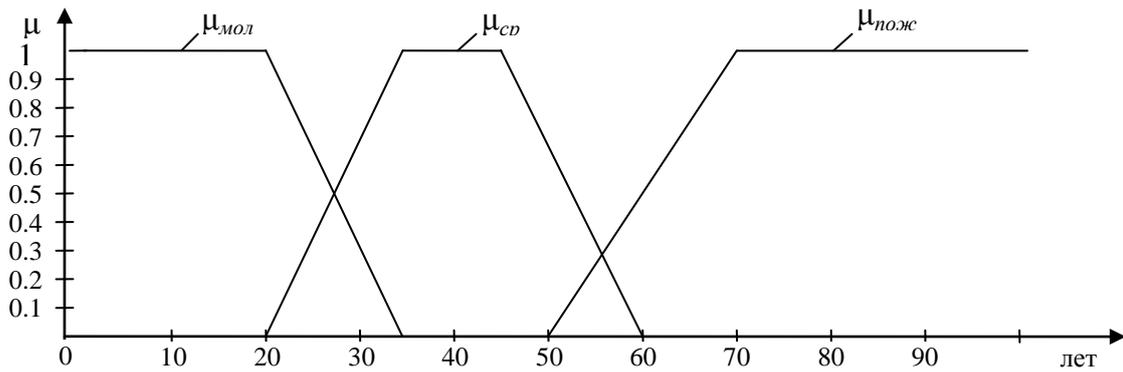


Рисунок 6.1 – Функции принадлежности для переменной «возраст»

### 2. Задание функций принадлежности в виде формул.

Запишите формулы для функций принадлежности. Для трапецевидных функций формулы в общем виде представлены на рис. 6.2.

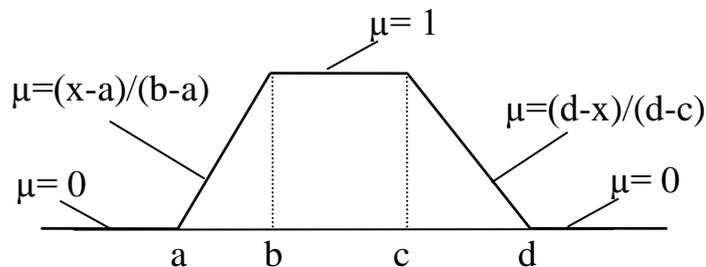


Рисунок 6.2 - Формулы для трапецевидной функции принадлежности

Пример формул (для функций на рис. 6.1):

$$\begin{aligned}
 \mu_{\text{мол}} &= 1 && \text{при } x \leq 20, \\
 \mu_{\text{мол}} &= (35 - x)/(35 - 20) && \text{при } 20 < x < 35 \\
 \mu_{\text{мол}} &= 0 && \text{при } x \geq 35 \\
 \mu_{\text{ср}} &= 0 && \text{при } x \leq 20 \text{ и при } x \geq 60 \\
 \mu_{\text{ср}} &= (x - 20)/(35 - 20) && \text{при } 20 < x < 35 \\
 \mu_{\text{ср}} &= 1 && \text{при } 35 \leq x \leq 45 \\
 \mu_{\text{ср}} &= (60 - x)/(60 - 45) && \text{при } 45 < x < 60 \\
 \mu_{\text{пож}} &= 0 && \text{при } x \leq 50 \\
 \mu_{\text{пож}} &= (x - 50)/(70 - 50) && \text{при } 50 < x < 70 \\
 \mu_{\text{пож}} &= 1 && \text{при } x \geq 70.
 \end{aligned}$$

### 3. Нечеткое оценивание объектов.

Выберите несколько (три-четыре) конкретных объектов выбранного типа с конкретными значениями оцениваемого свойства на базовом множестве значений. Определите нечеткие значения лингвистической переменной, подставив базовые значения в формулы функций принадлежности.

Например, определим нечеткие значения переменной «возраст» для следующих объектов (людей):

$$x_1 - \text{возраст 30 лет: } \mu_{\text{мол}} = (35 - 30) / (35 - 20) = 5/15 = 0.33.$$

$$\mu_{\text{ср}} = (30 - 20) / (35 - 20) = 10/15 = 0.67.$$

$$\mu_{\text{пож}} = 0.$$

$$x_2 - \text{возраст 55 лет: } \mu_{\text{мол}} = 0.$$

$$\mu_{\text{ср}} = (60 - 55) / (60 - 45) = 5/15 = 0.33.$$

$$\mu_{\text{пож}} = (55 - 50) / (70 - 50) = 5/20 = 0.25.$$

Результат представьте в виде таблицы (пример – таблица 6.1).

Таблица 6.1 – Нечеткие значения лингвистической переменной «возраст»

Объект	Четкое значение	Нечеткие значения		
		молодой	средний	пожилой
$x_1$	30 лет	0.33	0.67	0
$x_2$	55 лет	0	0.33	0.25

### Содержание отчета

В отчет должны войти:

- описание задачи нечеткого оценивания;
- графики функций принадлежности, формулы функций;
- вычисленные нечеткие значения лингвистической переменной для различных объектов (таблица 6.1).

## 2.7 Практическое занятие «Декомпозиция системы»

### Цель занятия

Получить практические навыки в декомпозиции сложных систем с использованием стандартных оснований декомпозиции.

