

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)**

## **СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ**

Методические указания к лабораторным работам  
и организации самостоятельной работы  
для студентов направления  
«Бизнес-информатика»  
(уровень бакалавриата)

**Турунтаев Леонид Петрович**

Системы поддержки принятия решений: Методические указания к лабораторным работам и организации самостоятельной работы для студентов направления «Бизнес-информатика» (уровень бакалавриата)

/ Л.П.Турунтаев. – Томск, 2018. – 42 с.

## Оглавление

1 Введение.....	4
2 Методические указания к проведению лабораторных работ.....	5
2.1 Лабораторная работа «Моделирование и решение задач управления векторной оптимизации».....	5
2.2 Лабораторная работа «Моделирование и решение многокритериальных задач принятия решений в условиях определенности. Иерархическая процедура Саати».....	10
2.3 Лабораторная работа «Многоэтапное принятие решений. Метод деревьев решений».....	17
2.4 Лабораторная работа «Задачи принятия решений в условиях риска и неопределенности».....	26
2.5 Лабораторная работа «Применение метода когнитивных карт для генерации управленческих решений».....	35
3 Методические указания для организации самостоятельной работы.....	38
3.1 Общие положения.....	38
3.2 Проработка лекционного материала.....	38
3.3 Подготовка к лабораторным работам.....	40
3.4 Самостоятельное изучение тем теоретической части курса.....	40
4 Рекомендуемая литература.....	42

## 1 Введение

Данное руководство предназначено для выполнения лабораторных работ и изучения тем теоретической части курса, выносимых на самостоятельное освоение, по дисциплине «Системы поддержки принятия решений» с целью закрепления знаний поиска решения задач, возникающих в системах организационного управления. Методологической основой поиска решений является математическое моделирование деятельности субъектов систем организационного управления.

В лабораторных работах рассматриваются формализованные процедуры поиска и оценки решений для слабоструктуризованных задач выбора. Хорошо структуризованные задачи (проблемы) многовариантны по существу, но поскольку четко поддаются формализации и описанию в терминах количественных переменных, то могут быть однозначно решены с помощью построения и оптимизации детерминированной математической модели. Задачи такого рода называют задачами исследования операций (ИСО). Для задач исследования операций присущ объективный характер используемых моделей объекта управления. Для задач другого плана, в которых необходимо учитывать особенности внешнего воздействия на задачу принятия решений, присущ субъективный характер используемых моделей субъекта управления. Математические модели строятся с учетом мнений лица, принимающего решения. Вопросы, связанные с моделированием предпочтений субъекта управления и описанием формализованных процедур оценки и принятия решений для многокритериальных задач выбора в условиях риска и неопределенности, рассматриваются в данной дисциплине.

Каждая лабораторная работа включает краткое описание соответствующей задачи принятия решений и задания на их выполнение.

## 2 Методические указания к проведению лабораторных работ

### 2.1 Лабораторная работа «Моделирование и решение задач управления векторной оптимизации»

#### Цель работы

Получить навыки решения многокритериальных задач принятия решений в условиях определенности

#### Форма проведения

Каждый студент выполняет индивидуальное задание.

#### Форма отчетности

Защита отчета, опрос по контрольным вопросам

#### Теоретические основы

В жизни целенаправленная деятельность человека устроена так, что приходится учитывать не одну, а сразу несколько целей. Оптимизация решения задачи отдельно по каждому из критериев приводит к различным вариантам. Решение задачи с учетом всех предлагаемых критериев находится в компромиссной области решений (множестве Парето). Множество компромиссных решений обладает свойством противоречивости: улучшение качества решений по одним критериям вызывает ухудшение качества других. Это обстоятельство и является причиной того, что методы решения многокритериальных задач предусматривают в том или ином виде учет мнения лица, принимающего решение. Чтобы выбрать из области Парето лучшие решения, ЛПР обязан ввести соответствующие принципы выбора компромиссного решения, приводящие к тому или иному методу решения задачи. Рассмотрим наиболее часто употребляемые методы решения многокритериальных задач.

#### *1. Сведение многокритериальной задачи к однокритериальной.*

Наибольшее распространение получил подход определения глобального критерия (суперкритерия) в виде взвешенной суммы

критериев  $y_0 = \sum_{i=1}^n \alpha_i y_i^H$ ,

где  $y_i^H$  — отнормированное значение  $i$ -го критерия ;

$\alpha_i$  — коэффициент относительной важности  $i$ -го критерия (весовой коэффициент);

$$0 \leq \alpha_i \leq 1, \quad i = \overline{1, n}; \quad \sum_{i=1}^n \alpha_i = 1.$$

### 2. Выделение главного критерия

Критерии располагаются в порядке убывания важности. Решается задача по первому (важному) критерию, а в ограничениях прописываются дополнительно ещё условия на предельные изменения остальных критериев.

### 3. Метод последовательных уступок

Критерии располагаются в порядке убывания важности.

Решается задача по первому (важному) критерию. Определяется оптимальное решение и значение целевой функции по первому критерию. Далее решается задача по второму критерию, при этом в ограничении дополнительно прописывается ещё условие на изменение первого критерия (делается уступка ухудшения решения по первому критерию). И так далее для других критериев. На последнем шаге решается задача поиска решения по  $n$ -му критерию с учетом уступок по  $(n-1)$  наиболее важным критериям, и решение этой задачи принимается в качестве решения исходной многокритериальной задачи.

### Порядок выполнения работы

- 1) получить задачу у преподавателя;
- 2) составить математическую постановку задачи;
- 3) решить ее с помощью программного средства по отдельным критериям;
- 4) выбрать схему поиска компромиссного решения и найти множество Парето;
- 5) найти решение и провести его анализ;
- 6) составить подробный отчет по лабораторной работе, в котором представляется:
  - формулировка индивидуального задания,
  - математическая модель и пояснение к её построению,
  - выходные таблицы и содержательные пояснения к ним,
  - выводы по лабораторной работе.

## Варианты заданий

### Задания (вариант) 1 и 2

На заводе ежемесячно скапливается  $A$  тонн отходов металла, из которого можно штамповать мелкие детали 6 типов. Месячная потребность завода в деталях  $i$ -го типа равна  $b_i$  тыс.шт. Недостающее количество деталей  $i$ -го типа или закупается на других предприятиях по цене  $c_i$  рублей за тысячу штук или производится из дополнительного металлолома, который закупается на стороне по цене  $M$  рублей за тонну. Расход металла на тыс. деталей  $i$ -го типа составляет  $a_i$  кг.

Для изготовления деталей используются 3 прессы, на каждом из которых за смену можно изготовить  $d_i$  тыс. деталей  $i$ -го типа. В месяц каждый пресс работает не более 52 смен. Найти стратегию (закупать недостающие детали или закупать недостающий металл) и план производства деталей на заводе, обеспечивающий минимум суммарных расходов (исходные данные приведены в таблице).

Исходные данные к заданию 1 и 2

Варианты	A	a1	a2	a3	a4	a5	a6	b1	b2	b3	b4	b5	b6
1	12	30	45	22	11	74	51	62	99	17	29	34	99
2	12	17	15	99	19	27	81	99	15	37	23	70	23

продолжение таблицы

Вариант	c1	c2	c3	c4	c5	c6	M	d1	d2	d3	d4	d5	d6
1	13	15	9	7	18	22	5	1,4	1,3	2,9	2,1	0,8	1,5
2	17	12	36	11	32	24	7	2,3	3,2	1,0	2,1	1,5	1,2

### Задания (вариант) 3 и 4

Для поражения целей некоторого класса разработано 5 типов оружия. Один комплекс оружия  $j$ -го типа может действовать по группам целей (низколетящим и высоколетящим) с различной эффективностью. Среднее количество поражаемых целей при этом равны  $P_{1j}$  и  $P_{2j}$ . Количество вылетов низколетящих целей превосходит их количество высоколетящих в два раза. Необходимо разработать систему вооружения (определить количество комплексов каждого типа), обеспечивающую максимум математического ожидания числа уничтоженных целей, если стоимость одного комплекса  $j$ -го типа составляет  $g_j$  % суммы, выделенной на всю систему; трудоемкость изготовления одного комплекса  $j$ -го типа составляет  $a_j$  % от общего фонда рабочего времени. Для производства одного комплекса  $j$ -го типа необходимо

$b_j$  кг дефицитного материала, а в распоряжении производства имеется  $B$  т этого материала. В силу ограничений технологического характера может быть изготовлено не более  $C_j$  комплексов  $j$ -го типа.

