МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра дизайна и индустрии моды

УТВЕРЖДАЮ:
Проректор по учебной работе
__________ О.Г. Локтионова
« 20 » 09 20 22 г.

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ

Методические указания по выполнению практических работ по дисциплине «Системный анализ» для обучающихся по направлениям подготовки 27.04.02 «Управление качеством»

Курск 2022

УДК 519.6

Составители: Ю.А. Мальнева, В.В. Куц

Рецензент
Кандидат технических наук, доцент кафедры дизайна и индустрии моды Т.А. Добровольская

Системный анализ [Текст]: методические указания к выполнению практической работы по курсу «Системный анализ» по направлению подготовки 27.04.02 «Управление качеством» / сост. Ю.А. Мальнева, В.В. Куц; ЮЗГУ. Курск, 2022. 83 с.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать . Формат 60×84 1/16.
Усл. печ. л. . Уч. - изд. л. . Тираж 50 экз. Заказ 1912.
Юго-Западный государственный университет.
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

СОДЕРЖАНИЕ

Практическая работа №1
«Оптимизация сетевых моделей»

3. Сетевое планирование и управление

Современное разнообразие, многосвязность и взаимозависимость задач коммерческой деятельности вызывают большие трудности при планировании реальных сроков их выполнения.

Традиционные, сложившиеся методы планирования и управления иногда не обеспечивают выполнение операций в коммерческой деятельности в намеченные сроки и не позволяют определить оптимальные объемы ресурсов, а, как известно, «время - деньги». Необходимым свойством системы планирования и управления работами является способность оценить текущее состояние, учесть возможное состояние в будущем, предсказать дальнейший ход работ и таким образом предупредить от возможных ошибок, заранее оперативно воздействовать на ход комплекса работ в сжатые сроки и с наименьшими затратами.

Наиболее эффективны в настоящее время сетевые методы и модели, на базе которых созданы методы сетевого планирования и управления (СПУ). Такие системы предназначены для управления объектами особого типа и сложности, получившими название комплексов взаимосвязанных работ, коммерческих операций, разработок, которые требуют четкой координации взаимодействия множества исполнителей. СПУ позволяет осуществить надежную координацию всех звеньев и подразделений, участвующих в сложном комплексе. В таких случаях СПУ, по существу, является единственно возможным методом научного планирования и управления по выполнению больших масштабов работ с высокой вероятностью соблюдения заданных сроков их реализации, что является их главным достоинством.

2.3.1. Методы сетевого планирования

Особенность СПУ заключается в том, что деятельность всех коллективов исполнителей рассматривается в целом как единый комплекс взаимосвязанных и взаимозависимых операций, направленных на достижение общей конечной цели. Здесь используется информационно-динамическая модель особого вида, так называемая сетевая модель логико-математического описания, позволяющая алгоритмизировать расчеты параметров этого процесса: продолжительности, трудоемкости, стоимости и т.д. Системы рассчитаны на использование компьютерных систем обработки исходных и оперативных данных для расчета контролируемых показателей и получения необходимых аналитических и отчетных сводок.

В СПУ применяются графическое изображение или аналитическая запись плана работ, в которых отражается их логическая последовательность, взаимосвязь, продолжительность, стоимость и др. Они создаются с целью оптимизации разработанного плана и текущего управления ходом работ путем периодического сбора информации и соответствующей корректировки плана. Эти системы являются комплексом графических и расчетных методов, организационных мероприятий и контрольных приемов, обеспечивающих моделирование и динамическую перестройку планов в коммерческой деятельности. Причем графические методы дают наиболее наглядно-обозримую информацию о ходе комплекса работ, как в целом, так и в деталях. В этом случае системой СПУ осуществляется управление по отклонениям, т.е. сообщаются лишь необходимые сведения только изменившихся, а не плановых состояний работ, поскольку избыточная информация затрудняет процесс управления. В целом система СПУ включает сбор, переработку информации, поступающей от управляемого объекта, выработку решений на ее основе и передачу распоряжений на управляемый объект.

СПУ концентрируют внимание руководителей на самых важных работах комплекса, отсеивая второстепенные. Так, при сложившихся методах управления в поле зрения руководителя обычно находится до 70% работ, что, безусловно, затрудняет принятие им эффективных решений. Разработка СПУ позволила установить, что практически лишь около 10% работ от всего комплекса существенно влияют на ход выполнения работ. При этом время, затрачиваемое руководителями на решение вопросов управления, сокращается на 50-60%. Кроме того, все участники работ находятся в объективно равных условиях осведомленности, что оказывает влияние на успех завершения всего комплекса работ в намеченные сроки.

Преимущество СПУ заключается в следующем:

а) концентрирует внимание руководителей на небольшом числе работ и исполнителей;

б) устанавливает четкую взаимосвязь между исполнителями, обеспечивая тесное организационное единство;

в) позволяет в любой момент времени располагать Исчерпывающей информацией;

г) обеспечивает непрерывность управления ходом работ, своевременность принятия решений, оперативность вмешательства;

д) позволяет рационально маневрировать выделенными ресурсами;

е) дает большую экономию времени, средств, энергии, материалов, и т.д.;

ж) дисциплинирует исполнителей, создается объективная картина качества работ, доступная каждому, исключается штурмовщина;

з) создается возможность выполнения вычислительных работ на компьютере.

В зависимости от масштаба комплекса работ различают такие системы: с числом событий в сети 10...12 тыс. — большие разработки, средние — 1,5...10 тыс. и малые — до 1,5 тыс. В случае небольших разработок от нескольких десятков событий до 100 используются ручные методы расчета и анализа, в остальных случаях — по специальным компьютерным программам.

Методы и модели СПУ могут с успехом применяться в коммерческой деятельности при выполнении различных комплексов работ: проведение текущего или капитального ремонта; реконструкции коммерческих торговых предприятий; подготовке и проведении оптовых и розничных ярмарок; разработка плана коммерческой деятельности; заготовка, переработка и закладка плодово-овощной продукции на длительное хранение; перевод предприятий торговли на самообслуживание; оперативная реконструкция секций супермаркетов; строительство универсальных оптовых предприятий; разработка плана развития торговой сети; планирование торговой деятельности; составление бухгалтерского отчета; поставка товаров покупателям; заключение договоров на поставку; открытие нового торгового предприятия, а также многих комплексов финансово-коммерческих операций.

Подготовка задач к решению. На предварительном этапе сетевого моделирования определяется структура комплекса работ, последовательность выполнения отдельных операций, состав и взаимосвязь организаций соисполнителей, ориентировочные сроки поставок, потребность в основных ресурсах и ассигнованиях. Внешние связи плана работ торгового предприятия согласовываются со всеми организациями-соисполнителями. Затем переходят к исходному планированию по одному из трех вариантов.

В первом случае проводят расчленение комплекса работ централизованно «сверху вниз» на составляющие элементы, на базе которых ответственным исполнителям выдаются задания.

Второй вариант построения сетевой модели «снизу вверх» базируется на сшивании, т.е. соединении нескольких первичных сетевых графиков, полученных от ответственных исполнителей, в одну сеть.

Третий, наиболее распространенный способ «сверху вниз»-«снизу вверх» включает поочередное членение комплекса работ и укрупнение с координацией на основе первичных графиков ответственных исполнителей, детально представляющих специфику торговых операций.

Ответственные исполнители в системах СПУ - это специалисты, осуществляющие руководство работами по отдельным частям комплекса и несущие за них персональную ответственность.

Более наглядное представление о содержании работ в целом и в деталях дает построение дерева комплекса работ.

2.3.2. Правила построения сетевых моделей

Наиболее распространенным способом изображения СПУ являются сетевые модели в терминах работ и событий, где работы изображаются стрелками, а события — кружками (см. рис. 2.5). Правила построения сетевых моделей существенно зависят от формы представления последовательности работ и событий. Если сформулированы события и описаны входящие и выходящие работы, то следует придерживаться следующих основных правил:

1) Строится трафарет событий (рис. 2,4).

2) Наносятся на трафарет в соответствии со структурно-временной табл. 2.3 последовательно все работы.

3) Просматриваются возможные варианты следования событий и работ, их табличная запись и формы изображения приведены на рис. 2.6.

4) Всем стрелкам сетевого графика задают общее направление слева направо.

5) Не должно быть стрелок, которые ниоткуда не выходят и никуда не входят.

6) Между одной парой событий можно изобразить только одну работу.

7) При необходимости изображения двух параллельно выполненных работ между двумя событиями 5 и 7 (рис. 2.6, *а)* вводят дополнительное промежуточное событие 6 и фиктивную работу (6, 7) с нулевой продолжительностью (рис. 2.6, б).

8) Из сети исключают тупиковые события, от которых не начинается ни одна' работа, за исключением завершающего события комплекса.

9) Проводят преобразование геометрии взаимного расположения работ и событий к виду, удобному для восприятия в целом, например, устраняют пересечения работ.

10) Нумерацию событий проводят последовательно слева направо и сверху вниз.