### Самостоятельная работа по подготовке к занятию

Изучение методов декомпозиции, стандартных оснований декомпозиции, видов иерархических структур.

Литература: [1 (п.п. 2.4.1, 2.5), 2 (п.п. 8.2, 8.3), 3 (п. 1.4.2)].

### Варианты заданий

Выбирается объект декомпозиции – организация (предприятие, фирма, компания), занимающаяся производством каких-либо продуктов или оказанием услуг. Примеры: фирма по продаже и ремонту компьютеров, агентство по трудоустройству, салон-мастерская по производству и продаже мебели, агентство по недвижимости, ателье по пошиву одежды, строительная компания, туристическое агентство, рекламное агентство.

## Порядок проведения занятия

### *1. Построение иерархии состава системы (иерархии типа страт).*

Построение иерархии типа страт предполагает последовательную декомпозицию выбранной системы на все более мелкие части. Декомпозицию можно начать с декомпозиции «надсистемы», включающей кроме моделируемой системы ее окружающую среду. Затем декомпозируйте саму систему (ее деятельность). Используйте стандартные основания декомпозиции:

- «Система – среда» – исследуемая система и окружающая среда;
  - «Макросреда – микросреда» – совокупность факторов общественной жизни, оказывающих влияние на систему, и совокупность организаций, непосредственно или опосредованно связанных с системой;
  - «Подсистемы макросреды» – технологическое, экономическое, географическое, социально-культурное, политико-правовое окружение;
  - «Подсистемы микросреды» – вышестоящие органы управления, подведомственные организации, поставщики, партнеры, клиенты, конкуренты.
  - «Основная – обеспечивающая деятельность системы» – производство продуктов (оказание услуг) и обслуживание инфраструктуры;
  - «Виды конечных продуктов» – процессы производства различных продуктов (оказания различных видов услуг);
  - «Жизненный цикл основной деятельности» – маркетинг, проектирование и разработка продукта, материально-техническое снабжение (закупки); производство продукта (предоставление услуги); упаковка и хранение продукта; транспортировка и реализация.
  - «Виды обеспечивающей деятельности» – обслуживание оборудования, обслуживание зданий, информационное обеспечение; управление персоналом, охрана труда и техника безопасности, PR-деятельность, финансовая деятельность, юридическое обеспечение.
  - «Технологические этапы» – отдельные этапы основных или обеспечивающих процессов, предусмотренные технологией
- и др.

При выделении подсистем давайте как можно более конкретные наименования. Например, при выделении подсистем микросреды можно указать конкретные организации-поставщики, вышестоящие органы, группы потребителей. При выделении подсистем по видам конечных продуктов указывайте конкретную продукцию (услуги). Выделение этапов жизненного цикла и технологических производите, исходя из используемой в системе технологии.

Результат декомпозиции представьте в виде иерархии (дерева). Пример иерархии состава приведен на рис. 7.1.