Исходные данные к заданию 3 и 4

Вариант	P11	P12	P13	P14	P15	P21	P22	P23	P24	P25
3	0,7	0,5	0,3	0,9	0,8	0,6	0,5	0,6	0,8	0,7
4	0,6	0,4	0,9	0,8	0,7	0,6	0,4	0,9	0,8	0,8

продолжение таблицы

Вариант	a1	a2	a3	a4	a5	b1	b2	b3	b4	b5
3	0,03	0,02	0,01	0,04	0,02	13	17	25	10	19
4	0,02	0,01	0,05	0,02	0,03	35	34	60	25	25

продолжение таблицы

Вариант	r1	r2	r3	r4	r5	B	c1	c2	c3	c4	c5
3	0,02	0,01	0,01	0,03	0,03	120	2000	6000	12000	2000	4500
4	0,01	0,01	0,04	0,02	0,01	220	6000	8000	3000	6000	2000

Задания (вариант) 5 и 6

Для приготовления комбикорма совхоз может закупить зерно 4-х сортов  $K_i$ , отличающихся друг от друга содержанием питательных компонентов  $C_j$  ( $j=1, \dots, 5$ ). Для обеспечения нормального питания скота в течение планируемого периода комбикорм должен содержать не менее  $V_j$  питательного компонента  $j$ -го типа. Одна тонна зерна  $i$ -го типа стоит  $g_i$  рублей и содержит  $a_{ij}$  единиц питательного компонента  $j$ -го типа. Складские помещения позволяют хранить не более  $A$  тонн зерна (для варианта 5:  $A=2800$ , для варианта 6:  $A=4400$ ). Определить план закупки зерна каждого сорта, обеспечивающий компромиссное решение по минимизации затрат на покупку зерна и максимизации питательности комбикорма с учетом требований на его питательность и емкости складских помещений. Критерии считать равнозначными.

Исходные данные к заданию 5 и 6

Сорт зерна $K_i$	C1	C2	C3	C4	C5	Цена $g_i$
K1	2	1	5	0,6	0,01	40
K2	3	1	3	0,25	0,02	30
K3	7	0	0	1,00	0,1	28
K4	9	3	6	1,5	0,5	35
K5	4	2	1	0,5	0,1	44
Содержание $V_j$	2500	300	1000	712	100	

Матрица коэффициентов  $a_{ij}$  для 5-го варианта задачи получается из таблицы 3 вычеркиванием строки K1, для 6-го – строки K2.

#### Задания (вариант) 7 и 8

Совхоз, имеющий посевную площадь 5000 га, выращивает 3 культуры  $K_i$ . Весь год можно разбить на 5 периодов  $P_j$ , отличающихся друг от друга потребностями в рабочей силе для выполнения сельскохозяйственных работ. В период  $P_j$  совхоз располагает рабочей силой в количестве  $b_j$  человек, из которых  $d_j$  человек могут быть в случае необходимости обеспечены работой, не связанной непосредственно с сельским хозяйством, а  $a_{ij}$  человек должны быть заняты на обработке 1 га посевной площади, занятой культурой  $K_i$ . Прибыль от  $i$ -й культуры, приходящаяся на 1 га посевной площади, равна  $c_i$  рублей, плановое задание по производству  $i$ -й культуры составляет  $q_i$  центнеров, а ее урожайность  $h_i$  центнеров с га.

Найти распределение площади под эти культуры, обеспечивающее максимум прибыли при выполнении всех плановых заданий и минимуме привлечения рабочей силы в течение года. Критерии считать равнозначными.

#### Исходные данные к заданию 7 и 8

Культура	P1	P2	P3	P4	P5	$c_i$	$q_i$	$h_i$
K1	0.25	2	2	1.4	1.3	300	11600	16
K2	0.2	1.8	1	0.8	0.6	270	15000	24
K3	0.2	0.2	0.4	1.3	2	150	40000	40
K4	0.1	0.5	2	1.8	0.4	220	18000	30
$b_j$	3200	5500	5600	6500	9200			
$d_j$	2800	2100	200	1800	2400			

Матрица коэффициентов  $a_{ij}$  для 7-го варианта задачи получается вычеркиванием из таблицы 4. строки K1, для 8-го - строки K2.

#### Задания (вариант) 9 и 10

Деревообрабатывающая фабрика получает  $m$  типов лесоматериалов  $H_i$  в количестве  $b_i$  куб.м в месяц. Из этих материалов изготавливается  $n$  видов фанеры  $S_j$ . На производство 1 кв.м фанеры вида  $S_j$  идет  $q_{ij}$  куб.м материала  $H_i$ . При благоприятном рынке спрос в месяц составит не менее  $P_j$  кв.м фанеры вида  $S_j$ . При неблагоприятном рынке – не более 50 % от  $P_j$ . Благоприятный рынок более вероятен, чем неблагоприятный. Составить план производства фанеры на месяц, обеспечивающий фабрике максимальную прибыль, если лесоматериалы обходятся

фабрике в  $c_i$  руб./куб.м, расходы на производство 1 кв.м фанеры  $S_j$  составляют  $v_j$  рублей, а реализуется эта фанера по цене  $g_j$  руб./кв.м.

Исходные данные к заданию 9 и 10

Тип	S1	S2	S3	S4	S5	$b_i$	$c_i$
H1	0.02	0	0.03	0.08	0.02	150	2.6
H2	0.04	0.1	0.12	0	0.01	200	2.5
H3	0	0.05	0.02	0.04	0.04	100	1.5
H4	0.1	0.04	0	0	0.08	130	1.4
H5	0.02	0	0.01	0	0	170	1.9
$P_j$	150	350	100	400	150		
$v_j$	0.5	0.7	0.4	0.8	0.9		
$g_j$	3	3.5	4.1	3.2	4.5		

Матрица коэффициентов  $q_{ij}$  для 9-го варианта задачи получается из таблицы 5 вычеркиванием строки H1, для 10-го – строки H2.

### Контрольные вопросы

1. Назовите основные проблемы выбора компромиссных решений.
2. Охарактеризуйте основные принципы выбора компромиссных решений?
3. В чем основное отличие выбора компромиссного решения по принципу выделения главного критерия от принципа последовательных уступок?
4. Опишите основные этапы процедуры «СТЕМ».

## 2.2 Лабораторная работа «Моделирование и решение многокритериальных задач принятия решений в условиях определенности. Иерархическая процедура Саати»

### Цель работы

Закрепить знания и навыки построения иерархических моделей многокритериальных задач выбора в условиях определенности

### Форма проведения

Каждый студент выполняет индивидуальное задание.

### Форма отчетности

Защита отчета, опрос по контрольным вопросам

## Теоретические основы

В начале 1970 года американский математик Томас Саати разработал процедуру поддержки принятия решений, которую назвал "Analytic hierarchy process" (АНР). Авторы русского издания перевели это название как "Метод анализа иерархий" (см. книгу: Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. - М.: Радио и Связь, 1993). Этот метод относится к классу критериальных и занимает особое место, благодаря тому, что он получил исключительно широкое распространение. Описание метода выполним на конкретном примере выбора автомобиля.

Альтернативы:

- Жигули
- Москвич
- Иж
- Волга

Критерии:

- стиль
- надежность
- экономия топлива

В основе АНР все та же линейная свертка, но оценки альтернатив и веса критериев получаются особым образом. Его мы сейчас и рассмотрим.

В модели АНР вместо критериальной таблицы принята иерархия. Представим ее следующим образом:

Уровень 0 : Цель - выбрать автомобиль.

Уровень 1: Критерии -

- стиль
- надежность
- экономичность

Уровней может быть сколько угодно. Например, критерий 1-го уровня "надежность" можно раскрыть уровнем 2 как: 1) надежность двигателя, 2) надежность кузова, 3) надежность ходовой части. Надежность ходовой части можно далее раскрыть уровнем 3, например, как а) надежность тормозной системы, б) надежность подвески и т.д. Мы же, для простоты объяснения, ограничимся уровнем 1.

Теперь нужно получить оценки каждой альтернативы по каждому критерию. Если существуют объективные оценки, то они просто выписываются и нормируются таким образом, чтобы их сумма

была равна единице. Например, если бы нас интересовал критерий "максимальная скорость" и имелись бы соответствующие данные по каждому автомобилю, то нужно было бы составить следующую таблицу.

Альтернативы	Максимальная скорость (км/час)	Нормированное значение
Жигули	140	0,259
Москвич	130	0,241
Иж	120	0,222
Волга	150	0,278
<i>Сумма</i>		<i>1,000</i>

А как быть с таким критерием как "стиль", для которого не существует объективных оценок? В этом случае процедура Саати рекомендует использовать парные сравнения. Для фиксации результата сравнения пары альтернатив может использоваться, например, шкала следующего типа:

- 1 - равноценность
- 3 - умеренное превосходство
- 5 - сильное превосходство
- 7 - очень сильное превосходство
- 9 - высшее (крайнее) превосходство

Лицо, принимающее решение (ЛПР), просит попарно сравнить альтернативы. Результат парных сравнений альтернатив для критерия "стиль" записывается в виде таблицы

	Жигули	Москвич	Иж	Волга
Жигули	1/1	1/4	4/1	1/6
Москвич	4/1	1/1	4/1	1/4
Иж	1/4	1/4	1/1	1/5
Волга	6/1	4/1	5/1	1/1

Простые дроби в клетках трактуются следующим образом. Например, на пересечении строки "Москвич" и столбца "Жигули" записана дробь 4/1. Это выражает мнение ЛПР о том, что "стильность" Москвича" в 4 раза выше, чем "стильность" Жигулей. Здесь вместо приведенной выше шкалы превосходства

использовалось понятие "быть лучше в N раз", что также допустимо. Далее простые дроби переводятся в десятичные. Получается такая таблица.