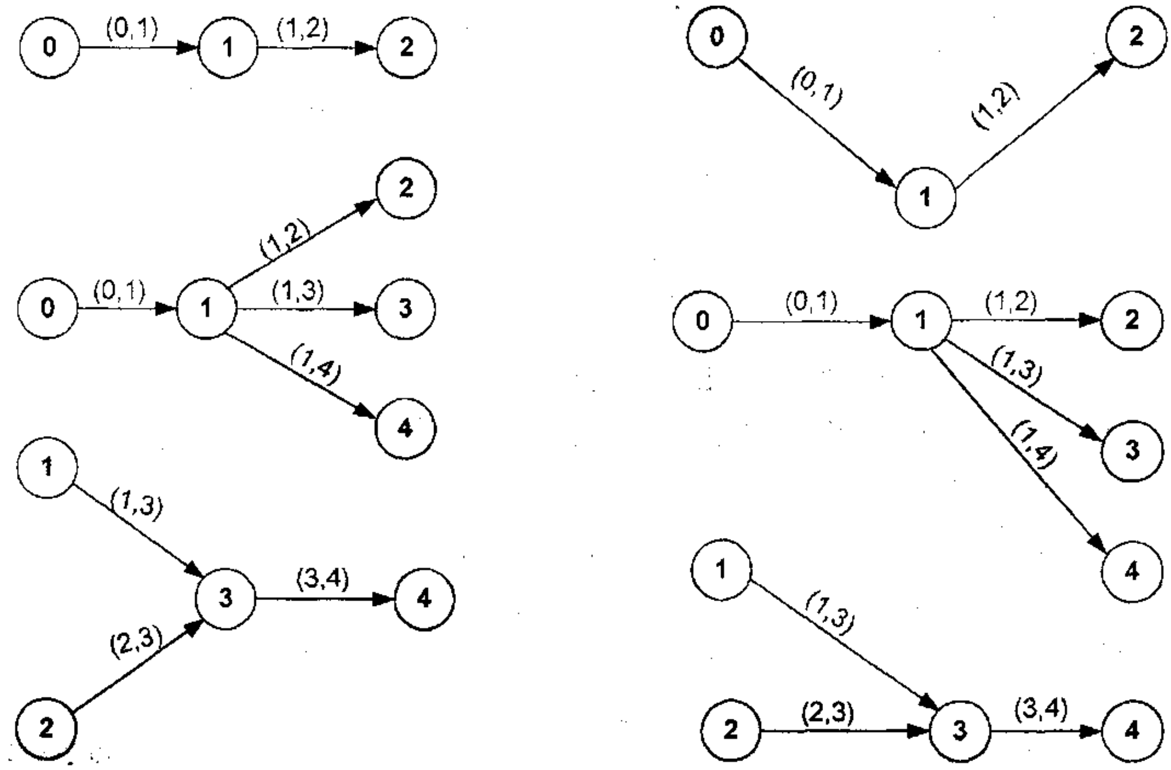


Рис. 2.5

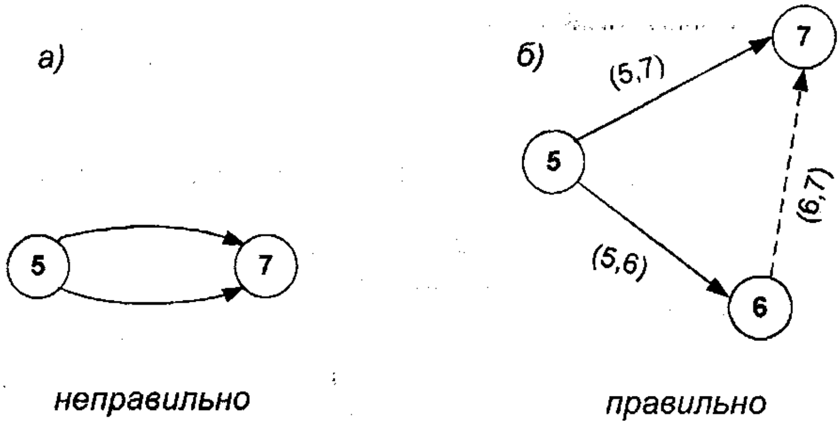


Рис. 2.6

Если же сформулированы только работы и их последовательность, а события не сформулированы, то следует использовать другую методику построения сетевого графика.

В случае больших комплексов работ сначала строят частные сетевые графики ответственные исполнители, а затем формируют сводную модель комплекса путем их сшивания.

Рассмотрим пример. Задача состоит в поиске минимального времени выполнения всего комплекса работ по переводу предприятия розничной торговли на самообслуживание, при заданных ограничениях в ресурсах В (общие ресурсы по выполнению комплекса работ). Подготовка задачи к решению начинается с формирования исходной информации на основе бесед со специалистами, детально представляющих специфику предстоящей работы. Необходимые исходные данные представлены в табл. 2.3.

Таблица 2.3

Работа *(i,j)*	Содержание работы	Ресурсы, b_{ij}	Коэффициенты пересчета $c_{ij}=l/b_{ij}$	Длительность работ, дни t_{ij}	
				Фактическая	Оптимальная
(0,1)	Составление сметы	$b_{0,1}$	$c_{0,1}=0,l$	$t_{0,1}=15$	?
(1,2)	Приобретение оборудования	$b_{1,2}$	$c_{1,2}=0,2$	$t_{1,2}=16$	?
(1,3)	Подбор кадров	$b_{1,3}$	$c_{1,3}=0,5$	$t_{1,3}=6$	?
(2,4)	Монтаж оборудования	$b_{2,4}$	$c_{2,4}=0,3$	$t_{2,4}=6$	?
(3,5)	Подготовка кадров	$b_{3,5}$	$c_{3,5}=0,6$	$t_{3,5}=5$	?
(4,6)	Оформление зала	$b_{4,6}$	$c_{4,6}=0,4$	$t_{4,6}=8$	?
(5,6)	Доставка товаров	$b_{5,6}$	$c_{5,6}=0,7$	$t_{5,6}=6$	?
(5,8)	Заказ и получение формы	$b_{5,8}$	$c_{5,8}=0,9$	$t_{5,8}=14$	?
(5,7)	Заказ и получение ценников	$b_{5,7}$	$c_{5,7}=1,0$	$t_{5,7}=8$	?
(6,8)	Выкладка товаров	$b_{6,8}$	$c_{6,8}=0,8$	$t_{6,8}=2$	?
(7,8)	Заполнение ценников	$b_{7,8}$	$c_{7,8}=1,1$	$t_{7,8}=4$	?
(8,9)	Генеральная репетиция	$b_{8,9}$	$c_{8,9}=l,2$	$t_{8,9}=3$	?

В таблице используются следующие обозначения:

$b_{i,j}$ - выделенные ресурсы для выполнения элементарной работы (i,j);

$t_{i,j}$ - длительность выполнения элементарной работы (i,j) выделенными ресурсами $b_{i,j}$;

$c_{i,j}$ - коэффициент пересчета ресурсов работы (i,j); $c_{i,j}=1/b_{i,j}$.

Граф, построенный по исходным данным табл. 2.3 и перечисленным правилам расположения и взаимосвязи работ и событий (рис. 2.7), представляет собой сетевую модель задачи по переводу коммерческого предприятия на самообслуживание.

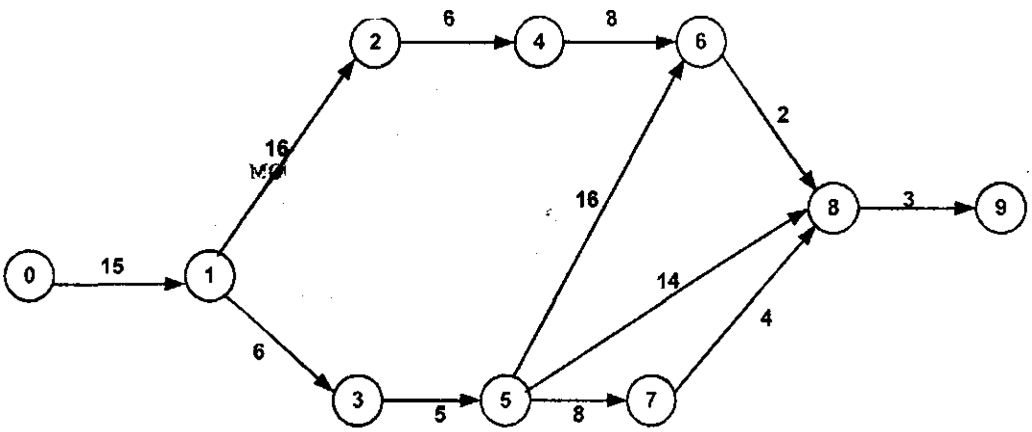


Рис. 2.7

Следует учитывать, что сетевые модели большого объема трудно обозримы. В связи с этим проводят укрупнение сетевой модели путем устранения менее важных фрагментов и, следовательно, уменьшения числа изображаемых событий и работ, оставляя только наиболее значимые.

2.3.3. Параметры сетевых *моделей* и методы их расчета

Основные параметры сетевых моделей — это критический путь, резервы времени событий, работ и путей. Кроме этих показателей имеется ряд вспомогательных, которые являются исходными для получения дополнительных характеристик по анализу и оптимизации сетевого плана комплекса работ.