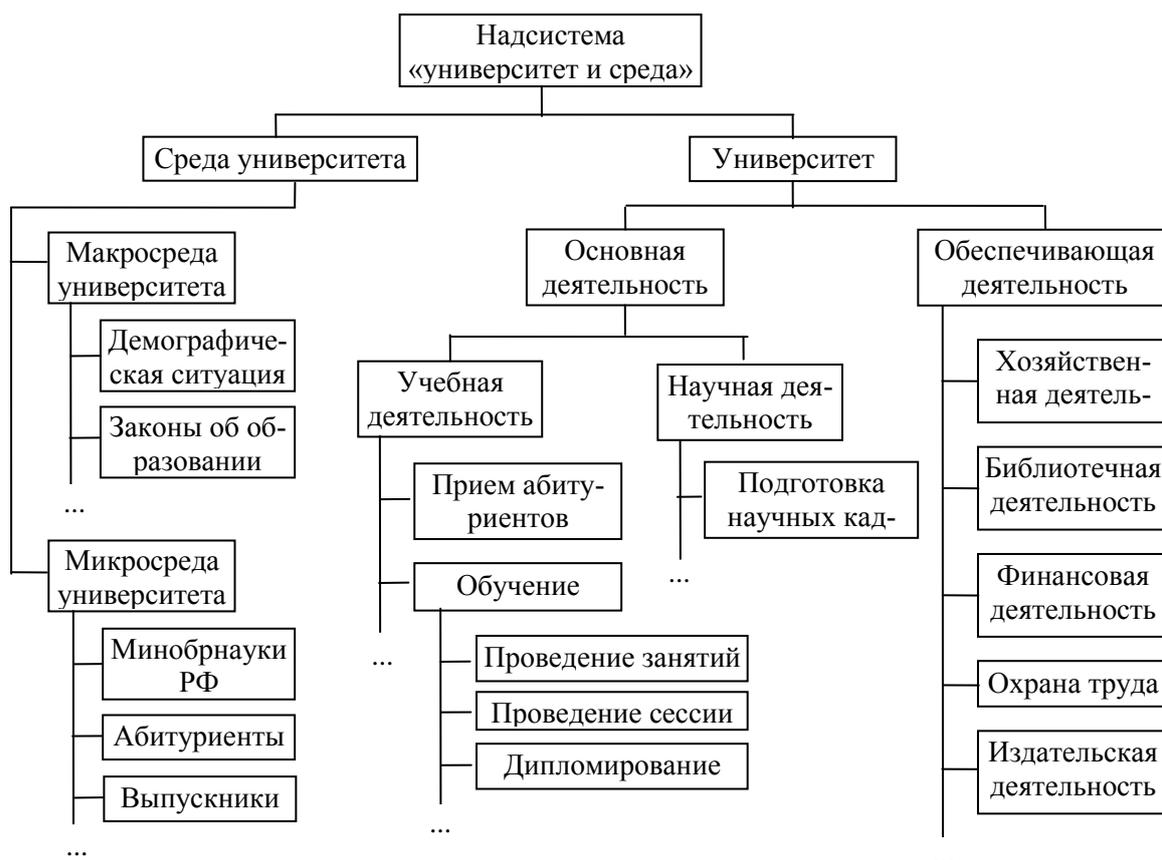


Рисунок 7.1 – Иерархия состава системы и ее окружающей среды

Желательно для каждого уровня (подуровня) указывать, с помощью какого основания декомпозиции он получен. Можете привести краткое описание отдельных подсистем.

## **2. Построение иерархии классификации.**

Сформируйте иерархию классов понятий, относящихся к той предметной области, к которой относится моделируемая система. На верхнем уровне расположите абстрактное, общее по отношению к другим классам понятие. Чем ниже расположено понятие, тем оно должно быть конкретнее. На нижнем уровне можете расположить конкретные системы (экземпляры). Результат представьте в виде схемы. Пример иерархии классов приведен на рис. 7.2.

Опишите свойства классов. Для абстрактного класса верхнего уровня это должны быть свойства, общие для всех нижестоящих классов. Для нижестоящих классов наследуемые от родительского класса свойства можете не приводить, опишите только дополнительные или уточненные свойства.

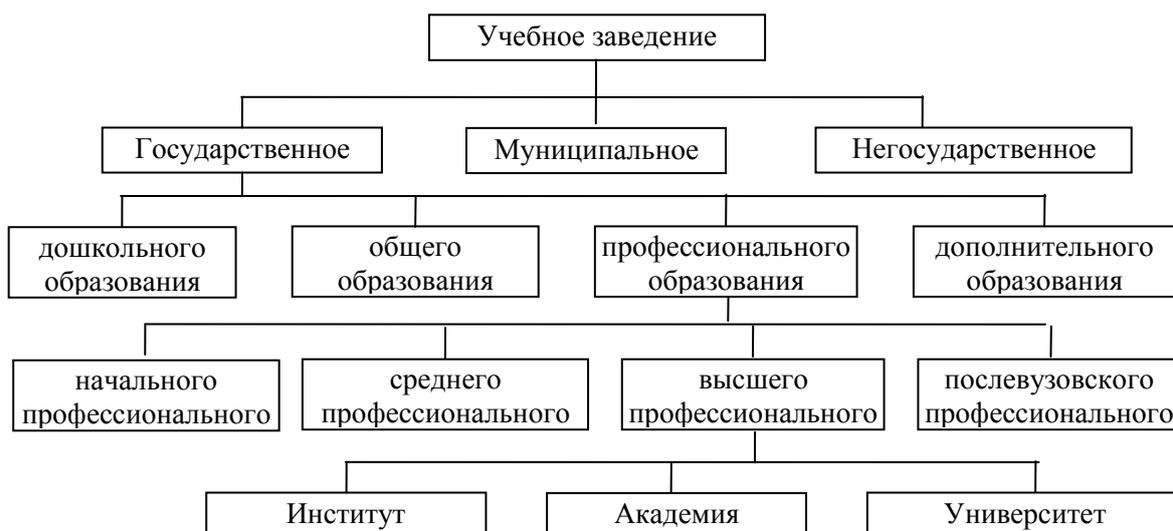


Рисунок 7.2 – Иерархия классов

### ***3. Построение иерархии целей системы (иерархии типа слоев).***

Постройте дерево целей для выбранной системы (или ее подсистемы). На верхнем уровне должна находиться глобальная цель (общая). Она декомпозируется на цели, обеспечивающие достижение глобальной цели. Каждая из этих целей также может декомпонироваться на подцели и т.д.

При построении дерева используйте стандартные основания декомпозиции. Рекомендуется использовать следующую цепочку оснований: «Виды конечных продуктов» - «Целеполагающие системы (системы микросреды)» - «Жизненный цикл производства» - «Структурные элементы (ресурсы)» - «Управленческий цикл». Логика здесь такова. Так как конечные продукты являются основным результатом деятельности системы, то глобальная цель определяется, прежде всего, через цели, связанные с различными продуктами. В свою очередь, цели по продуктам достигаются, если выполняются требования к ним всех целеполагающих систем (вышестоящих систем, систем среды, исследуемой системы, подведомственных систем). Для достижения этих целей требуется, чтобы выполнялись цели на всех этапах жизненного цикла производства продуктов (снабжение, производство, сбыт и т.д.). Каждая из целей на любом этапе производства детализируется через цели, связанные с используемыми ресурсами (предметами деятельности, средствами деятельности, кадрами). Наконец, реализация этих целей предполагает выполнение целей на всех этапах управленческого цикла (планирования, организации, контроля).