	Жигули	Москвич	Иж	Волга
Жигули	1,00	0,25	4,00	0,17
Москвич	4,00	1,00	4,00	0,25
Иж	0,25	0,25	1,00	0,20
Волга	6,00	4,00	5,00	1,00

Эта таблица есть не что иное, как таблица результатов парных сравнений (см. раздел "Некритериальное структурирование множества альтернатив"). Поступим с ней так же, как мы поступали в указанном разделе - посчитаем *строчные суммы*.

	Жигули	Москвич	Иж	Волга	Сумма по строке
Жигули	1,00	0,25	4,00	0,17	5,42
Москвич	4,00	1,00	4,00	0,25	9,25
Иж	0,25	0,25	1,00	0,20	1,70
Волга	6,00	4,00	5,00	1,00	16,00
				Сумма	32,37

Теперь, в отличие от прежнего, нормируем суммы таким образом, чтобы их сумма в свою очередь была равна 1. Для этого просто разделим сумму каждой строки на 32,37 (сумма последнего столбца, т.е. сумма самих строчных сумм). Получим:

	Жигули	Москвич	Иж	Волга	Сумма
Жигули	1,00	0,25	4,00	0,17	0,116
Москвич	4,00	1,00	4,00	0,25	0,247
Иж	0,25	0,25	1,00	0,20	0,060
Волга	6,00	4,00	5,00	1,00	0,577
				Сумма	1,00

В методе Саати полученные таким образом нормированные суммы принимаются в качестве *оценок альтернатив по критерию "стильность"*. Отметим, что полученные оценки отражают исключительно точку зрения конкретного ЛПР. На самом деле,

вместо строчных сумм Саати рекомендует использовать *собственный вектор* матрицы парных сравнений, считая его более точной оценкой. Мы же для простоты ограничимся строчными суммами, которые допустимы, но, с точки зрения Саати, менее точны.

Аналогичным образом получают веса критериев. Предположим, конкретное ЛПР сравнило попарно критерии с точки зрения их сравнительной важности. Запишем результаты сравнений в виде таблицы.

	Стиль	Надежность	Экономичность
Стиль	1/1	1/2	3/1
Надежность	2/1	1/1	4/1
Экономичность	1/3	1/4	1/1

Как и прежде, утверждение типа "надежность в 2 раза важнее стиля" записывается в виде дроби 2/1.

Применяя к этой таблице описанную выше процедуру, получим веса критериев:

$w_1 = 0,32$  (стиль),  $w_2 = 0,56$  (надежность),  $w_3 = 0,12$  (экономичность).

Таким образом, мы можем получить как веса критериев, так и оценки альтернатив по критериям:

	Стиль	Надежность	Экономичность
Жигули	0,116	0,379	0,301
Москвич	0,247	0,290	0,239
Иж	0,060	0,074	0,212
Волга	0,577	0,257	0,248

Далее, применяя линейную свертку (взвешенную сумму), получим следующие *интегральные* оценки альтернатив (функция полезности):

Жигули - 0,306;

Москвич - 0,272;

Иж - 0,094;

Волга - 0,328.

Затем производится анализ отношения стоимость/эффективность.

Используется отношение полученной интегральной оценки к

нормированной стоимости. Наилучшей считается альтернатива, для которой указанное отношение *максимально*.

В рамках нашего примера, сведем все необходимые данные в следующую таблицу:

	Стоимость в \$	Стоимость нормированная	Функция полезности	Отношение
Жигули	4 000	0,24	0,306	1,28
Москвич	3 000	0,18	0,272	1,51
Иж	2 500	0,15	0,094	0,63
Волга	7 000	0,43	0,328	0,76
Сумма	16 000	1,00	1,00	

Таким образом, учитывая предпочтения данного конкретного ЛПР, процедура АНР рекомендует ему выбрать Москвич.

### **Порядок выполнения работы**

1. Получить задание
2. Сформулировать математическую модель
3. Решить задачу с использованием программных средств
4. Дать анализ результатов
5. Подготовиться к защите по нижеприведенным контрольным вопросам.

### **Варианты заданий**

Задание 1. Выбор места работы.

Сформулируйте приближенную к реальности задачу выбора места предполагаемого трудоустройства из трех возможных. В соответствии со своими предпочтениями выберите место работы двумя способами (методами): методом анализа иерархий и любым другим методом (на Ваше усмотрение). Выбор произвести с учетом следующих критериев:

- удовлетворение работой;
- исследовательская работа;
- карьерный рост;
- доходы;
- коллеги;
- местонахождение;
- репутация.

Сравните решения и сделайте вывод.

### Задание 2. Конкурс научно-технических проектов

Сформулируйте задачу оценки научно-технических проектов по различным критериям. Предложите обоснованный список критериев для оценки проектов. В соответствии со своими предпочтениями оцените проекты двумя способами (методами): методом анализа иерархий и любым другим методом (на Ваше усмотрение). Сравните решения и сделайте вывод.

### Задание 3. Выбор местожительства

Сформулируйте задачу выбора местожительства в черте определенного города (района и квартиры). Предложите обоснованный список критериев для оценки местожительства. В соответствии со своими предпочтениями оцените предполагаемые места жительства двумя способами (методами): методом анализа иерархий и любым другим методом (на Ваше усмотрение). Сравните решения и сделайте вывод.

### Задание 4. Отбор персонала

В компанию в отдел маркетинга требуются специалисты. Сформулируйте приближенную к реальности задачу оценки персонала по различным критериям. Предложите обоснованный список критериев для оценки персонала. В соответствии со своими предпочтениями дайте оценку персонала двумя способами (методами): методом анализа иерархий и любым другим методом (на Ваше усмотрение). Сравните решения и сделайте вывод.

### Задание 5. Выбор места медицинского обслуживания

Сформулируйте приближенную к реальности задачу выбора места медицинского обслуживания из трех возможных. Предложите обоснованный список критериев для оценки мест медицинского обслуживания. В соответствии со своими предпочтениями выберите это место двумя способами (методами): методом анализа иерархий и любым другим методом (на Ваше усмотрение). Сравните решения и сделайте вывод.

### **Контрольные вопросы**

1. На решение каких задач ориентирован метод анализа иерархий?
2. Какая процедура оценки весовых коэффициентов критериев положена в методе анализа иерархий?

3. Как определяется оценка полезности альтернатив в методе анализа иерархий?
4. Опишите шаги метода анализа иерархий.

### **2.3 Лабораторная работа «Многоэтапное принятие решений. Метод деревьев решений»**

#### **Цель работы**

Закрепить знания и навыки построения деревьев решений однокритериальных задач выбора в условиях риска и поиска решений на их основе

#### **Форма проведения**

Каждый студент выполняет индивидуальное задание.

#### **Форма отчетности**

Защита отчета, опрос по контрольным вопросам

#### **Теоретические основы**

Дерево решений используют, когда нужно принять несколько последовательных решений в условиях неопределенности, когда каждое решение зависит от исхода предыдущего. Составляя "дерево" решений, нужно нарисовать "ствол" и "ветви", отображающие структуру проблемы. "Ветви" обозначают возможные альтернативные решения, которые могут быть приняты, и возможные исходы, возникающие в результате этих решений. На схеме мы используем два вида "ветвей":

первый - пунктирные линии, соединяющие квадраты возможных решений,

второй - сплошные линии, соединяющие кружки возможных исходов.

Квадратные "узлы" обозначают места, где принимается решение, круглые "узлы" - появление исходов.

Так как лицо, принимающее решение не может влиять на появление исходов, ему остается лишь вычислять вероятность их появления.

Когда все решения и их исходы указаны на "дереве", просчитывается каждый из вариантов, и в конце проставляется его денежный доход. Все расходы, вызванные решением, проставляются на соответствующей "ветви". Рассмотрим пример.

*Пример.*

Для финансирования проекта бизнесмену нужно занять сроком на один год 15000 ф. ст. Банк может одолжить ему эти деньги под 15% годовых или вложить в дело со 100%-ным возвратом суммы, но под 9% годовых. Из прошлого опыта банкиру известно, что 4% таких клиентов ссуду не возвращают. Что делать? Давать ему заем или нет? Перед нами пример задачи с одним решением, поэтому можно воспользоваться как таблицей доходов, так и "деревом". Рассмотрим оба варианта.

Решение 1 (по таблице доходов).

Заполним матрицу исходов. Максимизируем ожидаемый в конце года чистый доход, который представляет собой разность суммы, полученной в конце года, и инвестированной в его начале. Таким образом, если заем был выдан и возвращен, то чистый доход составит:

$$\text{Чистый доход} = ((15000 + 15\% \text{ от } 15000) - 15000) = 2250 \text{ ф. ст.}$$

Если ссуду не выдавать, а инвестировать в другие дела (свой кредит под 9% годовых), то доход составит:

$$\text{Чистый доход} = ((15000 + 9\% \text{ от } 15000) - 15000) = 1350 \text{ ф. ст.}$$

Чистый доход в конце года, ф. ст.

Возможные исходы	Возможные решения		Вероятность
	Выдавать заем	Не выдавать (инвестировать)	
Клиент заем возвращает	2250	1350	0,96
Клиент заем не возвращает	-15000	1350	0,04
Ожидаемый чистый доход	1560	1350	

По критерию Байеса оцениваем возможные исходы решений. Для решения «выдавать»:  $2250 \times 0,96 + (-15000) \times 0,04 = 1560$ . Для решения «не выдавать» - исход будет равен 1350. Банку рекомендуется выдать заем, максимальный ожидаемый чистый доход будет равен 1560 ф. ст.