При расчетах применяют следующие обозначения параметров сетевой модели: -

$t_j^{\text{Р}}$ - ранний срок свершения j-го события;

$t_j^{\text{П}}$ - поздний срок свершения j-го события;

R_j - резерв времени на свершение j-го события;

$t_{ij}^{\text{РН}}$ - ранний срок начала работы (i,j);

$t_{ij}^{\text{РО}}$ - ранний срок окончания работы (i,j);

$t_{ij}^{\text{ПН}}$ - поздний срок начала работы (i,j);

$t_{ij}^{\text{ПО}}$ - поздний срок окончания работы (i,j);

$r_{ij}^{\text{П}}$ - полный резерв времени работы (i,j):

$r_{ij}^{\text{СВ}}$ - свободный резерв времени работы (i,j);

$k_{ij}^{\text{Н}}$ - коэффициент напряженности работы (i,j);

$T_{П}$ - продолжительность пути $L_{П}$; $T_{П} = t(L_{П})$;

$T_{КР}$ - продолжительность критического пути $L_{\text{КР}}$;

$R_{П}$ - полный резерв времени пути $L_{П}$.

Рассмотрим определения и модели расчета параметров сетевой модели.

Ранний срок свершения j-го события $t_j^{\text{Р}}$ - наиболее ранний (минимальный) из возможных моментов наступления данного события при заданной продолжительности работ.

Поздний срок свершения j-го события $t_j^{\text{П}}$ - наиболее поздний (максимальный) из допустимых моментов наступления данного события, при котором еще возможно выполнение всех последующих работ в установленный срок.

Резерв времени на свершение j-го события R_j - это промежуток времени, на который может быть отсрочено наступление события j без нарушения сроков завершения всего комплекса, определяется как разность между поздним $t_j^{\text{П}}$ и ранним $t_j^{\text{Р}}$ сроками наступления события $R_j = t_j^{\text{П}} - t_j^{\text{Р}}$.

Ранний срок начала работы $t_{ij}^{\text{РН}}$ - наиболее ранний (минимальный) из возможных моментов начала данной работы при заданной продолжительности работ. Он совпадает с ранним сроком наступления ее начального события: $t_{ij}^{\text{РН}} = t_j^{\text{Р}}$.

Ранний срок окончания работы $t_{ij}^{\text{РО}}$- наиболее ранний (минимальный) из возможных моментов окончания данной работы при заданной продолжительности работ. Он превышает ранний срок наступления ее события i на величину продолжительности работы:

$$t_{ij}^{\text{РО}} = t_j^{\text{Р}} + t_{ij}.$$

Поздний срок начала работы $t_{ij}^{\text{ПН}}$ - наиболее поздний (максимальный) из допустимых моментов начала данной работы, при котором еще возможно выполнение всех последующих работ в установленный срок:

$$t_{ij}^{\text{ПН}} = t_j^{\text{П}} - t_{ij}.$$

Поздний срок окончания работы $t_{ij}^{\text{ПО}}$ — наиболее поздний (максимальный) из допустимых моментов окончания данной работы, при котором еще возможно выполнение последующих работ в установленный срок:

$$t_{ij}^{\text{ПО}} = t_j^{\text{П}}.$$

Полный резерв времени работы (i,j) $r_{ij}^{\text{П}}$ - максимальное время, на которое можно отсрочить начало или увеличить продолжительность работы t_0 без изменения общего срока выполнения комплекса:

$$r_{ij}^{\text{П}} = t_j^{\text{П}} - t_i^{\text{Р}} - t_{ij}.$$

Свободный резерв времени работы (i,j) $r_{ij}^{\text{СВ}}$-максимальное время, на которое можно отсрочить начало или увеличить продолжительность работы при условии, что все события сети наступают в свои ранние сроки:

$$r_{ij}^{\text{СВ}} = t_j^{\text{Р}} - t_i^{\text{Р}} - t_{ij}.$$

Полный резерв времени пути $R_{П}$ - показывает, насколько могут быть увеличены продолжительности всех работ в сумме пути $L_{П}$ относительно критического пути

$$R_{П} = L_{КР} - L_{П}.$$

Коэффициент напряженности работы (i,j) $k_{ij}^{\text{Н}}$ - характеризует напряженность по срокам выполнения работы (i,j). Чем ближе коэффициент напряженности к 1, тем сложнее выполнять эту работу в установленные сроки.

Методы расчета параметров сетевой модели делятся на две группы.

В первую группу входят аналитические методы, которые включают вычисления по формулам непосредственно на сетевом графике, табличный и матричный методы.

Ко второй группе относятся методы, основанные на теории статистического моделирования, которые целесообразно применять при расчете стохастических сетей с очень большим разбросом возможных сроков выполнения работ.

В качестве примера рассмотрим из первой аналитической группы табличный, метод расчета параметров. В этом случае заполнение табл. 2.4 производится последовательно по следующим правилам:

а) графы 1 и 3 заполняются на основе исходных данных, представленных в структурно-временной табл. 2.3.

б) в графе 2 записывается количество предшествующих работ по сетевому графику или определяется из графы 1 по числу работ, имеющих второй цифрой в коде ту, с которой начинается данная работа. Например, в графе 1 имеются три работы, оканчивающиеся на цифру 8: (5,8); (6,8); (7,8), поэтому работа (8,9) имеет три предшествующие работы;

в) в графе 4 раннее начало работ, выходящих из исходного события, равно нулю, а раннее окончание этих работ равно их продолжительности (гр. 5). Раннее начало последующих работ определяется путем выбора максимального из сроков раннего окончания предшествующих работ. Количество сравниваемых сроков равно количеству предшествующих работ графы 2. Раннее начало последующих работ можно определить после того, как найдено раннее окончание предшествующих. В свою очередь, раннее окончание каждой работы находится как сумма величин раннего начала и продолжительности данной работы;

г) продолжительность критического пути определяется после заполнения граф 4 и 5 как максимальная величина из сроков раннего окончания работ, которые ведут к завершающему событию 9;

д) найденная величина критического пути T_{KP} = 50 дням заносится в графу 7 для всех работ, ведущих к завершающему событию. Затем заполнение ведется снизу вверх. Находятся все работы, следующие за рассматриваемой, и определяются разности между поздним окончанием этих работ и их продолжительностями. Минимальная из величин заносится в графу 7;

е) в графе 6 позднее начало работы определяется как разность позднего окончания этих работ и их продолжительности (из значений графы 7 вычитаются данные графы 3);

Таблица 2.4

Работа, *ij*	Количество предшествующих работ	Продолжительность работ, t_{ij}	Сроки выполнения работ				Резервы времени		
			ранние		поздние		Работ		Событий, *Rij*
			Начала	Окончания	Начала	Окончания	Полный	Свободный	
1	2	3	4	5	6	7-	8	9	10
(0,1)	0	15	0	15	0	15	0	0	0
(1,2)	1	16	15	31	15	31	0	0	0
(1,3)	1	6	15	21	22	28	7	0	7
(2,4)	1	6	31	37	31	37	0	0	0
(3,5)	1	5	21	26	28	33	7	0	7
(4,6)	1	8	37	45	37	45	0	0	0
(5,6)	1	6	26	32	39	45	13	13	0
(5,8)	1	14	26	40	33	47	7	7	0
(5,7)	1	8	26	34	35	43	9	0	9
(6,8)	2	2	45	47	45	47	0	0	0
(7,8)	1	4	34	38	43	47	9	9	0
(8,9)	3	3	47	50	47	50	0	0	0

ж) в графе 8 полный резерв времени работы определяется разностью между значениями граф 7 и 5. Если он равен нулю, то работа является критической;

з) в графе 10 резерв времени событий *j* определяется как разность позднего окончания работы, заканчивающегося событием *j* графы 7, и ранним началом работы, начинающимся событием;

и) значение свободного резерва времени работы определяется как разность значений графы 8 и данных графы 10 и указывает на расположение резервов, необходимых для оптимизации.

Пользуясь полученными значениями параметров работ по переводу предприятия торговли на самообслуживание (табл. 2.4), можно перейти к анализу сетевой модели, а затем провести оптимизацию.

2.3.4. Анализ сетевых моделей

Анализ сетевой модели проводится с целью выявления резервов и «узких мест». Табличный метод расчета параметров табл. 2.4 позволяет решить эту задачу. Однако большую наглядность все же дает графический метод анализа. Соединение различных методов сетевого моделирования позволяет объединить их преимущества.

Следует помнить, что обнаруженные резервы позволяют более гибко управлять комплексом работ путем их разумного перераспределения с одних работ на другие, не произвольно, а по специальным методам оптимизации.