Пример иерархии целей приведен на рис. 7.3.



Рисунок 7.3 – Дерево целей

При использовании оснований декомпозиции конкретизируйте их применительно к типу исследуемой системы. Например, если исследуемой системой является кафедра университета, то состав оснований декомпозиции может быть следующий:

- «Виды конечных продуктов» – бакалавры, специалисты и магистры по направлениям (специальностям);
- «Целеполагающие системы» – кафедра, вышестоящая система (ректорат или министерство), работодатели, к которым устраиваются выпускники;
- «Жизненный цикл производства» – набор абитуриентов, обучение и распределение студентов;
- «Структурные элементы» - технические средства обучения, профессорско-преподавательский состав, учебно-методические материалы;
- «Управленческий цикл» - планирование, организация, контроль.

#### **4. Построение иерархии управления системой (иерархии типа эшелонов).**

Разработайте иерархию управления системой (или фрагмент системы управления), взяв за основу иерархию состава, построенную на шаге 2. Пример такой иерархии приведен на рис. 7.4.

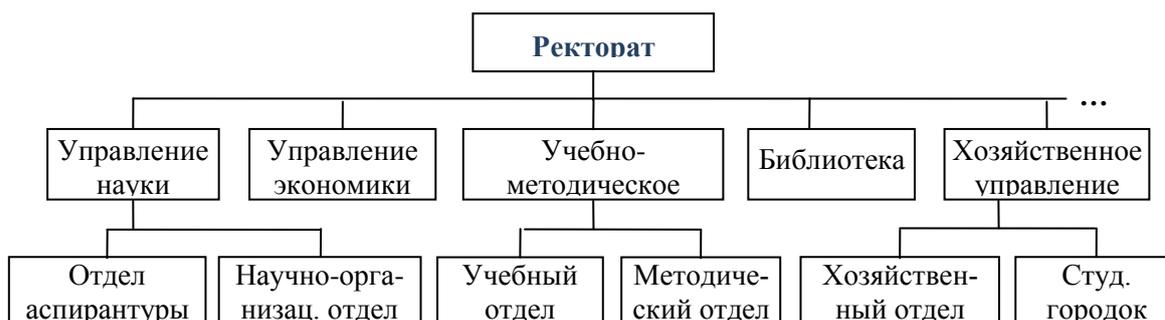


Рисунок 7.4 – Иерархия управления системой

### Содержание отчета

В отчет должны войти:

- иерархия состава системы;
- иерархия классификации, описание классов;
- дерево целей системы;
- иерархия управления системой.

## 2.8 Практическое занятие «Комбинаторные методы композиции»

### Цель занятия

Получить практические навыки в формировании вариантов систем методом морфологического анализа, в генерировании функций системы методом структурно-функционального проектирования Казарновского, в формировании множества функций управления системой.

### Самостоятельная работа по подготовке к занятию

Изучение метода морфологического анализа, метода структурно-функционального проектирования Казарновского, переборного метода формирования функций управления.

Литература: [1 (п. 2.4.2), 2 (п. 9.5), 3 (п. 2.4.6)].

### Варианты заданий

Выбирается объект проектирования – производственная система (организация, предприятие, компания), для которой будут разрабатываться варианты реализации, а также множество производственных и управленческих функций. Примеры систем: кондитерская фабрика, магазин, автосервис, кафе, туристическое агентство, цветочный салон, мастерская по производству мебели на заказ, рекламное агентство, гостиница, фирма по продаже и ремонту компьютеров, агентство по трудоустройству, агентство недвижимости, ателье по пошиву одежды, строительная компания.

## Порядок проведения занятия

### 1. Формирование вариантов системы методом морфологического анализа.

#### 1.1. Составление морфологической таблицы.

Задайте признаки (4-5) системы. Примеры признаков:

- численность персонала;
  - ассортимент продукции/услуг;
  - местоположение фирмы;
  - поставщики /партнеры;
  - организационно-правовая форма
- и т.д.

Предложите альтернативные варианты для каждого признака (варианты могут быть комбинированными). Результаты оформите в виде морфологической таблицы (пример – таблица 8.1).

Таблица 8.1 – Морфологическая таблица

Признаки	Альтернативные варианты значений признаков			
$a_1$ – численность персонала (чел.)	$a_{11} – 5-10$	$a_{12} – 10-30$	$a_{13} – 30-50$	
$a_2$ – ассортимент (количество видов)	$a_{21} – 1$	$a_{22} – 2-5$	$a_{23} – 6-10$	$a_{24} – >10$
...	...	...	...	...

#### 1.2. Морфологический синтез.

Осуществите синтез вариантов путем последовательного комбинирования признаков: сначала комбинируются два признака, затем оставшиеся после отбрасывания комбинации комбинируются со следующим признаком и т.д.

Пример результатов выполнения первого и второго шага морфологического синтеза – в таблицах 8.2 и 8.3. Знаком "×" обозначены отбрасываемые. При отбрасывании худших комбинаций учитывайте требования и критерии.