Решение 2 (по "дереву" решений).

В данном случае также используем критерий максимизации ожидаемого чистого дохода на конец года.

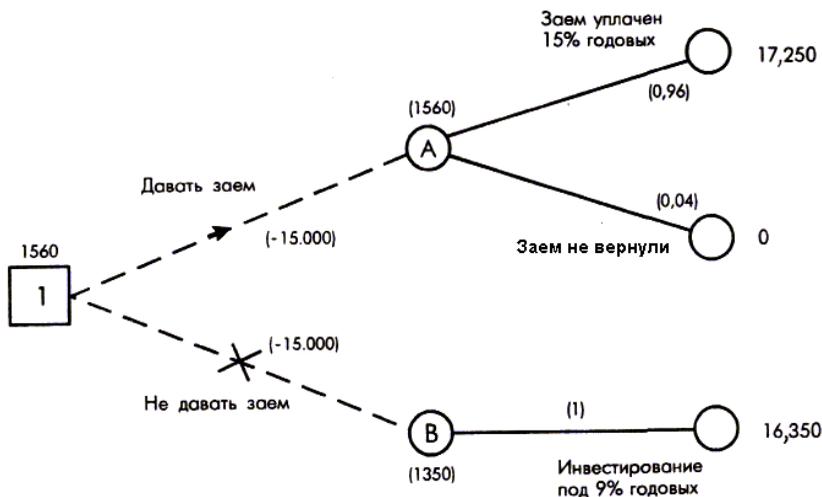


Рис.2.1 "Дерево" решений для примера

Далее расчет ведется аналогично расчетам по таблице доходов. Ожидаемый чистый доход в кружках А и В вычисляется следующим образом:

В кружке А:

$$E(\text{давать заем}) = \{17250 \times 0,96 + 0 \times 0,04\} - 15000 = 16500 - 15000 = 1560 \text{ ф. ст.}$$

В кружке Б:

$$E(\text{не давать заем}) = \{16350 \times 1,0 - 15000\} = 1350 \text{ ф. ст.}$$

Поскольку ожидаемый чистый доход больше в кружке А, то принимаем решение выдать заем.

### Порядок выполнения работы

1. Получить задание
2. Построить дерево решений
3. Решить задачу с использованием программных средств
4. Дать анализ результатов
5. Подготовиться к защите по нижеприведенным контрольным вопросам.

### Варианты заданий

Задание 1. Компания рассматривает вопрос о строительстве завода. Возможны три варианта действий.

А. Построить большой завод стоимостью  $M_1 = 650$  тысяч долларов. При этом варианте возможны большой спрос (годовой доход в размере  $R_1 = 300$  тысяч долларов в течение следующих 5 лет) с вероятностью  $p_1 = 0,7$  и низкий спрос (ежегодные убытки  $R_2 = 85$  тысяч долларов) с вероятностью  $p_2 = 0,3$ .

Б. Построить маленький завод стоимостью  $M_2 = 360$  тысяч долларов. При этом варианте возможны большой спрос (годовой доход в размере  $T_1 = 120$  тысяч долларов в течение следующих 5 лет) с вероятностью  $p_1 = 0,7$  и низкий спрос (ежегодные убытки  $T_2 = 60$  тысяч долларов) с вероятностью  $p_2 = 0,3$ .

В. Отложить строительство завода на один год для сбора дополнительной информации, которая может быть позитивной или негативной с вероятностью  $p_3 = 0,9$  и  $p_4 = 0,1$  соответственно. В случае позитивной информации можно построить заводы по указанным выше расценкам, а вероятности большого и низкого спроса меняются на  $p_5 = 0,8$  и  $p_6 = 0,2$  соответственно. Доходы на последующие четыре года остаются прежними. В случае негативной информации компания заводы строить не будет.

Все расчеты выражены в текущих ценах и не должны дисконтироваться. Попробуйте самостоятельно нарисовать дерево решений и определить наиболее эффективную последовательность действий, основываясь на ожидаемых доходах. Какова ожидаемая стоимостная оценка наилучшего решения?

## Задание 2. Создание торговой точки.

Предприниматель собирается открыть велосипедный магазин. Он может открыть маленький магазин, большой магазин или ничего не открывать. Возможна пятилетняя аренда здания под магазин, и предприниматель хочет сделать корректное решение. Он также собирается пригласить своего профессора по курсу маркетинга для маркетингового исследования, которое покажет состояние рынка для его сервиса. Из исследования видно, будут ли результаты сервиса благоприятными или неблагоприятными. Постройте дерево решений для предпринимателя.

Предприниматель сделал такой анализ решения о своем магазине велосипедов. Если он открывает большой магазин, то будет зарабатывать \$60000, если рынок благоприятный, но будет нести потери \$40000, если рынок неблагоприятный. Маленький магазин будет приносить \$30 000 прибыли при благоприятном

рынке и \$10 000 потерь, если рынок неблагоприятный. В настоящее время предприниматель считает, что существует шанс 50/50, что рынок будет благоприятным. Его профессор по маркетингу назначил цену \$5000 за маркетинговое исследование. Он оценил, что существует вероятность 0.6 того, что исследование рынка будет успешным. Вероятность 0.9 определяет благоприятный рынок при успешном результате исследования. Кроме того, только 0.12 составляет вероятность благоприятного рынка, если результаты исследования рынка неблагоприятны. Постройте дерево решений задачи.

### Задание 3. Выбор стратегии развития фирмы.

Известно, что отдел исследований и развития маленькой парфюмерной компании проводит исследования по средству, улучшающему рост волос. Он имеет три возможности. Первая: продать новшество большой медицинской компании — это принесет \$10 миллионов; вторая: начать экспериментальное лабораторное исследование и затем принимать решение; третья: провести финансирование агрессивной маркетинговой программы в надежде, что тестирование нового средства будет идти хорошо. Реальная цель этих трех решений — двигаться так быстро, чтобы конкуренты имели минимальный шанс их настигнуть. Программа экспериментального лабораторного исследования будет стоить \$5 миллионов и имеется шанс 50:50, что будут получены благоприятные результаты. При неблагоприятных результатах тестирования с шансом 1:10 доход составит только \$1 миллион. С другой стороны, если благоприятная формула косметического средства будет найдена, будут получены \$20 миллионов. Но так как компания маленькая, с ограниченными ресурсами и рыночными возможностями, даже с благоприятными результатами лабораторного исследования успех товара на рынке составит только 40%. При благоприятном результате лабораторного исследования затраты будут включать не только \$5 миллионов на тестирования, но и также \$3 миллиона на маркетинг. При третьей возможности компания проводит агрессивную маркетинговую стратегию. Президент компании считает, что существует только один шанс к пяти, что это надо делать. Однако выигрыш при успехе агрессивного маркетинга \$100 миллионов (эта цифра в 5 раз больше, чем \$ 20 миллионов, отражающих передачу рынка реальному конкуренту путем заключения с ним соглашения). В

третьем случае маркетинговые затраты равны \$3 миллиона и тестирование будет стоить \$5 миллионов.

Задание 4. Создание фирмой нового безалкогольного напитка в условиях конкуренции.

Фирма "Напитки для дома" разрабатывает, производит и продает смеси для безалкогольных коктейлей и приготавливает напитки для домашнего потребления.

Миссис Ли, руководитель отдела развития фирмы, сообщила президенту, мистеру Робину Свану, что эксперименты в отделе развития указывают на возможность создания напитка "PINA-cola" на основе нового метода переработки кокосов. Миссис Ли порекомендовала начать программу по производству "PINA-cola". Она оценила в \$100000 стоимость исследовательских работ по созданию этого напитка и отметила, что на эту работу потребуется один год. В беседе с мистером Сваном миссис Ли оценила в 90% возможность успешного завершения работы ее прекрасными специя листами. Она также оценила как 0.8 вероятность разработки в течение 12 месяцев аналогичного напитка конкурирующей фирмой.

Мистер Сван — человек основательный, интересующийся возможными объемами продаж такого напитка - немедленно переговорил с мистером Беснеттом, менеджером по продажам, занимающимся внедрением новых продуктов на рынок. Тот сообщил, что продавать "PINA-cola" можно, но объем продаж зависит от того, как его примут бакалейные и винные магазины. Судя по отчетам о продажах, другие фирмы также работают над созданием тропических напитков. Если другая фирма создаст конкурирующий напиток, рынок, разумеется, будет поделен между двумя фирмами. Мистер Сван попросил мистера Беснетта провести оценки будущих продаж и ожидаемой приведенной прибыли при различных вариантах рыночной конъюнктуры.

Мистер Беснетт представил следующие данные:

Потенциал	Вероятность продаж	Приведенная прибыль,\$
Высокий	0.1	800000
Средний	0.6	600000
Низкий	0.3	500000

В данных мистера Беснетта не учтены:

- 1) издержки на разработку;
- 2) издержки на новое оборудование;
- 3) издержки на внедрение "PINA-cola" на рынок.