Анализ сетевой модели (рис. 2.7) начинаем с определения минимального времени выполнения всего комплекса работ. Для этой цели проследим все возможные пути перехода из одного события (0) к завершающему (9). Таких путей четыре:

$$L_1 = [(0,1)(1,2)(2,4)(4,6)(6,8)(8,9)]$$

$$L_2 = [(0,1)(1,3)(3,5)(5,6)(6,8)(8,9)]$$

$$L_3 = [(0,1)(1,3)(3,5)(5,8)(8,9)]$$

$$L_4 = [(0,1)(1,3)(3,5)(5,7)(7,8)(8,9)]$$

Определим длительности этих путей:

$T_1 = t(L_1) = t_{0,1} + t_{1,2} + t_{2,4} + t_{4,6} + t_{6,8} + t_{8,9} = 15 + 16 + 6 + 8 + 2 + 3 = 50$ дн.
$T_2 = t(L_2) = t_{0,1} + t_{1,3} + t_{3,5} + t_{5,6} + t_{6,8} + t_{8,9} = 15 + 6 + 5 + 6 + 2 + 3 = 37$ дн.
$T_3 = t(L_3) = t_{0,1} + t_{1,3} + t_{3,5} + t_{5,8} + t_{8,9} = 15 + 6 + 5 + 14 + 3 = 43$ дн.
$T_4 = t(L_4) = t_{0,1} + t_{1,3} + t_{3,5} + t_{5,7} + t_{7,8} + t_{8,9} = 15 + 6 + 5 + 8 + 4 + 3 = 41$ дн.

Поскольку многие из работ, лежащих на этих путях, выполняются параллельно, общий срок перевода коммерческого предприятия на самообслуживание будет определяться путем максимальной продолжительности, называемым критическим:

$$T_{KP} = \max\{t(L_i)\} = 50 \text{ дн.}$$

Длительность пути L_2, составляющая 37 дней, минимальна, однако не позволяет выполнить все работы комплекса.

Длительность пути L_1 составляет 50 дней, однако за это время все работы комплекса могут быть выполнены. Следовательно, минимальное время, за которое может быть выполнен весь комплекс работ, составляет 50 дней, следовательно, путь L_1 является критическим.

Теперь определим полные резервы времени по всем путям:

$$R(L_1) = T_{KP} - T_1 = 0$$

$$R(L_2) = T_{KP} - T_2 = 13 \text{ дн.}$$

$$R(L_3) = T_{KP} - T_3 = 7 \text{ дн.}$$

$$R(L_4) = T_{KP} - T_4 = 9 \text{ дн.}$$

В пределах имеющихся резервов времени с выполнением некоторых работ можно не спешить, и общий срок выполнения комплекса работ не увеличится. Если же длительность выполнения любой из работ критического пути увеличилась, то общий срок выполнения комплекса работ неизбежно возрастет.

Для наглядного выявления мест расположения резервов времени построим сетевой график работ в масштабе времени (рис. 2.8).

Построение начинается с критического пути L_{KP} в соответствии с правилами сетевого моделирования по графику событий с учетом изображения длительностей работ t_{ij} в масштабе времени по оси абсцисс. По оси ординат длины стрелок выбираются из соображений удобства восприятия топологии сети в целом. Этим объясняется почти равная длина стрелки работы (6,8) и работы (2,4), хотя по масштабу времени длительность $t_{2\,4}$ больше $t_{6,8}$.

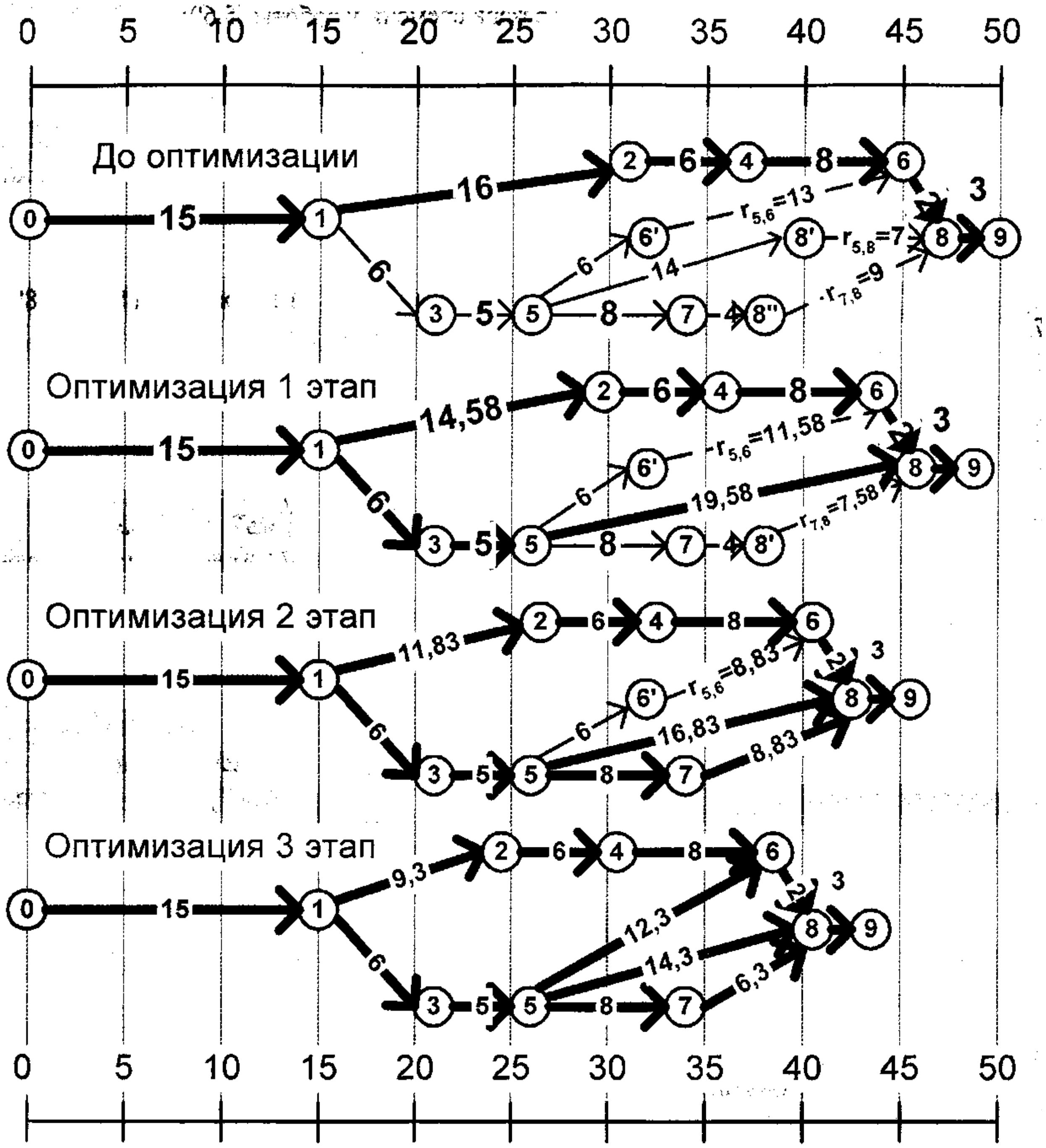


Рис. 2.8

Длительность всех остальных путей T_1, Т$_3$, T_4 меньше, поэтому вводим фиктивные события 6', 8', 8'' и фиктивные работы (6',6), (8',8), (8'',8) с нулевой продолжительностью.

В результате мы получили полную картину расположения мест свободных резервов времени (табл. 2.4) работ $r_{5,6}^{\text{СВ}}$ =13 дням, $r_{5,8}^{\text{СВ}}$=7 дням и $r_{5,9}^{\text{СВ}}$=9 дням. Наиболее напряженными являются работы критического пути L_1. которые не имеют резервов и поэтому являются «узкими местами» комплекса работ.

Таким образом, в результате анализа сетевой модели мы получили все необходимые данные для проведения оптимизации.

Наличие резервов позволит провести оптимизацию сетевого графика путем лучшего перераспределения выделенных ресурсов и построить более экономный план, который даст возможность выполнить весь комплекс работ за меньшее время.

2.3.5. Оптимизация сетевой модели

Сетевой график работ составлен таким образом, что израсходованы все ресурсы *В,* Однако на этом графике не все работы критические, поэтому можно уменьшить время T_{KP} за счет резервов, имеющихся на некритических работах. Перебрасывая эти резервы на критические работы, можно уменьшить время их выполнения и тем самым получить новые сроки выполнения работ и соответственно меньший T_{KP}. Оптимальным сетевым планом будет такой план, когда T_{KP} получится наименьшим из всех возможных в данных условиях. Очевидно, новые длительности всех путей в таком случае будут равны, т.е.

$$T_1^0 = T_2^0 = T_3^0 = T_4^0 = T_{KP}^0 .$$

Механизм перераспределения средств включает уменьшение средств части работы (*i,j)* на некоторую величину $x_{ij} < b_{ij}$ что приводит, естественно, к увеличению времени ее выполнения:

$$t'_{ij} = f(x_{ij}) > t_{ij} .$$

Средства x_{ij} вложенные в другую работу **(*h,k*).** $x_{ij} = x_{hk}$ приводят к уменьшению времени ее выполнения:

$$t'_{hk} = f(x_{hk}) < t_{hk} .$$

Продолжительность выполнения работ зависит от объема выделенных ресурсов, работает формула «время - деньги», и не зависит от того, каким образом эти ресурсы были инвестированы.