Таблица 8.2 – Первый шаг синтеза

	$a_{21}$	$a_{22}$	$a_{23}$	$a_{24}$
$a_{11}$	×		×	
$a_{12}$	×	×		×
$a_{13}$		×	×	×

Таблица 8.3 – Второй шаг синтеза

	$a_{11}+$ $a_{21}$	$a_{11}+$ $a_{24}$	$a_{12}+$ $a_{23}$	$a_{13}+$ $a_{21}$
$a_{31}$	×		×	×
$a_{32}$	×			
$a_{33}$		×		

Результаты представьте в виде таблицы (пример – таблица 8.4).

Таблица 8.4 – Результаты морфологического синтеза.

Варианты	Численность персонала	Ассортимент	Место-положение	Правовая форма
Вариант 1	5-10	2-5	1 точка в центре города	Инд. предприниматель
Вариант 2	10-30	>10	2 точки в разных районах	ООО
...	...	...	...	...

## **2. Генерирование функций системы методом Казарновского.**

### **2.1. Формирование основных функций.**

Сформируйте сначала комбинации (4-5) из двух основных функций проектируемой организации, выбрав их из следующего списка:

- *h* – производство (выпуск продукции, оказание услуг);
- *v* – жизнеобеспечение (поддержание элементов системы);
- *p* – организация (адаптация к внешним воздействиям);
- *c* – управление;
- *f* – обновление (создание новой продукции, услуг, технологий).

Запишите кодовые обозначения комбинаций (например, *ch*, *vh*). Дайте им интерпретацию – текстовое наименование. Наименования давайте с учетом предметной области, например, для магазина *h* – процесс продажи, для автосервиса – ремонт автомобилей.

Пример интерпретации комбинированных функций для объекта «магазин»:

- vh* – закупка товаров для продажи;
- ph* – установка торгового оборудования;
- ch* – управление персоналом магазина.

Избегайте абстрактных названий, например: управление жизнеобеспечением, организация управления, обновление производства. Чем конкретнее и полнее Вы раскроете смысл функции, тем лучше.

Взяв полученные комбинации за основу (часть из них), сформируйте комбинации из трех функций (3-5), а затем – из четырех (3-5). Запишите кодовые обозначения (например, *pcfh*, *cpvh*) Дайте им интерпретацию.

### **2.2. Формирование с функций, связанных со структурными элементами.**

Выберите часть функций, сформированных на предыдущем шаге, и скомбинируйте их с подфункциями по обеспечению предметами деятельности:

- i* – обеспечение предметами деятельности,
- k* – обеспечение инструментами,

$l$  – обеспечение энергией,  
 $o$  – вывод продукции,  
 $t$  – технологическое преобразование.

Общее количество функций – не менее 5. Запишите кодовые обозначения функций и дайте им интерпретацию, учитывая, какие конкретно структурные элементы содержит рассматриваемый процесс. Например, для процесса обслуживания в кафе предметы деятельности – это продукты и заказы клиентов, для ремонта автомобилей – ремонтируемые автомобили, запчасти и заявки.

Учитывайте, в каком порядке следуют буквы в коде функции – от этого зависит интерпретация. Например, для объекта «автосервис» функция  $cth$  будет означать управление технологией ремонта автомобилей, а функция  $tch$  – принятие решений по управлению процессом ремонта (для управления  $i$  – получение входной информации,  $t$  – принятие решения,  $o$  – выдача решения).

### **3. Формирование множества функций управления системой.**

#### **3.1. Формирование исходных множеств.**

Сформируйте множество этапов жизненного цикла производства продукта (оказания услуги). При этом интерпретируйте стандартные этапы жизненного цикла производства (выявление потребности, проектирование, снабжение, производство, хранение, транспортировка и реализация, обслуживание) с учетом специфики выбранной системы. Например, для турфирмы может быть сформировано следующее множество этапов ЖЦ:

$p_1$  – выявление предпочтений туристов (маркетинг);  
 $p_2$  – разработка туристических маршрутов;  
 $p_3$  – получение информации от туроператора о наличии путевок;  
 $p_4$  – оформление путевок;

...

Составьте множество этапов управления. За основу можете взять стандартные этапы:

$z_1$  – прогнозирование,  
 $z_2$  – планирование,  
 $z_3$  – организация (руководство),  
 $z_4$  – учет (контроль),  
 $z_5$  – регулирование.

Составьте множество этапов переработки информации, используя стандартные этапы:

$x_1$  – сбор данных,  
 $x_2$  – хранение данных,  
 $x_3$  – обработка данных (принятие решения),  
 $x_4$  – отображение данных,

$x_5$  – передача данных (решения),  
 $x_6$  – уничтожение информации.

### **3.2. Формирование функций управления.**

Сгенерируйте задачи управления (8-10) путем комбинирования этапов жизненного цикла производства и этапов управления.

Примеры задач управления для турфирмы:

$p_1z_2$  – планирование маркетинговых исследований;

$p_2z_3$  – организация разработки туристических маршрутов;

$p_4z_4$  – контроль правильности оформления путевок.

Сгенерируйте функции управления (8-10). Для этого выберите несколько сформированных задач управления и скомбинируйте их с этапами переработки информации. Примеры функций управления для турфирмы:

$p_1z_2x_1$  – сбор данных для планирования маркетинговых исследований;

$p_1z_2x_3$  – разработка плана маркетинговых исследований;

$p_1z_2x_5$  – доведение плана маркетинговых исследований до сотрудников.