Ожидается, что издержки на оборудование составят \$100000, так как кокосы требуют специальной обработки. Издержки, связанные с выходом на рынок составят \$150000, так как потребуется телевизионная реклама.

Миссис Ли отметила, что кроме альтернатив: а) ничего не предпринимать и б) проводить полномасштабную программу исследований, она может предложить еще два варианта действий:

1. Неспешно проводить исследования в течение восьми месяцев, чтобы посмотреть, выйдет ли какая-нибудь другая фирма на рынок с аналогичным продуктом, а если нет - развить бешеную скорость работ. Замедленная программа исследований на следующие 8 месяцев обойдется в \$10000 в месяц, т.е. в \$80000. Вероятность успешного завершения этой программы та же, что при полномасштабных исследованиях. Вероятность того, что конкуренты в течение 8 месяцев создадут аналогичный продукт — 0.6. Интенсивные исследования могут быть проведены в течение четырех месяцев (с 9 по 12) и обойдутся еще в \$60000. Они будут проводиться только в том случае, если результаты исследований первых 8 месяцев окажутся успешными. Вероятность успеха в целом равна 0.9. Эта программа получила название восьмимесячной.

Шесть месяцев проводить исследования, требующие затрат \$10000 в месяц, и предпринять разведку действий конкурентов, чтобы определить, ведутся ли разработки аналогичного продукта. Если кто-то разработает продукт через шесть месяцев, потребуется лишь \$30000 для того, чтобы провести его анализ и скопировать продукт. Если конкурирующий продукт не будет создан, то при общих затратах в \$120000 он будет разработан фирмой "Напитки для дома" с вероятностью 0.9. Вероятность того, что за 6 месяцев будет разработан конкурирующий продукт, равна 0.5. Эта программа получила название шестимесячной.

Мистеру Беснетту, разумеется, не хотелось бы выйти на рынок вслед за конкурентом. Ему известно, что первый продукт обычно завоевывает большую часть рынка, а потерянных покупателей вернуть очень трудно. Если на рынок выйдет конкурирующая фирма, то можно получить только 50% прибыли, указанной в таблице.

Какой вариант действий из четырех возможных:

- 1) полномасштабные исследования,
- 2) восьмимесячная программа замедленных исследований с последующим их ускорением,

- 3) шестимесячная программа замедленных исследований и изучение поведения конкурентов,
  - 4) ничего не делать,
- вы порекомендуете, рассматривая критерий максимизации ожидаемой стоимостной оценки альтернатив?  
Обоснуйте вывод, нарисовав дерево решений и проведя соответствующие расчеты.

Задание 5. Выбор оборудования для производства нового продукта.

Компания Saïl создала новое кожаное изделие и сейчас занимается разработкой пятилетнего плана производства и продажи этого продукта. Госпожа Хедрич, президент компании, поручила разработку этого проекта своему ассистенту, Каролине Гарсия. Она должна скоординировать работу директора компании по продажам Барбары Гвиrolа и управляющего производством Карен Хоуп.

Компания Saïl — небольшая фирма, которая уже более 30 лет занимается производством изделий из кожи. Она приобретает выделанные шкуры tanner и производит такие аксессуары одежды, как кошельки, ремни и сумочки. Новый продукт представляет собой комбинацию кошелька, портмоне для ключей и бумажника для кредитных карточек. Как заметила госпожа Хедрич, это "прекрасное вместилище для всяких мелочей".

Производственники разработали набор материалов для изготовления универсального портмоне. Они подсчитали, что в течение пятилетнего периода стоимость материалов и накладные расходы составят \$ 1.50 на одно изделие при пятидневной рабочей неделе без сверхурочных. Удельные затраты на труд и оборудование будут зависеть от того, какая машина будет использована для производства.

Аналитики свели проблему выбора к двум типам специализированного оборудования. Первый тип - полуавтоматическая машина, которая не обеспечивает раскрой материала, но может сшивать его, вшивать молнии и заклепки и обеспечивать два типа дизайна продукта. Стоимость машины \$ 450000. Средние переменные издержки на труд и прочие издержки, связанные с использованием этого оборудования составляют \$2.50. Этот тип оборудования имеет производительность 640 штук в день.

При этом затраты времени на постройку и ремонт оборудования составляют 12.5%. (1/8 общего времени).

Вторая машина, которая может использоваться при изготовлении продукта, является автоматом. Она позволяет кроить и сшивать материал, вшивать молнии и заклепки и позволяет делать портмоне с дизайном трех типов. Эта машина стоит \$ 850000. Средние переменные издержки при ее использовании составляют \$ 1.75. Этот тип оборудования имеет более высокую производительность — 800 штук в день. Затраты времени на постройку и ремонт машины ввиду ее сложности более высоки — 25%. (1/4 времени).

Оценка объема продаж в течение пяти лет приведена ниже :

Объем продаж, шт.	Вероятность
120000	0,15
130000	0,25
140000	0,40
150000	0,15
160000	0,05

Анализ продаж не позволил получить точные результаты. Объем продаж на ближайшие пять лет в значительной степени зависит от оценок производственных издержек и производительности. Однако, госпожа Гвиrolа при поддержке госпожи Хедрич определила наиболее вероятную цену нового портмоне в \$ 6.00. Такая цена позволяет новому изделию конкурировать с другими подобными продуктами на рынке. Постепенно новое изделие может вытеснить конкурентов с рынка, так как оно имеет лучшие потребительские свойства. Оценка среднего объема продаж нового портмоне — около 140000 штук в год. Анализ объема продаж этого изделия сложная задача, так как новый продукт значительно отличается от других, предлагаемых на рынке в настоящее время. Оценки годового объема продаж продукта по цене \$ 6.00 с указанием соответствующих вероятностей, приведены в таблице. Эти оценки и значения вероятностей верны для каждого года пятилетнего периода планирования.

Используя эти оценки продаж и данные о мощностях оборудования, компания должна решить, как поступить в случае, если спрос превысит производительность оборудования. В этом случае можно модифицировать оборудование и увеличить его производительность. Другой путь — использовать сверхурочное время. Оплата сверхурочного времени приведет к увеличению средних издержек на \$ 1.20 для полуавтоматической машины и на \$ 0.90 для автоматической машины. Модификацию оборудования

можно провести в конце нового года. В этом случае использование сверхурочного времени может потребоваться только в первом году. Затраты на модификацию полуавтоматической машины до производительности, обеспечивающей максимальный объем продаж, составляют \$ 60000. Затраты по модификации автомата составляют \$ 70000. Госпожа Хедрич дала указание использовать в расчетах величину процента на капитал 15% и 50 - недельную продолжительность производственного года.

Используйте дерево принятия решений и, основываясь на критерии максимизации среднестатистического дохода определите, какую машину следует выбрать компании. Следует ли проводить модификацию оборудования или использовать сверхурочное время?

### **Контрольные вопросы**

1. В каких случаях применяют процедуру построения дерева решений?
2. Что означают ветви и узлы в дереве решений?
3. Какие виды ветвей используются в дереве решений?
4. Как рассчитываются ожидаемые оценки полезности решений?
5. Опишите шаги выбора решений по дереву решений.

## **2.4 Лабораторная работа «Задачи принятия решений в условиях риска и неопределенности»**

### **Цель работы**

Закрепить знания и навыки построения математических моделей одно и многокритериальных задач выбора в условиях риска и неопределенности

### **Форма проведения**

Каждый студент выполняет индивидуальное задание.

### **Форма отчетности**

Защита отчета, опрос по контрольным вопросам

### **Теоретические основы**

В реальной практике выбор альтернативы субъектом управления под влиянием внешней среды, неподдающемуся точному прогнозу и имеющему случайный характер, приводит к

одному из нескольких возможных исходов. Для осуществления выбора наилучшего решения необходимо оценивать возможные исходы альтернатив в зависимости от возможных ситуаций (состояний) внешней среды и целевых установок. Такая комплексная оценка решения не может быть произведена без участия лица, принимающего решение, без учета системы его взглядов (системы предпочтений) на ценность альтернатив.

Сделаем формальное описание задачи.

Пусть  $E\{e_1, \dots, e_n\}$  — множество возможных состояний;

$Z = \{z_1, \dots, z_l\}$  — множество целей системы управления;

$X = \{x_1, \dots, x_m\}$  — множество альтернатив;

$Y$  — множество исходов альтернатив.

Исход  $y \in Y$  может быть представлен в виде функции трех аргументов  $y_{ijq} = F(x_i, e_j, z_q)$ ,  $i = \overline{1, m}$ ,  $j = \overline{1, n}$ ,  $q = \overline{1, l}$ ,  $x_i \in X$ ,

$e_j \in E$ ,  $z_q \in Z$ . Матрицу  $Y = \|y_{ijq}\|$  называют матрицей исходов, оценочным функционалом, функцией предпочтения.

Необходимо построить модель оценки альтернативных решений в соответствии с предпочтением ЛППР.

Для обеспечения комплексной оценки решений необходимо сформулировать для полного множества целей систему показателей (критериев), характеризующих степень их достижения. Множеству целей  $Z$  сопоставим множество критериев  $K$ . В частном случае каждой цели  $z_q \in Z$  может быть сопоставлен один свой критерий  $k_q \in K$ .