В практике выполнения расчетов эти функции обычно представляют приближенно линейными выражениями следующего вида:

$$t'_{ij} = t_{ij}(1 + c_{ij}x_{ij}) = t_{ij} + t_{ij}\frac{x_{ij}}{b_{ij}} ,$$

$$t'_{hk} = t_{hk}(1 - c_{hk}x_{hk}) = t_{hk} + t_{hk}\frac{x_{hk}}{b_{hk}} .$$

В связи с тем, что выделенные ресурсы *В* ограничены, должно выполняться условие их сохранения, т.е. сумма средств, снимаемых с работ (i,j), должна быть равна сумме средств, передаваемых работам (h,k)

$$\sum_{СН.}^{M} x_{ij} = \sum_{ПЕР.}^{N} x_{hk} ,$$

где M– число работ, с которых средства снимались;

N–число работ, на которые средства переносились.

В процессе перераспределения средств необходимо соблюдать условие ограничения на величину снимаемых средств x_{ij} с работы (i,j), которое определяется наличием свободного резерва времени $r_{ij}^{\text{СВ}}$ этой работы

$$t_{ij} + r_{ij}^{CB} \geq t_{ij}\left(1 - c_{ij} x_{ij}\right).$$

После преобразования это условие выглядит следующим образом:

$$x_{ij} \leq \frac{r_{ij}^{\text{СВ}}}{t_{ij} c_{ij}} .$$

Решение задачи оптимизации состоит в последовательном переносе средств с некритических работ на критические, переходе от одного пути к другому до тех пор, пока все работы не будут критическими и не будут иметь резервов, а длительности всех путей станут равными.

Перед началом оптимизации расположим длительности всех путей последовательно в порядке увеличения их резервов.

На первом этапе оптимизации выбираем резервы работ, ближайший к критическому пути L_1= 50 дней, путь L_3 = 43 дня. На этом пути L_3 некритическая работа (5,8') имеет свободный резерв времени $r_{5,8'}^{\text{СВ}}$=7 дней. Условие допустимости решения по величине переносимых средств определяется выражением

$$x_{5,8'} \leq \frac{r_{5,8'}^{\text{СВ}}}{t_{5,8'} c_{5,8'}} \quad \bullet$$

Перенесем часть средств работы (5,8’) на работу критического пути (1,2). Примечание. Переносить средства с работы одного пути, например (5,8') пути L_2, на любую работу, даже и критическую, но входящую в этот же путь L_2, например (0,1), нельзя.

Величину переносимых средств и длительности новых равных критических путей $T_1^{/} = T_3^{/} = T_{кр}^{/}$ можно найти, составив и решив следующую систему уравнений:

$$\begin{cases} x_{5,8'} = x_{1,2} \\ T_{KP} - t_{1,2} \cdot c_{1,2} \cdot x_{1,2} = T_3 + t_{5,8'} \cdot c_{5,8'} \cdot x_{5,8'} \end{cases}$$

Найдя величину переносимых средств, проверяем допустимость такого решения по ограничению. Если оно недопустимо, то переносим средства на любую другую работу; опять составляем новую систему уравнений и таким образом продолжаем оптимизацию. Новые длительности работ (5,8') и (1,2) находим по формулам

$$t'_{1,2} = t_{1,2}\left(1 - c_{1,2} \cdot x_{1,2}\right),$$

$$t'_{5,8'} = t_{5,8'}\left(1 + c_{5,8'} \cdot x_{5,8'}\right),$$

а длительности новых критических путей определяем из следующего выражения:

$$T'_1 = T'_3 = T'_{kp} = T_1 - t_{1,2} \cdot c_{1,2} \cdot x_{1,2}.$$

Примечание. Тем не менее, для проверки правильности вычислений. следует повторить расчёты для T_3 и T_{KP}, суммируя длительности работ, находящихся на этих путях.

На втором этапе рассматриваем следующий ближайший некритический путь Ь4. на котором у работы (7,8') имеется свободный резерв времени

$$r^{CB}_{7,7'} = T'_{Kp} - T_4.\ ;$$

Проверяем условие допустимости решения относительно величины переносимых
средств:

$$x_{7,8'} \le \frac{r^{CB}_{7,8'}}{t_{7,8'} \cdot c_{7,8'}}.$$

Затем переносим часть средств работы (7,8') на две работы (1,2) и (5,8') для сокращения времени выполнения работ первого и второго путей. Для нахождения величин переносимых средств составим систему уравнений:

$$\begin{cases} x_{7,8'} = x'_{1,2} + x'_{5,8} \\ T'_{KP} - t'_{1,2} \cdot c_{1,2} \cdot x'_{1,2} = T_4 + t_{7,8} \cdot c_{7,8'} \cdot x_{7,8'} \\ T'_{KP} - t'_{5,8'} \cdot c_{5,8'} \cdot x'_{5,8'} = T_4 + t_{7,8} \cdot c_{7,8'} \cdot x_{7,8'} \end{cases}$$

Затем находим величины переносимых средств $x_{7,8'}$, $x'_{1,2}$, $x'_{5,8'}$, а также новые длительности работ:

$$t''_{1,2} = t'_{1,2}\left(1 - c_{1,2} \cdot x'_{1,2}\right),$$
$$t''_{5,8'} = t'_{5,8'}\left(1 - c_{5,8'} \cdot x'_{5,8'}\right),$$
$$t'_{7,8'} = t_{7,8'}\left(1 - c_{7,8'} \cdot x_{7,8'}\right).$$

Длительности новых критических путей вычисляем по формуле

$$T''_1 = T''_3 = T'_4 = T''_{KP} = T_4 + t_{7,8'} \cdot c_{7,8'} \cdot x_{7,8'}.$$

На третьем этапе - путь L_2 имеет резерв времени у работы (5,6'):

$$r^{CB}_{5,6'} = T'_{KP} - T_2$$

Проверяем условие допустимости решения по

$$x_{5,6'} \le \frac{r^{CB}_{5,6'}}{t_{5,6'} \cdot c_{5,6'}}.$$

Затем переносим резервы с некритической работы (5,6') на работы (1,2), (5,8'), (7,8') остальных критических путей, для чего запишем систему уравнений:

$$\begin{cases} x_{5,6'} = x''_{1,2} + x''_{5,8} + x'_{7,8'} \\ T''_{KP} - t''_{1,2} \cdot c_{1,2} \cdot x''_{1,2} = T_2 + t'_{5,6'} \cdot c_{5,6'} \cdot x_{5,6'} \\ T''_{KP} - t''_{5,8'} \cdot c_{5,8'} \cdot x''_{5,8'} = T_2 + t'_{5,6'} \cdot c_{5,6'} \cdot x_{5,6'} \\ T''_{KP} - t'_{7,8'} \cdot c_{7,8'} \cdot x'_{7,8'} = T_2 + t'_{5,6'} \cdot c_{5,6'} \cdot x_{5,6'} \end{cases}$$

Решая эту систему, находим величины переносимых средств, проверяем на допустимость такого решения и определяем новые длительности работ:

$$t'''_{1,2} = t''_{1,2}\left(1 - c_{1,2} \cdot x_{1,2}\right) = 93 \text{дня},$$

$$t'''_{5,8'} = t''_{5,8'}\left(1 - c_{5,8'} \cdot x_{5,8}\right) = 14{,}3 \text{дня},$$

$$t''_{7,8'} = t'_{7,8'}\left(1 - c_{7,8'} \cdot x_{7,8'}\right) = 6{,}3 \text{дня},$$

$$t'_{5,6'} = t_{5,6'}\left(1 + c_{5,6'} \cdot x_{5,6'}\right) = 12{,}3 \text{дня}.$$

Теперь длительности всех четырех путей от исходного события (0) к завершающему (9) стали равными:

$$T_1''' = T_3''' = T_4'' = T_2' = T_{KP}^0 = 43{,}3 \text{ дня}.$$

Оптимизация закончена. Таким образом, применение методов сетевого моделирования позволило выявить экономию 50 - 43,3 = 6,7 дня по переводу коммерческого предприятия на самообслуживание.

Графически этапы оптимизации изображены на рис. 2.8.

Этот последний план является оптимальным, поскольку все его работы лежат на критических путях и не имеют резервов. Следует заметить, что резервы переносились с некритических работ на критические произвольно, поэтому полученный план не является единственным. Вообще можно перебрать все возможные варианты и затем выбрать из них лучший.