Формулировки задач и функций управления составляйте не механически, а адаптируя их к конкретной предметной области.

### **Содержание отчета**

В отчет должны войти:

- выбранная система (организация) для проектирования;
- морфологическая таблица (таблица 8.1), таблицы для каждого шага морфологического синтеза, результирующая таблица (таблица 8.4);
- выбранная производственная система для проектирования;
- сгенерированные по методу Казарновского основные функции системы и функции, связанные со структурными элементами (для каждой функции указывается кодовое обозначение и интерпретация).
- исходные множества этапов жизненного цикла производства, управления и переработки информации для формирования задач управления;
- формулировки задач управления и функций управления.

## **3 Методические указания к проведению лабораторных работ**

### **3.1 Лабораторная работа «Выбор системы по множеству критериев»**

#### **Цель работы**

Получить практические навыки в выборе системы по множеству критериев различными методами интеграции измерений с помощью табличного редактора Libre Office Calc.

#### **Самостоятельная работа по подготовке к лабораторной работе**

Изучение методов нормирования измерений, методов свертки (аддитивной, мультипликативной), метода идеальной точки.

Литература: [1 (пп. 2.3.2), 2 (п. 6.2, 7.2), 3 (п.п. 2.1, 2.2, 2.5.2)].

#### **Варианты заданий**

Варианты индивидуальных заданий приведены в приложении. Каждое задание содержит:

- тип выбираемой системы (указан в названии варианта);
- критерии выбора конкретной системы (объекта) данного класса;
- оценки важности критериев (в баллах);
- значения критериев для трех объектов, из которых осуществляется выбор;
- диапазон значений каждого критерия (минимальное и максимальное значения).

Диапазон определен не по множеству оцениваемых объектов, а по максимально и минимально возможным значениям всего множества подобных объектов.

#### **Порядок выполнения работы**

##### ***1. Ввод исходных данных.***

Запустите табличный редактор Libre Office Calc (LO Calc).

Занесите исходные данные, содержащиеся в описании выбранного варианта индивидуального задания (см. приложение) в таблицу. Вид экранной формы для введения исходных данных представлен на рис. 9.1.

Критерий	Важность (балл)	Абсолютные значения			Максимальное значение	Минимальное значение
		O <sub>1</sub>	O <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>		
Критерий 1	w <sub>1</sub>	q <sub>11</sub> <sup>ab</sup>	q <sub>12</sub> <sup>ab</sup>	q <sub>13</sub> <sup>ab</sup>	q <sub>1</sub> <sup>max</sup>	q <sub>1</sub> <sup>min</sup>
Критерий 2	w <sub>2</sub>	q <sub>21</sub> <sup>ab</sup>	q <sub>22</sub> <sup>ab</sup>	q <sub>23</sub> <sup>ab</sup>	q <sub>2</sub> <sup>max</sup>	q <sub>2</sub> <sup>min</sup>
Критерий 3	w <sub>3</sub>	q <sub>31</sub> <sup>ab</sup>	q <sub>32</sub> <sup>ab</sup>	q <sub>33</sub> <sup>ab</sup>	q <sub>3</sub> <sup>max</sup>	q <sub>3</sub> <sup>min</sup>

Рис. 9.1 – Экранная форма для внесения исходных данных

## 2. Нормирование оценок важности и значений критериев

Далее необходимо определить весовые коэффициенты критериев путем нормирования. Для этого определите сумму оценок важности критериев (в баллах) и поделите каждую оценку на эту сумму. Таким образом, сумма весовых коэффициентов должна быть равна 1:  $\sum_{i=1}^m v_i = 1$ .

Определим весовые коэффициенты в LO Calc. Добавим в экранную форму заготовку для таблицы с нормированными значениями. Для вычисления весовых коэффициентов используем формулы LO Calc. Пример расчета приведен на рисунке 9.2.

Критерий	Важность (балл)	Абсолютные значения			Максимальное значение	Минимальное значение
		O <sub>1</sub>	O <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>		
Критерий 1	5	50	q <sub>12</sub> <sup>ab</sup>	q <sub>13</sub> <sup>ab</sup>	100	10
Критерий 2	3	q <sub>21</sub> <sup>ab</sup>	q <sub>22</sub> <sup>ab</sup>	q <sub>23</sub> <sup>ab</sup>	q <sub>2</sub> <sup>max</sup>	q <sub>2</sub> <sup>min</sup>
Критерий 3	8	q <sub>31</sub> <sup>ab</sup>	q <sub>32</sub> <sup>ab</sup>	q <sub>33</sub> <sup>ab</sup>	q <sub>3</sub> <sup>max</sup>	q <sub>3</sub> <sup>min</sup>

Нормированные значения критериев						
Критерий	Весовой коэффициент	Нормированные значения				
		O <sub>1</sub>	O <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>		
Критерий 1	0,3	0,4	q <sub>12</sub>	q <sub>13</sub>		
Критерий 2	v <sub>2</sub>	q <sub>21</sub>	q <sub>22</sub>	q <sub>23</sub>		
Критерий 3	v <sub>3</sub>	q <sub>31</sub>	q <sub>32</sub>	q <sub>33</sub>		

Рис. 9.2 – Вычисление весовых коэффициентов

По аналогии определите весовые коэффициенты всех критериев.