Полученная в процессе подготовки решения информация о множестве целей, критериев их достижения, приоритетов целей и критериев, значений (качественных или количественных оценок) критериев по оцениваемым альтернативам в предполагаемых возможных ситуациях их реализации уменьшает неопределенность задачи и обеспечивает условия для выбора наилучшего решения.

Реализация альтернативы  $x_i$ , оцениваемой по критериям  $k_q$ ,  $q = \overline{1, l}$  в ситуации  $e_j$ ,  $j = \overline{1, n}$  может привести к исходу  $y(x_i, e_j, k_q)$ . Для определения наилучшей альтернативы в зависимости от конкретной постановки ЗПР реализуют один из подходов:

1) по каждой альтернативе  $x_i, i = \overline{1, m}$  и по каждой ситуации  $e_j, j = \overline{1, n}$  получают методом свертки критериев оценку  $y(x_i, e_j)$  и переходят к решению однокритериальной задачи ПР в условиях риска или неопределенности;

2) по каждой альтернативе  $x_i, i = \overline{1, m}$  и по каждому критерию  $k_q, q = \overline{1, l}$  получают среднестатистическую оценку исходов  $y(x_i, k_q)$ , затем переходят к решению многокритериальной задачи ПР в условиях определенности. В целом, для построения модели интегральной оценки решений следует придерживаться следующей схемы (рис.2.2).

1) получить оценки предпочтительности каждого из решений по каждому критерию для каждой ситуации  $y_{ijq}, i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n}, q = \overline{1, l}$  (данные критериальной оценки могут быть измерены в качественной и(или) количественной шкале);

2) в зависимости от конкретной постановки ЗПР следует получить комплексную оценку решений по совокупности критериев для каждой ситуации  $y_{ij}(K)$  либо комплексную оценку решений по совокупности ситуаций для каждого критерия  $y_{iq}(E)$ ;

3) получить интегральную оценку решений на множестве критериев с учетом возможных ситуаций  $y_i(K, E)$ .

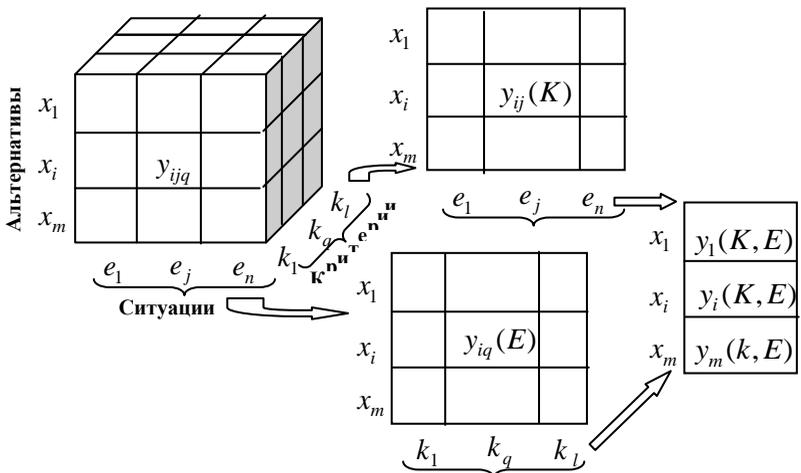


Рис.2.2 Схема получения интегральной оценки

### Порядок выполнения работы

1. Получить задание для задач 1) – однокритериальных и задач 2) - многокритериальных
2. Сформулировать математическую модель
3. Решить задачу с использованием программных средств
4. Дать анализ результатов
5. Подготовиться к защите по нижеприведенным контрольным вопросам.

### Варианты заданий

#### 1) однокритериальные задачи

В каждой из приведенных ниже однокритериальных задач следует определить лучшую альтернативу с учетом вероятностной неопределенности, с учетом возможного порядка наступления событий и полной неопределенности.

1. Магазин «Молоко» продает в розницу молочные продукты. Директор магазина должен определить, сколько бидонов сметаны следует закупить у производителя для торговли в течение недели. Вероятности того, что спрос на сметану в течение недели будет 7; 8; 9; 10 бидонов, равны соответственно 0,2; 0,2; 0,5; 0,1. Покупка одного бидона сметаны обходится магазину в 70 у.е., а продается сметана по цене 110 у.е. за бидон. Если сметана не продана в течение недели, она портится, и магазин несет убытки.

Сколько бидонов сметаны необходимо приобрести для продажи.

2. Главный инженер предприятия решает, строить или не строить новую производственную линию, использующую высокую технологию. Если новое оборудование заработает, компания будет получать прибыль \$200000. Если не заработает, то компания получит убыток \$150000. Главный инженер считает, что шансы на успех нового процесса — 60%.

Оцените наилучший вариант для предприятия.

3. Президент компании решает, строить или нет промышленное предприятие. Его решения сведены в следующую таблицу:

Варианты	Благоприятный рынок, \$	Неблагоприятный рынок, \$
Строить большой завод	400000	-300000
Строить малый завод	80000	-10000

Ничего не делать	0	0
Вероятность	0,4	0,6

Оцените наилучший вариант.

4. Малый производитель ряда продуктов из сыра определяет, сколько ящиков сыра производить каждый месяц. Вероятность, что спрос будет 6 ящиков, равна 0.1, семь —0.3 и восемь —0.5, девять —0.1. Затраты на каждый ящик — \$45, а цена — \$95. В случае непроджи ящика к концу месяца он списывается как испорченный. Сколько ящиков сыра должно производиться каждый месяц?

5. Владелец бензоколонки думает о том, каков должен быть размер его станции. После полного анализа маркетинговых факторов, относящихся к производству бензина и спросу на него, он разработал следующую таблицу:

Размер станции	Хороший рынок, \$	Средний рынок, \$	Плохой рынок, \$
Маленькая	50000	20000	-10000
Средняя	80000	30000	-20000
Большая	100000	30000	-40000
Очень большая	300000	25000	-160000
Вероятность	0,2	0,5	0,3

Оцените наилучший вариант решения.

6. Предприятие является малым поставщиком химикатов, используемых в фотографии. Один товар, поставляемый им, — это ВС-6. Менеджер обычно имеет запас 11, 12 или 13 ящиков ВС-6 на каждую неделю. За каждый проданный ящик полученная прибыль равна \$35. Так как ВС-6 является реактивом с коротким сроком годности, то в случае непроджи его к концу недели менеджер должен его уничтожить. Он теряет \$56 в каждом случае, когда что-то не продал в конце недели. Вероятность продажи 11 ящиков—0.45, 12 ящиков—0.35, и вероятность продажи 13 ящиков —0.2.

Вопрос: Сколько ящиков ВС-6 необходимо иметь в запасе каждую неделю?

7. Для финансирования проекта бизнесмену нужно занять сроком на один год 35000 ф. ст. Банк может одолжить ему эти деньги под 19% годовых или вложить в другое дело со 100%-ным возвратом суммы, но под 11% годовых. Из прошлого опыта банкиру известно,

что 10% таких клиентов ссуду не возвращают, но сумма возмещения от заложенного имущества составит 25000 ф.ст.

Оцените наилучший вариант решения.

8. Промышленное предприятие может получать выключатели от двух поставщиков. Объем поставки 10000 выключателей. Качество выключателей от этих поставщиков показано ниже.

Процент дефектов	Вероятность для поставщика А	Вероятность для поставщика В
1	0,7	0,3
3	0,2	0,4
5	0,1	0,3

Неисправный выключатель может быть отремонтирован за \$0.50. Хотя качество у поставщика В ниже, но он просит за 10000 выключателей на \$37 меньше, чем поставщик А.

Оцените наилучший вариант решения.

9. Владелец бензоколонки думает о том, каков должен быть размер его станции: X1 – маленькая станция, X2 – небольшая, X3 – средняя, X4 – большая. В результате анализа возможных состояний рынка сбыта (e1 - хороший рынок, e2 - средний рынок, e3 - плохой рынок) он оценил возможные исходы решений в виде матриц парных сравнений, в которых цифра 1 означает, что альтернатива по строке не уступает альтернативе по столбцу

e1: p1=0,4				
	X1	X2	X3	X4
X1	1	1	1	1
X2	0	1	1	1
X3	0	0	1	1
X4	0	0	0	1

e2: p2=0,4				
	X1	X2	X3	X4
X1	1	0	0	0
X2	1	1	1	1
X3	1	1	1	1
X4	1	0	0	1

e3: p3=0,2				
	X1	X2	X3	X4
X1	1	1	0	0
X2	1	1	0	0
X3	1	1	1	0
X4	1	1	1	1

Укажите наилучший вариант решения.

10. Магазин «Молоко» продает в розницу молочные продукты. Директор магазина должен определить, сколько бидонов сметаны следует закупить у производителя для торговли в течение недели. Вероятности того, что спрос на сметану в течение недели будет 7; 8 и 9 бидонов, равны соответственно 0,2; 0,3; 0,5.