Варианты задания

Таблица 4.1

Варианты стандартного задания для выполнения РГЗ

Название проекта - планирование поставки товаров оптовым покупателям

Содержание работы	Работа			Длительность работы, дни														
				Варианты														
	Обозначение, A_i	Предшествующие работы	Коэффициент пересчёта, C	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
Отбор товара	A_1	-	0,1	2	4	5	6	3	4	5	6	3	2	4	5	6	3	2
Подготовка к отправке	A_2	A_1	0,2	3	2	4	5	6	5	6	3	2	4	5	6	2	4	5
Определение объёма отгрузки	A_3	A_1	0,3	1	2	3	4	3	4	2	1	3	4	1	3	4	2	4
Проверка цен	A_4	A_1	0,4	1	2	2	2	1	1	1	2	2	1	2	1	1	2	2
Оформление счёта	A_5	A_4	0,6	1	2	3	4	2	1	3	2	1	4	3	2	2	3	1
Выписка накладной	A_6	A_5	0,5	2	3	4	3	4	2	1	3	4	1	3	4	1	4	3
Заказ автомашины	A_7	A_3, A_6	0,7	3	1	1	2	2	2	1	2	1	2	2	1	2	2	2
Отправка счёта покупателю	A_8	A_5	1,1	1	4	4	3	3	2	2	3	3	4	4	1	1	2	2
Проверка товаров по счёту	A_9	A_8	0,9	4	3	3	2	2	3	3	4	4	1	1	2	4	3	1
Оплата счёта	A_{10}	A_9	0,3	12	10	8	6	14	10	8	6	14	9	8	7	11	9	9
Погрузка товара и проверка количества	A_{11}	A_2,A_7, A_{10}	1,2	3	3	2	1	4	4	3	3	2	2	3	3	4	2	3
Перевозка товара	A_{12}	A_{11}	0,5	4	4	5	6	7	7	6	5	4	5	6	7	5	6	4
Выгрузка и сверка с документами	A_{13}	A_{12}	0,6	7	7	6	5	4	5	6	7	6	5	4	5	4	5	6

Вопросы и задания для самопроверки

1) Дайте определения понятию сетевое планирование.
2) Перечислите достоинства и недостатки графического и аналитического представлений сетевых моделей.
3) Поясните, в каких случаях и зачем выполняется предварительный этап сетевого планирования.
4) Перечислите правила построения сетевой модели.
5) Какие выделяют параметры сетевых моделей? Зачем эти параметры нужны?
6) Какие существуют методики определения параметров сетевых моделей?
7) В чём заключается суть анализа сетевых моделей? Зачем он производится?
8) По каким параметрам и при каких ограничениях производится оптимизация сетевой модели?
9) Перечислите шаги оптимизации сетевой модели.

Практическая работа №2
«Принятие решений в условиях риска»

1. Учебные вопросы, подлежащие рассмотрению:
- Основные типы неопределенности в задачах принятия решений
- Принятие решений в условиях риска
- Принятие решений в условиях неопределённости
- Принятие решений в конфликтных ситуациях
- Стохастические задачи принятия решений

2. Методические рекомендации по подготовке к занятию.

Перед выполнением задания необходимо изучить теоретические вопросы принятия решений в детерминированных задачах, и задачах многокритериальной оптимизации, основанные на принципе Парето. Разобраться в содержании методов преодоления неопределённостей при выборе решений из Парето – оптимального множества решений.

3. Принятие решения в условиях неопределённости и риска

В детерминированных однокритериальных задачах принятия решения выбор и оценка решения осуществляются однозначно в соответствии с заданной целевой функцией. Однако, уже в многокритериальных задачах возникает неопределённость из за необходимости согласованного выбора по множеству критериев, среди которых могут быть и противоречивые. Для устранения этой неопределённости применяют различные формальные (построение обобщённого критерия) и неформальные (определение Парето оптимального множества решений) процедуры.

Задачи принятия решений в условиях неопределённости возникают при необходимости действовать в не полностью определённой ситуации (состоянии среды) в самых разных областях человеческой деятельности: технике, экономике, биологии, экологии и т. д. Основная сложность этой задачи в том, что последствия принимаемого решения зависят от неизвестной ситуации. Величину опасности (неприемлемости) последствий измеряют в условных единицах – потерях, которые может понести ЛПР, и тогда выбирается то решение, при котором потери наименьшие. Потери, которые несёт ЛПР, принимая решение в условиях неопределённости, называют риском

Так как в условиях неопределённости ЛПР неизвестно фактическое состояние среды, то возникает необходимость такого преобразования задачи, когда потери зависят только от принимаемого решения. Для этого ЛПР с помощью формальных или неформальных процедур формулирует гипотезы о потерях при реализации каждой стратегии. Такие гипотезы называют критериями выбора решения в условиях неопределённости, они полностью определяется ЛПР. В результате потери, сопутствующие каждой стратегии, как бы обобщаются относительно некоторого гипотетического состояния среды, и выбор наиболее полезной стратегии осуществляется на основании потерь, соответствующих этому гипотетическому состоянию среды.

Применимость различных критериев выбора зависит от типа неопределённости ситуации. В настоящее время наиболее изучены два типа неопределённостей: неопределённость состояния внешней среды (неопределённость природы) и неопределённость целенаправленного противодействия.

Неопределенность состояния внешней среды (природы) имеет две версии реализации:

1) известно распределение вероятности реализации возможных состояний внешней среды;

2) известно только множество Y состояний внешней среды, из которого оно может быть выбрано.

Первую из этих задач называют задачей принятия решения в условиях риска, вторую – задачей принятия решений в условиях неопределённости, а задачи принятия решения в условиях целенаправленного противодействия – играми.

3.1. Принятие решения в условиях риска

Принятие решения в условия риска – это способ устранения неопределённости, который характеризуется возможностью определить ожидаемые потери и вероятность их возникновения в зависимости от состояния среды.

Вероятность состояния среды, представляется вектором $p = (p_1, p_2, \dots p_m)$, где p_i – вероятность наступления состояния среды с номером i. Такие задачи называют игрой с природой. В этом случае платёжная матрица имеет вид (таблица 1).

Таблица 1. Платёжная матрица с известными функциями распределения вероятности возможных

	Состояние среды				
	1	….	j	…	m
Вероятность состояния	p_1	…	p_j	…	p_m
альтернатива					
1	$a_{1,1}$	…	$a_{1,j}$	…	$a_{1,m}$
…					
i	$a_{i,1}$	…	$a_{i,j}$	…	$a_{i,m}$
…					
n	$a_{n,1}$	…	$a_{n,j}$	…	$a_{n,m}$

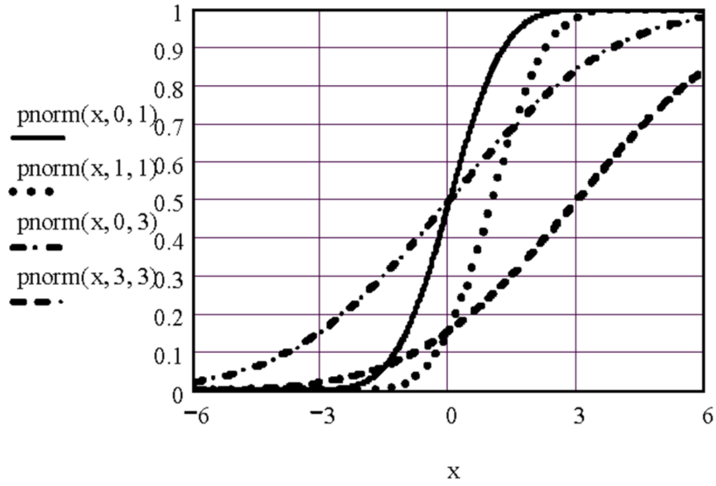
Если выбрать альтернативу с номером i, то ожидаемые потери будут представлены случайной величиной

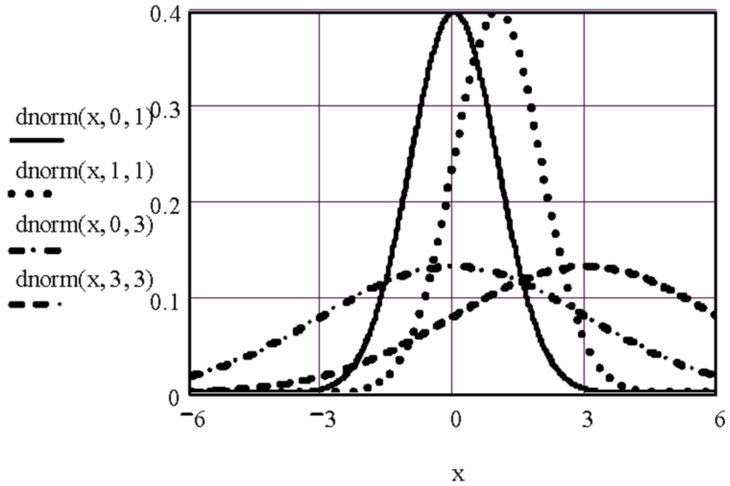
$$\xi_i = \begin{Bmatrix} a_{i,1}, \dots, a_{i,m} \\ p_1, \dots, p_m \end{Bmatrix}$$

с функцией распределения $F(\xi, \Theta)$, где Θ – вектор параметров функции распределения, и сравнение двух альтернатив эквивалентно сравнению функций распределения соответствующих случайных величин.

Функции распределения альтернатив зависят только от значений параметров распределения и не зависят от состояния среды.

Как известно, функция распределения случайной величины позволяет оценивать вероятность попадания случайной величины в заданный интервал, или вероятность того, что её значение не превзойдёт некоторого заданного значения, или значение случайной величины, которого она не превзойдёт при известном значении вероятности этого значения случайной величины и некоторые другие характеристики случайной величины. Ниже на рисунке приведены в качестве примера графики функций распределения и плотности распределения четырёх альтернатив, из которых требуется сделать выбор. Предполагается, что последствия выбора альтернативы распределены нормально. Параметрами нормального распределения служат математическое ожидание и среднее квадратическое отклонение случайной величины.