Далее нормируйте значения критериев. В случае прямой зависимости – чем больше значение критерия, тем выше оно должно оцениваться – используйте формулу:

$$q_i(x_j) = \frac{q_i^{ab}(x_j) - q_i^{\min}}{q_i^{\max} - q_i^{\min}},$$

где  $q_i^{\min}$   $q_i^{\max}$  – соответственно минимальное и максимальное значения  $i$ -го критерия.

В случае обратной зависимости – чем меньше значение критерия, тем оно должно оцениваться выше – используйте формулу:

$$q_i(x_j) = \frac{q_i^{\max} - q_i^{ab}(x_j)}{q_i^{\max} - q_i^{\min}}.$$

Рассчитаем нормированные значения с использованием формул LO Calc и добавим в таблицу с нормированными значениями. Пример нормирования одного из абсолютных значений приведен на рис. 9.3 (предполагается, что чем больше значение критерия, тем выше оно должно оцениваться).

C13      f <sub>1</sub> = (C5-G5)/(F5-G5)							
	A	B	C	D	E	F	G
1							
2	Абсолютные значения критериев						
3	Критерий	Важность (балл)	Абсолютные значения			Максимальное значение	Минимальное значение
4			O <sub>1</sub>	O <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>		
5	Критерий 1	5	50	q <sub>12</sub> <sup>ab</sup>	q <sub>13</sub> <sup>ab</sup>	100	10
6	Критерий 2	3	q <sub>21</sub> <sup>ab</sup>	q <sub>22</sub> <sup>ab</sup>	q <sub>23</sub> <sup>ab</sup>	q <sub>2</sub> <sup>max</sup>	q <sub>2</sub> <sup>min</sup>
7	Критерий 3	8	q <sub>31</sub> <sup>ab</sup>	q <sub>32</sub> <sup>ab</sup>	q <sub>33</sub> <sup>ab</sup>	q <sub>3</sub> <sup>max</sup>	q <sub>3</sub> <sup>min</sup>
8							
9							
10	Нормированные значения критериев						
11	Критерий	Весовой коэффициент	Нормированные значения				
12			O <sub>1</sub>	O <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>		
13	Критерий 1	0,3	0,4	q <sub>12</sub>	q <sub>13</sub>		
14	Критерий 2		q <sub>21</sub>	q <sub>22</sub>	q <sub>23</sub>		
15	Критерий 3		q <sub>31</sub>	q <sub>32</sub>	q <sub>33</sub>		
16							

Рис. 9.3 – Вычисление нормированных значений

По аналогии нормируйте все абсолютные значения для критериев 1–3. В итоге первые две таблицы экранной формы должны быть заполнены полностью (пример представлен на рисунке 9.4).

1							
2	Абсолютные значения критериев						
3	Критерий	Важность (балл)	Абсолютные значения			Максимальное значение	Минимальное значение
4			O <sub>1</sub>	O <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>		
5	Критерий 1	5	50	60	30	100	10
6	Критерий 2	3	1500	2250	5500	1100	6000
7	Критерий 3	8	3	7	5	1	9
8							
9							
10	Нормированные значения критериев						
11	Критерий	Весовой коэффициент	Нормированные значения				
12			O <sub>1</sub>	O <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>		
13	Критерий 1	0,3	0,4	0,6	0,2		
14	Критерий 2	0,2	0,9	0,8	0,1		
15	Критерий 3	0,5	0,8	0,3	0,5		
16							

Рис. 9.4 – Таблица нормированных значений

### 3. Определение интегральной оценки

Добавим в экранную форму третью таблицу (рис. 9.5).

17						
18	Результаты оценки объектов по множеству критериев					
19	Метод интеграции	Интегральные оценки			Наилучший объект	
20		O <sub>1</sub>	O <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>		
21	Аддитивная свертка	q <sub>1</sub>	q <sub>1</sub>	q <sub>1</sub>		
22	Мультипликативная свертка	q <sub>2</sub>	q <sub>2</sub>	q <sub>2</sub>		
23	Метод идеальной точки	q <sub>3</sub>	q <sub>3</sub>	q <sub>3</sub>		
24						

Рис. 9.5 – Таблица результатов оценки объектов

Используя инструменты LO Calc, вычислите интегральные оценки объектов методом аддитивной свертки, используя формулу средневзвешенного арифметического:

$$\hat{q}(x_j) = \sum_{i=1}^m v_i q_i(x_j), j = \overline{1, n}.$$

Вычислите интегральные оценки объектов методом мультипликативной свертки, используя формулу средневзвешенного геометрического:

$$\hat{q}(x_j) = \prod_{i=1}^m q_i(x_j)^{v_i}, j = \overline{1, n}.$$

Вычислите интегральные оценки объектов методом идеальной точки, используя формулу взвешенной суммы расстояний от идеальной точки:

$$\hat{q}(x_j) = \sqrt{\sum_{i=1}^m v_i (q_i(x_0) - q_i(x_j))^2}, j = \overline{1, n}.$$

Идеальным значением по каждому критерию является наилучшее значение. Учитывая, что все оценки нормированы, т. е. находятся в интервале  $[0, 1]$ , наилучшим значением можно считать 1:  $q_i(x_0) = 1$ .