В результате анализа возможных состояний рынка сбыта (e1 – спрос на 7 бидонов, e2 - спрос на 8 бидонов, e3 - спрос на 9 бидонов) он оценил возможные исходы решений в виде матриц парных сравнений, в которых цифра 1 означает, что альтернатива по строке не уступает альтернативе по столбцу

e1: p1=0,2			
	X1	X2	X3
X1	1	1	1
X2	0	1	1
X3	0	0	1

e2: p2=0,3			
	X1	X2	X3
X1	1	0	1
X2	1	1	1
X3	0	0	1

e3: p3=0,5			
	X1	X2	X3
X1	1	0	0
X2	1	1	0
X3	1	1	1

Сколько бидонов сметаны следует закупить у производителя для торговли в течение недели?

11. Малый производитель ряда продуктов из сыра определяет, сколько ящиков сыра производить каждый месяц. Вероятность, что спрос будет 6 ящиков, равна 0,2, семь — 0,3 и восемь — 0,5. В результате анализа возможных состояний рынка сбыта (e1 – спрос на 6 ящиков, e2 – спрос на 7 ящиков, e3 – спрос на 8 ящиков) он оценил возможные исходы решений в виде матриц парных сравнений, в которых цифра 1 означает, что альтернатива по строке не уступает альтернативе по столбцу

e1: p1=0,2			
	X1	X2	X3
X1	1	1	1
X2	0	1	1
X3	0	0	1

e2: p2=0,3			
	X1	X2	X3
X1	1	0	0
X2	1	1	1
X3	1	0	1

e3: p3=0,5			
	X1	X2	X3
X1	1	0	0
X2	1	1	0
X3	1	1	1

Сколько ящиков сыра должно производиться каждый месяц?

12. Предприятие является малым поставщиком химикатов, используемых в фотографии. Один товар, поставляемый им, — это ВС-6. Менеджер обычно имеет запас 11, 12 или 13 ящиков ВС-6 на каждую неделю. Вероятность продажи 11 ящиков — 0,45, 12 ящиков — 0,35, и вероятность продажи 13 ящиков — 0,2.

В результате анализа возможных состояний рынка сбыта (e1 – спрос на 6 ящиков, e2 – спрос на 7 ящиков, e3 – спрос на 8 ящиков) он оценил возможные исходы решений в виде матриц парных сравнений, в которых цифра 1 означает, что альтернатива по строке не уступает альтернативе по столбцу

e1: p1=0,45			
	X1	X2	X3
X1	1	1	1
X2	0	1	1
X3	0	0	1

e2: p2=0,35			
	X1	X2	X3
X1	1	0	1
X2	1	1	1
X3	0	0	1

e3: p3=0,2			
	X1	X2	X3
X1	1	0	0
X2	1	1	0
X3	1	1	1

Сколько ящиков ВС-6 необходимо иметь в запасе каждую неделю?

## 2) многокритериальные задачи

В каждой из приведенных ниже многокритериальных задач принятия решений следует определить лучшую альтернативу с учетом вероятностной неопределенности состояний внешней среды.

Перед ЛПР стоит задача транспортировки грузов от поставщиков к потребителям автомобильным транспортом либо по асфальтированной дороге (X1), либо по грунтовой (X2), либо по гравийной (X3). На пути следования транспорта встречаются переправы через реки, таможенные посты, границы и т.п. В день отправки автомобилей возможно изменение погодных условий (e1 – сухая ясная погода; e2 – кратковременные дожди; e3 – сильные продолжительные дожди), а вместе с ними и транспортных расходов (ремонт, бензин и т.п.). При условии, что известны матрицы исходов по критерию «Время» (временные затраты в днях) перевозки грузов от поставщиков к потребителям в различных погодных условиях и распределение вероятностей появления состояний внешней среды ( $p_1=0,2$ ;  $p_2=0,4$ ;  $p_3=0,4$ ), следует определить наилучшую альтернативу транспортировки грузов с учетом двух (равнозначных) критериев. Таблицы исходов альтернатив приведены для каждого варианта задания ниже.

### Вариант 1

#### Возможные исходы транспортировки грузов

Дорога	Критерий «Деньги» (в т.руб.)			Критерий «Время» (в днях)		
	e1	e2	e3	e1	e2	e3
X1	30	40	50	4	4	5
X2	20	30	70	3	4	5
X3	10	20	40	3	5	7

### Вариант 2

#### Возможные исходы транспортировки грузов

Дорога	Критерий «Деньги» (в т.руб.)			Критерий «Время» (в днях)		
	e1	e2	e3	e1	e2	e3
X1	10	40	50	4	4	5
X2	20	30	70	3	4	5
X3	10	30	60	3	5	7

## Вариант 3

## Возможные исходы транспортировки грузов

Дорога	Критерий «Деньги» (в т.руб.)			Критерий «Время» (в днях)		
	<i>e1</i>	<i>e2</i>	<i>e3</i>	<i>e1</i>	<i>e2</i>	<i>e3</i>
X1	30	40	60	4	4	5
X2	20	30	70	3	4	5
X3	10	30	60	2	5	7

## Вариант 4

## Возможные исходы транспортировки грузов

Дорога	Критерий «Деньги» (в т.руб.)			Критерий «Время» (в днях)		
	<i>e1</i>	<i>e2</i>	<i>e3</i>	<i>e1</i>	<i>e2</i>	<i>e3</i>
X1	40	40	50	3	4	6
X2	30	40	50	2	3	7
X3	20	50	70	1	3	6

## Вариант 5

## Возможные исходы транспортировки грузов

Дорога	Критерий «Деньги» (в т.руб.)			Критерий «Время» (в днях)		
	<i>e1</i>	<i>e2</i>	<i>e3</i>	<i>e1</i>	<i>e2</i>	<i>e3</i>
X1	40	40	50	1	4	5
X2	30	40	50	2	3	7
X3	30	50	70	1	3	6

**Контрольные вопросы**

1. В чем основное отличие задач принятия решений в условиях определенности, риска и неопределенности?
2. Назовите основные правила многокритериальной оценки альтернатив.
3. Укажите основные критерии выбора решений при вероятностной неопределенности состояний внешней среды.
4. Назовите способы принятия решений при отсутствии информации о состоянии внешней среды.

5. Укажите основные критерии принятия решений в условиях противодействия внешней среды.
6. Чем отличаются критерии Гурвица, Вальда и Сэвиджа?
7. Каков алгоритм принятия решений при линейной упорядоченности наступления состояний внешней среды?
8. Какова последовательность оценки альтернативных решений, принимаемых с учетом возможных ситуаций и целевых установок?

## **2.5 Лабораторная работа «Применение метода когнитивных карт для генерации управленческих решений»**

### **Цель работы**

Закрепить знания и навыки построения когнитивных карт, проанализировать возможности метода применительно к задачам регионального управления, построить когнитивную карту системы управления и дать с её помощью рекомендации по управлению данной системой.

### **Форма проведения**

Каждый студент выполняет индивидуальное задание.

### **Форма отчетности**

Защита отчета, опрос по контрольным вопросам

### **Теоретические основы**

Когнитивная карта (карта познания) - вид математической модели, представленной в виде графа и позволяющей описывать причинные связи между элементами системы и оценивать последствия воздействия на составляющие этой системы. Вершины в графе (концепты) рассматриваются как переменные когнитивной карты, а дуги как отношения между парой переменных (отношения причинности), которые могут иметь различные значения: положительное, отрицательное и ноль. Граф с помеченными дугами называется знаковым. Граф может быть ациклическим и циклическим. Пример когнитивной карты приведен на рисунке 2.3.

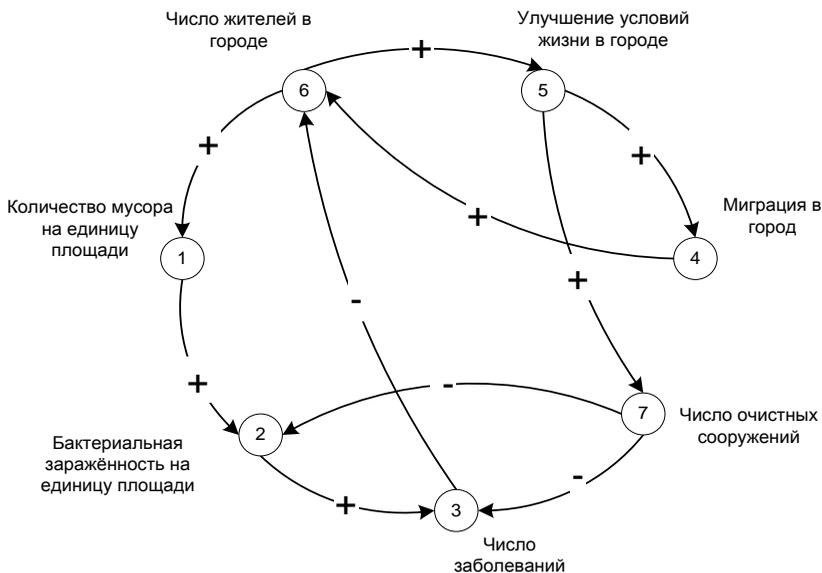


Рис.2.3 Когнитивная карта для анализа удаления твёрдых отходов

От фактора  $u$  к фактору  $v$  проводится дуга, если изменение  $u$  оказывает непосредственное существенное воздействие на  $v$ . Эта дуга имеет знак плюс (связь положительная), если воздействие является "усилением" (увеличение  $u$  приводит к увеличению  $v$ ), и знак минус (связь отрицательная), если воздействие вызывает "торможение" (увеличение  $u$  приводит к уменьшению  $v$ ).