Анализ этих графиков показывает, что при равных средних квадратических отклонениях функция распределения с большим математическим ожиданием *M* доминирует функцию с меньшим математическим ожиданием и для выбора достаточно сравнить математические ожидания распределений альтернатив и выбрать альтернативу, соответствующую целевой функции. При сравнении альтернатив с разными средними квадратическими отклонениями σ графики функций распределения пересекаются, и до пересечения графиков доминирует одна альтернатива, а после пересечения – другая. Выбор альтернативы только по величине математического ожидания не учитывает этого обстоятельства (характер рассеивания случайной величины), вследствие чего возникает риск выбора не самого лучшего решения.

Пусть, например, в некоторой системе возможно использование двух технологий a_1, a_2, среда может принимать одно из трёх состояний - b_1, b_2, b_3. Известно, что состояние среды b_1 реализуется с вероятностью 0.375, состояние b_2 – с вероятностью 0.5, состояние b_3 – с вероятностью 0.125. Последствия выбора альтернативы для каждого состояния среды оцениваются величинами, приведёнными в таблице 2.

Таблица 2 Матрица оценки последствий выбора технологии.

Вероятность состояния среды	*0.375*	*0.5*	*0.125*	*Математическое ожидание ущерба M_{ai}*
	b1	*b2*	*b3*	
a1	*16*	*18*	*14*	*17.5*
a2	*8*	*15*	*40*	*15.5*

Спрашивается, какую технологию следует выбрать, чтобы минимизировать ущерб от последствий выбора?

В качестве критерия сравнения альтернатив примем математическое ожидание «ущерба» от аварийной ситуации, значение которой приведено в последней колонке платёжной матрицы. Очевидно, что оптимальной альтернативой (ущерб наименьший) является альтернатива a_2.

Однако критерий математического ожидания ущерба предполагает, что имеется возможность многократной реализации рассматриваемой ситуации. В действительности эта возможность отсутствует, и решение принимается при однократной реализации. Поэтому при выборе альтернативы a_2 мы получим не значение M_{a2}, а одно из практически возможных значений 8, 15 или 40 единиц ущерба. Потери, связанные с выбором конкретной альтернативы, оцениваются для каждой альтернативы разностями между конкретными значениями ущерба и его математическим ожиданием. Вычислим эти потери и составим таблицу 3.

Таблица 3. Отклонения реального ущерба от математического ожидания

	b1	*b2*	*b3*	*M_{ai}*
	0.375	*0.5*	*0.125*	
a_1	1.5	- 0.5	3.5	17.5
a_2	8	1	-24	15.5

Приведённые в этой таблице результаты, показывают, что, имея близкие значения M_{ai}, альтернативы по-разному характеризуются возможными потерями: для альтернативы a_1 колебания величины потерь невелико, а для альтернативы a_2 более существенно. Поэтому критерий выбора, основанный на величине математического ожидания (ожидаемого выигрыша), необходимо дополнить характеристикой отклонений случайной величины от её математического ожидания. В теории вероятностей мерой такого отклонения служит дисперсия *D*. Для рассматриваемого примера σ_{a1} = 1.4, σ_{a2} = 9.8. Использование значения σ удобнее, так как оно имеет размерность одинаковую с размерностью математического ожидания.

Таким образом, в условиях риска выбор альтернативы характеризуется двумя показателями: математическим ожиданием выигрыша и его среднеквадратическим отклонением σ. Тогда фактически получается задача двухкритериальной оптимизации с частными критериями M и σ и её решение основывается или на определении Парето оптимального множества решений или на построении обобщённого критерия.

Варианты к заданию **«Принятие решений в условиях риска»**

Номер варианта	Задание	Номер варианта	Задание
1	$U = \begin{pmatrix} 5 & 1 & 2 & 3 & 4 & 3 \\ 0 & 3 & 3 & 0 & 3 & 3 \\ 2 & 1 & 0 & 1 & 2 & 1 \\ 4 & 5 & 4 & 2 & 3 & 1 \end{pmatrix}.$	11	$U = \begin{pmatrix} 3 & 6 & 4 & 6 & 5 & 2 \\ 5 & 6 & 6 & 0 & 0 & 4 \\ 3 & 0 & 2 & 0 & 5 & 1 \\ 6 & 1 & 5 & 2 & 2 & 4 \end{pmatrix}.$
2	$U = \begin{pmatrix} 4 & 3 & 2 & 6 & 5 & 5 \\ 3 & 3 & 1 & 4 & 1 & 5 \\ 3 & 2 & 1 & 5 & 0 & 2 \\ 4 & 0 & 6 & 5 & 0 & 5 \end{pmatrix}.$	12	$U = \begin{pmatrix} 2 & 5 & 0 & 0 & 3 & 1 \\ 5 & 4 & 1 & 7 & 1 & 3 \\ 2 & 2 & 1 & 3 & 2 & 1 \\ 5 & 5 & 7 & 4 & 5 & 7 \end{pmatrix}.$
3	$U = \begin{pmatrix} 4 & 5 & 3 & 2 & 7 & 1 \\ 5 & 7 & 6 & 3 & 2 & 3 \\ 2 & 7 & 5 & 6 & 2 & 7 \\ 3 & 2 & 5 & 3 & 2 & 2 \end{pmatrix}.$	13	$U = \begin{pmatrix} 5 & 0 & 4 & 3 & 2 & 2 \\ 5 & 5 & 2 & 3 & 4 & 3 \\ 2 & 1 & 6 & 4 & 2 & 6 \\ 5 & 6 & 3 & 3 & 1 & 5 \end{pmatrix}.$
4	$U = \begin{pmatrix} 6 & 5 & 7 & 0 & 2 & 1 \\ 4 & 8 & 1 & 6 & 4 & 6 \\ 4 & 1 & 3 & 8 & 2 & 5 \\ 0 & 8 & 0 & 8 & 5 & 0 \end{pmatrix}.$	14	$U = \begin{pmatrix} 4 & 1 & 6 & 6 & 1 & 7 \\ 7 & 6 & 1 & 3 & 6 & 3 \\ 2 & 2 & 3 & 7 & 0 & 7 \\ 5 & 7 & 5 & 1 & 3 & 1 \end{pmatrix}.$
5	$U = \begin{pmatrix} 5 & 6 & 3 & 7 & 4 & 3 \\ 3 & 2 & 4 & 3 & 3 & 3 \\ 7 & 6 & 6 & 5 & 7 & 6 \\ 4 & 6 & 3 & 5 & 4 & 6 \end{pmatrix}.$	15	$U = \begin{pmatrix} 6 & 4 & 7 & 0 & 4 & 2 \\ 6 & 0 & 0 & 5 & 2 & 4 \\ 4 & 1 & 7 & 3 & 2 & 4 \\ 2 & 7 & 6 & 0 & 0 & 6 \end{pmatrix}.$
6	$U = \begin{pmatrix} 3 & 0 & 2 & 4 & 6 & 3 \\ 5 & 2 & 1 & 6 & 2 & 2 \\ 2 & 3 & 2 & 6 & 6 & 7 \\ 1 & 2 & 7 & 4 & 2 & 4 \end{pmatrix}.$	16	$U = \begin{pmatrix} 2 & 2 & 5 & 2 & 3 & 4 \\ 6 & 4 & 0 & 5 & 5 & 4 \\ 0 & 4 & 0 & 2 & 6 & 7 \\ 5 & 1 & 5 & 5 & 2 & 2 \end{pmatrix}.$
7	$U = \begin{pmatrix} 0 & 6 & 6 & 3 & 3 & 0 \\ 3 & 3 & 1 & 3 & 1 & 6 \\ 6 & 2 & 6 & 3 & 4 & 3 \\ 4 & 4 & 6 & 5 & 3 & 3 \end{pmatrix}.$	17	$U = \begin{pmatrix} 6 & 3 & 0 & 8 & 7 & 5 \\ 3 & 4 & 2 & 7 & 3 & 8 \\ 1 & 7 & 4 & 1 & 5 & 2 \\ 2 & 1 & 3 & 5 & 8 & 5 \end{pmatrix}.$
8	$U = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 4 \\ 2 & 5 & 3 & 5 & 4 & 1 \\ 5 & 2 & 6 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 4 & 6 \end{pmatrix}.$	18	$U = \begin{pmatrix} 2 & 5 & 2 & 0 & 7 & 5 \\ 5 & 2 & 3 & 1 & 7 & 5 \\ 6 & 6 & 1 & 3 & 3 & 4 \\ 1 & 5 & 3 & 3 & 6 & 2 \end{pmatrix}.$
9	$U = \begin{pmatrix} 4 & 3 & 6 & 4 & 5 & 0 \\ 6 & 2 & 4 & 6 & 0 & 5 \\ 3 & 6 & 2 & 0 & 2 & 2 \\ 2 & 5 & 6 & 6 & 0 & 4 \end{pmatrix}.$	19	$U = \begin{pmatrix} 7 & 6 & 5 & 3 & 5 & 3 \\ 3 & 7 & 2 & 5 & 3 & 3 \\ 5 & 2 & 4 & 5 & 6 & 5 \\ 1 & 5 & 4 & 3 & 2 & 3 \end{pmatrix}.$
10	$U = \begin{pmatrix} 5 & 4 & 1 & 5 & 2 & 6 \\ 4 & 5 & 1 & 1 & 4 & 4 \\ 4 & 3 & 1 & 4 & 6 & 4 \\ 2 & 3 & 2 & 4 & 4 & 3 \end{pmatrix}.$	20	$U = \begin{pmatrix} 0 & 6 & 5 & 5 & 2 & 0 \\ 7 & 3 & 6 & 4 & 4 & 3 \\ 4 & 2 & 5 & 3 & 2 & 1 \\ 2 & 5 & 5 & 6 & 5 & 3 \end{pmatrix}.$

Вектор вероятностей состояний среды для всех вариантов
p = (0.1 0.2 0.2 0.1 0.15 0.25)

Практическая работа №3
«Принятие решений в условиях конфликта»

1. Учебные вопросы, подлежащие рассмотрению:
- Основные типы неопределенности в задачах принятия решений
- Принятие решений в условиях риска
- Принятие решений в условиях неопределённости
- Принятие решений в конфликтных ситуациях
- Стохастические задачи принятия решений

2. Методические рекомендации по подготовке к занятию.