По выполнению всех действий, перечисленных в п. 3, у Вас должен получиться документ LO Calc, аналогичный представленному на рисунке 9.6.

Абсолютные значения критериев						
Критерий	Важность (балл)	Абсолютные значения			Максимальное значение	Минимальное значение
		O <sub>1</sub>	O <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>		
Критерий 1	5	50	60	30	100	10
Критерий 2	3	1500	2250	5500	1100	6000
Критерий 3	8	3	7	5	1	9

Нормированные значения критериев				
Критерий	Весовой коэффициент	Нормированные значения		
		O <sub>1</sub>	O <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>
Критерий 1	0,3	0,4	0,6	0,2
Критерий 2	0,2	0,9	0,8	0,1
Критерий 3	0,5	0,8	0,3	0,5

Результаты оценки объектов по множеству критериев				
Метод интеграции	Интегральные оценки			Наилучший объект
	O <sub>1</sub>	O <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	
Аддитивная свертка	0,7	0,4	0,3	O <sub>1</sub>
Мультипликативная свертка	0,7	0,4	0,3	O <sub>1</sub>
Метод идеальной точки	0,6	0,7	0,8	O <sub>1</sub>

Рис. 9.6 – Результат выполнения работ по п. 1.3

Обратите внимание, в примере на рисунке 9.6 представлены произвольные значения критериев, Вы берете значения из Вашего варианта.

## Литература

1. Основы теории систем и системного анализа: Учебное пособие / Силич М. П., Силич В. А. – 2013. 342 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/publications/5452> (дата обращения 7.06.2018).
2. Перегудов Ф.И., Тарасенко Ф.П. Основы системного анализа: Учеб. пособие. – 3-е изд. – Томск: Изд-во НТЛ, 2001. – 390 с.
3. Вдовин В.М. Теория систем и системный анализ [Электронный ресурс] : учебник / В.М. Вдовин, Л.Е. Суркова, В.А. Валентинов. — Электрон. дан. — Москва : Дашков и К, 2016. — 644 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/93352> (дата обращения 7.06.2018).
4. Антонов А.В. Системный анализ : Учебник для вузов / А. В. Антонов. - 2-е изд., стереотип. – М. : Высшая школа, 2006. – 452 с.

## Приложение

### Варианты заданий для лабораторной работы

Критерий	Важность, баллы	Абсолютные значения			Max значение	Min значение
		O <sub>1</sub>	O <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>		
<b>Вариант 1. Радиоприемник</b>						
Цена, руб.	7	800	1500	1620	5000	450
Выходная мощность, Вт	8	2,5	4	5	7	0,8
Объем корпуса, м <sup>3</sup>	2	0,0035	0,0026	0,0054	0,01	0,002
<b>Вариант 2. Спортивный автомобиль</b>						
Цена, тыс.руб.	9	2 000	2 800	9 600	18 000	1 850
Объем двигателя, л.	5	4,5	5,3	8	12	3,5
Max скорость, км/ч	8	230	280	360	450	220
<b>Вариант 3. Телевизор</b>						
Цена, тыс. руб.	6	12	50	112	400	8
Количество каналов, шт.	3	10	150	150	200	8
Диагональ экрана, дюйм	8	12	32	48	60	10
<b>Вариант 4. Ноутбук</b>						
Цена, тыс. руб.	6	25	36	90	200	22
Частота процессора, ГГц	7	1,3	1,8	4,2	8	1
Жесткий диск, Гб	6	250	500	1000	4000	100
<b>Вариант 5. Университет</b>						
Стоимость обучения, тыс. руб.	8	85	100	154	200	67
Количество факультетов	3	5	12	15	18	3
Трудоустройство, %	10	60	85	98	100	20
<b>Вариант 6. Школа</b>						
Количество школьников, чел.	6	500	1000	2500	3000	300
Количество языков, шт.	8	1	2	2	4	1
Стоимость обеда, руб.	1	200	180	230	80	400
<b>Вариант 7. Магазин бытовой техники</b>						
Ассортимент, шт.	8	200	1000	6000	20 000	100
Средняя стоимость, руб.	10	4000	3200	3800	6000	2800

Количество касс, шт.	3	1	2	5	10	1
Критерий	Важ- ность, баллы	Абсолютные значения			Мах значение	Min значение
		O <sub>1</sub>	O <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>		
<b>Вариант 8. Страховая компания</b>						
Количество продук- тов, шт.	5	2	3	4	5	1
Стоимость КАСКО, руб.	4	50	70	120	150	49
Стоимость ОСАГО, руб.	10	5	6	5.5	7.2	4.9
<b>Вариант 9. Смартфон</b>						
Диагональ экрана, дюйм	6	4,5	7	8	12	3,5
Цена, руб.	8	5000	12 000	23 000	72 000	2500
<b>Вариант 10. Принтер</b>						
Емкость батареи, мА	7	4600	7200	12 000	15 000	2300
Скорость, л/мин	6	8	10	12	18	5
Количество цветов, шт.	10	1	1	1	4	1
Цена, руб.	9	12 000	15 000	28 000	60 000	10 000