Анализ знакового графа показывает, что, например, увеличение числа жителей в городе приводит к следующему:

- Улучшение условий жизни, как следствие - увеличение числа очистных сооружений, следовательно – уменьшение числа заболеваний, что в итоге вновь приводит к увеличению числа жителей в городе. Такая связь называется положительной обратной связью, то есть связь, усиливающая первоначальное изменение. В положительной обратной связи присутствует четное число дуг со знаком «минус» (или таких дуг нет).

- Увеличению количества мусора на единицу площади, как следствие – увеличение бактериальной заражённости, следовательно – рост числа заболеваний, что приводит к снижению числа жителей. Это отрицательная обратная связь (число дуг со

знаком «минус» нечётно), ослабляющая первоначальное изменение фактора.

Соотношение числа положительных и отрицательных связей в когнитивной карте определяет устойчивость её вершин. Вершина называется устойчивой, если её изменение не вызывает неограниченный рост значений всех остальных вершин когнитивной карты. Когнитивная карта называется устойчивой, если устойчива каждая её вершина. Анализ устойчивости когнитивной карты может быть проведён также с помощью расчёта собственных чисел матрицы смежности соответствующего ей ориентированного графа.

### **Порядок выполнения работы**

1. Получить у преподавателя задание (направление исследований), определить систему для описания, раскрыть проблемную ситуацию и цели управления системой.
2. Провести опрос экспертов (возможно из числа студентов) для формирования списка вершин, дуг, знаков дуг когнитивной карты. Обработать результаты опроса и составить итоговую таблицу мнений экспертов.
3. Нарисовать когнитивную карту, используя доступные программные средства, составить матрицу смежности графа.
4. Провести анализ структуры и устойчивости когнитивной карты, выявить контуры положительных и отрицательных обратных связей.
5. Выбрать управляемые и целевые факторы (вершины) и предложить варианты устранения проблемной ситуации, изменяя управляемые факторы, обосновав их с помощью когнитивной карты.

### **Варианты заданий**

1. Политическое развитие
2. Экология
3. Экономика предприятия
4. Региональная экономика
5. Транспорт
6. Образовательный процесс
7. Социальные группы

### **Контрольные вопросы**

1. Какова основная идея метода когнитивных карт?
2. Как проводится анализ знакового графа на устойчивость?
3. Каким образом оценить последствия принимаемых решений с помощью когнитивного графа?
4. Основные преимущества и недостатки метода когнитивных карт.

## **3 Методические указания для организации самостоятельной работы**

### **3.1 Общие положения**

Целями самостоятельной работы являются систематизация, расширение и закрепление теоретических знаний, приобретение навыков исследовательской деятельности.

Самостоятельная работа студента по дисциплине «Исследование операций и теория принятия решений» включает следующие виды его активности:

1. проработка лекционного материала;
2. изучение тем теоретической части дисциплины, вынесенных для самостоятельной проработки;
3. подготовка к лабораторным работам;
4. подготовка к экзамену.

### **3.2 Проработка лекционного материала**

Лекция – традиционно ведущая форма обучения в вузе. Она является методологической и организационной основой для всех форм учебных занятий, в том числе самостоятельных. Ее основная цель – формирование у студентов ориентировочной основы для последующего усвоения студентами учебного материала. В ходе лекции преподаватель, опираясь на имеющиеся у студентов знания и практический опыт, подводит их к пониманию и усвоению новых знаний, формулированию правил и выводов.

Для усваивания лекционного материала студенту рекомендуется проработать материал по конспекту лекций и учебной литературе, при этом дополнительно законспектировать в рабочей тетради кратко, схематично, последовательно основные положения, выводы, формулировки, обобщения, помечать важные

мысли, выделять ключевые слова, термины. Если материал связан с решением задач исследования операций и теории принятия решений, то обязательно нужно закрепить математическую постановку этих задач, методы и алгоритмы их решения на самостоятельном решении подобных задач, которые приводятся в методических указаниях к лабораторным работам или в учебной литературе. Следует обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать его преподавателю на консультации, на учебном занятии.

При первом ознакомлении с новым материалом полезно применить «партитурное чтение», беглый просмотр главы, раздела. Старайтесь получить общее представление об излагаемых вопросах, не задерживаясь на математических выводах, уравнениях реакций. Вникайте в сущность того или иного вопроса, а не пытайтесь запомнить отдельные факты или явления.

Повторное чтение (более медленное и вдумчивое) должно сопровождаться пометками, записями в рабочей тетради, выписками из прочитанного. Чтобы лучше запомнить и усвоить изучаемый материал, вносите в рабочую тетрадь формулировки законов и основных понятий, незнакомые термины и названия. Если материал поддается систематизации, составляйте графики, рисунки, диаграммы, таблицы – они очень облегчают запоминание, уменьшают объем конспектируемого материала. Приобретайте навыки конспектирования – краткий конспект помогает при повторении материала в период подготовки к экзамену.

Готовьтесь обязательно к последующей работе над лекцией, для этого:

- повторите изученный материал по конспекту или по вашим записям;
- неоконченные фразы, пропущенные слова и другие недочеты в записях устранили, пользуясь материалами из учебника и других источников;
- если пропущено занятие, оставьте несколько свободных страниц, содержание пропущенного материала нужно восполнить во время самостоятельной работы;
- подготовьте вопросы преподавателю по предыдущей теме.

### 3.3 Подготовка к лабораторным работам

Лабораторные занятия являются связующим звеном теории и практики. Они позволяют углубить и закрепить теоретические знания, получаемые на лекциях, проверить научно-теоретические положения экспериментальным путем, выработать у студентов практические умения и навыки. Одновременно они являются базой для научно-исследовательской работы студентов.

Студенты должны заранее самостоятельно подготовиться к лабораторной работе с использованием указанной преподавателем литературы: учебники, лекции, методические указания. Подготовить ответы на контрольные вопросы, предложенные преподавателем к данной лабораторной работе. Каждая лабораторная работа выполняется по определенной теме с указанием цели её выполнения. Следует помнить, что к методическим указаниям на выполнение определенных лабораторных работ прилагаются презентационные файлы, помогающие в усвоении тем дисциплины. Они выложены в вычислительной сети кафедры.

### 3.4 Самостоятельное изучение тем теоретической части курса

#### 3.4.1 Метод когнитивных карт

Перечень вопросов, подлежащих изучению

1. Какова основная идея метода когнитивных карт?
2. Как проводится анализ знакового графа на устойчивость?
3. Каким образом оценить последствия принимаемых решений с помощью когнитивного графа?
4. Основные преимущества и недостатки метода когнитивных карт.

Методические рекомендации по изучению

На представленные вопросы можно найти ответы в интернете, а также в литературных источниках по данной дисциплине, например: Турунтаев, Л.П. Теория принятия решений [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие / Л.П. Турунтаев. — Электрон. дан. — Москва : ТУСУР, 2012. — 42 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/11048>, с.3-12.

### 3.4.2 Принятие решений при распычатой (нечеткой) неопределенности отношения предпочтений

Перечень вопросов, подлежащих изучению

1. Какие виды неопределенности встречаются в задачах принятия управленческих решений?
2. Укажите основные критерии выбора решений при нечеткой неопределенности состояний внешней среды.
3. Чем отличается распывчатая неопределенность от вероятностной?
4. Как оценивается функция принадлежности к недоминируемому множеству альтернатив?

Методические рекомендации по изучению

На представленные вопросы можно найти ответы в интернете, а также в литературных источниках по данной дисциплине, например: Демидова, Л.А. Принятие решений в условиях неопределенности [Электронный ресурс] / Л.А. Демидова, В.В. Кираковский, А.Н. Пылькин. — Электрон. дан. — Москва : Горячая линия-Телеком, 2012. — 288 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/5151>.

### 3.4.3 Функции полезности альтернатив. Построение одномерных и многомерных функций полезности

Перечень вопросов, подлежащих изучению

1. Опишите способ определения нормативных коэффициентов значимости критериев.
2. Как строится функций полезности альтернативы по отдельному критерию?
3. Как определяется функций полезности альтернативы по многим критериям?

На представленные вопросы можно найти ответы в интернете, а также в литературных источниках по данной дисциплине, например: Колбин, В.В. Методы принятия решений [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.В. Колбин. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 640 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/71785>, с 153-169.

## 4 Рекомендуемая литература

1. Юкаева, В.С. Принятие управленческих решений [Электронный ресурс]: учебник / В.С. Юкаева, Е.В. Зубарева, В.В. Чувилова — Москва: Дашков и К, 2016. — 324 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/93383>
2. Колбин, В.В. Методы принятия решений [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.В. Колбин — Санкт-Петербург: Лань, 2016. — 640 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/71785>.
3. Колбин, В.В. Математические методы коллективного принятия решений [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.В. Колбин. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2015. — 256 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/60042>.
4. Микони, С.В. Теория принятия управленческих решений [Электронный ресурс] : учебное пособие / С.В. Микони. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2015. — 448 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/65957>.