Перед выполнением задания необходимо изучить теоретические вопросы принятия

решений в детерминированных задачах, и задачах многокритериальной оптимизации,

основанные на принципе Парето. Разобраться в содержании методов преодоления

неопределённостей при выборе решений из Парето – оптимального множества решений.

3. Принятие решения в условиях конфликта

Задачи принятия решений в условиях конфликта изучаются в теории игр. Участвующие в конфликте стороны заинтересованы в том, чтобы скрыть от противника свои намерения. Основой теории игр является формализация понятий конфликта, принятия решения в нём и полезности (оптимальности) этого решения.

Содержательно конфликтом считают всякое явление, относительно которого можно говорить о его участниках, об их действиях, об исходах явления, к которым эти действия приводят, о сторонах заинтересованных в этих исходах и о сущности этой заинтересованности.

Участников конфликта называют игроками, их возможные действия – стратегиями, исходы конфликта – ситуациями, заинтересованные стороны – участники конфликта, сущность заинтересованности – возможные предпочтения одной ситуации перед другой для каждого игрока. Конкретизация этих понятий приводит к разнообразным частным классам игр.

Принятием решения в теории игр считается выбор игроком своей стратегии. Вопрос о формализации понятия полезности (оптимальности) принимаемого решения является сложным. Единого представления о нём нет, и поэтому рассматриваются разные версии, но в основе каждой из них лежит интуитивное представление о полезности, как о чём - то устойчивом и справедливом. Формализация тих представлений определяется системой аксиом.

Ситуации, удовлетворяющие в игре требованиям полезности (оптимальности) называются решениями игры. Ограничимся рассмотрением игр двух участников с прямо противоположными (антагонистическими) интересами. Формально эта противоположность выражается в том, что при переходе от одной ситуации к другой увеличение выигрыша одного игрока влечёт численно равное уменьшение выигрыша другого. Сумма выигрышей игроков в любой ситуации постоянна (её можно считать равной нулю). Для некоторых военных операций, спортивных игр, деловых решений в условиях конкуренции и многих других явлений антагонистические игры являются хорошей моделью.

Антагонистическая игра задаётся множествами A и B стратегий игроков и вещественной функцией H, определённой на множестве $A\times B$ и являющейся функцией выигрыша первого игрока (функция выигрыша второго игрока равна $-H$). Процесс игры состоит в выборе игроками некоторых своих стратегий $a\in A$, $b\in B$, после чего первый игрок получает от второго сумму $H(a,b)$. Разумное (осторожное) поведение игроков в антагонистической игре осуществляется на основании принципа максимина. Если

$$\max_{a\in A}\min_{b\in B} H(a,b) = \min_{b\in B}\max_{a\in A} H(a,b),$$

то у каждого игрока существует оптимальная осторожная стратегия. Эта стратегия называется «чистой» стратегией. Однако уже в самых простых ситуациях принцип максимина может не выполняться.

Если множества A и B конечны, то антагонистическая игра называется матричной игрой. Если первый игрок имеет m стратегий, а второй – n стратегий, то матричная игра может быть задана $m\times n$ матрицей $A = \{a_{i,j}\}$. Матричные игры моделируют широкий круг конфликтных антагонистических ситуаций с двумя участниками и конечным множеством возможных действий у каждого из них. Иногда под одним из игроков понимается «природа», как совокупность всех обстоятельств, неизвестных принимающему решение другому игроку. Такие игры называют играми с природой. Они возникают при необходимости учёта природных и других неконтролируемых факторов, не находящихся в распоряжении какого либо лица. При этом природе приписывается роль «сознательного противника» – антагониста.

Для решения матричной игры необходимо найти оптимальные стратегии игроков и цену игры.

Практическое правило для решения матричной игры следующее. К платёжной матрице A добавим один столбец справа и одну строку снизу. В ячейки столбца запишем минимальное значение платежа соответствующей строки, а в ячейки строки – максимальное значение соответствующего столбца.

Таблица 6. Решение матричной игры

	Стратегии	Игрок 2		min
		S	*T*	
Игрок 1	*P*	-2	2	-2
	Q	-1	3	-1
	R	1	2	1
max		1	3	$v_1 = v_2 = 1$

Первый игрок будет выбирать стратегию, которая гарантирует ему максимальный выигрыш независимо от выбора стратегии второго игрока. Поэтому он выберет стратегию, при которой он будет иметь максимальный выигрыш из возможных минимальных выигрышей (в столбце *min* это элемент, соответствующий стратегии *R* первого игрока), т.е. гарантированный выигрыш первого игрока

$$v_1 = \max_i \min_j a_{i,j}.$$

Этот выигрыш v_1 называют нижней ценой игры, а соответствующую стратегию – максиминной стратегией первого игрока.

Второй игрок, стараясь минимизировать проигрыш, выберет стратегию, гарантирующую наименьший из максимально возможных проигрышей, т.е. стратегию

$$v_2 = \min_j \max_i a_{i,j}, \qquad (7)$$

которую называют минимаксной стратегией. Число v_2 называют верхней ценой игры. Если $v_1 = v_2 = v$, то число v называют ценой игры. Игры, для которых $v_1=v_2= v$, называют играми с седловой точкой.

Седловых точек может быть несколько. Однако цена игры во всех седловых точках одна и та же. Если один из игроков применяет стратегию, соответствующую одной из седловых точек, то при этом ему обеспечен выигрыш не меньше цены игры. Если и второй игрок применяет стратегию, соответствующую какой либо седловой точке, то и ему обеспечен проигрыш не более цены игры. Одностороннее отклонение от седловой точки не выгодно ни одному из игроков. Такое отклонение может в лучшем случае оставить выигрыш (проигрыш) неизменным, а в худшем случае – уменьшить (увеличить) его. Таким образом, в играх с седловой точкой оптимальные стратегии обладают своеобразной устойчивостью: если один из игроков применяет свою оптимальную стратегию, то для другого всегда невыгодно отклоняться от своей оптимальной стратегии.

К классу игр, имеющих седловую точку, относятся игры, в которых каждый игрок знает результаты всех предыдущих ходов. Такие игры называются играми с полной информацией. Примерами игр с полной информацией служат шашки, шахматы, «крестики – нолики» и т.д. В теории игр доказано, что каждая игра с полной информацией имеет седловую точку, т.е. имеется пара оптимальных стратегий противников, дающая устойчивый выигрыш, равный чистой цене игры.

Не всякая матричная игра приводит к решениям с единственным оптимальным выбором для обоих игроков. Это значит, что ни один из игроков не может выбрать чистую оптимальную стратегию. В этом случае каждый из игроков достигает уменьшения риска использованием смешанных стратегий. Формально смешанной стратегией называют n – мерный вероятностный вектор p, координаты которого неотрицательны и сумма их равна 1. Значения координат вектора интерпретируются как вероятности выбора стратегии.

Смешанные стратегии реализуются случайным выбором чистых стратегий с вероятностями, заданными в векторе p. Например, пусть для первого игрока смешанная стратегия задана вектором $(x_1, x_2,\dots, x_n)$, а для второго – вектором $(y_1,y_2,\dots,y_m)$. Так как какая то из стратегий обязательно реализуется, то

$$\sum_i x_i = 1, \quad \sum_i y_i = 1.$$

Это значит, что первый игрок будет выбирать стратегию с номером i с вероятностью x_i, а второй игрок стратегию с номером j – с вероятностью y_j. Полагая, что игроки выбирают стратегии независимо друг от друга, вероятность события (i,j) очевидно равна

$$p_{i,j} = x_i y_j.$$

В результате применения смешанных стратегий выигрыш (проигрыш) становится случайной величиной

$$\xi = \begin{bmatrix} a_{i,j} \\ p_{i,j} \end{bmatrix}_{(i=\overline{1,m};\, j=\overline{1,m})} \quad (8)$$

Математическое ожидание этой случайной величины и есть выигрыш (проигрыш) первого (второго) игрока в смешанных стратегиях (x,y)

$$M\xi = \sum_{i,j} p_{i,j} \cdot a_{i,j} = F_A(x,y). \quad (9)$$

Следовательно, исходной платёжной матрице A соответствует новая платёжная матрица $F_A(x,y)$ игры в смешанных стратегиях. В теории игр доказано, что игра в смешанных стратегиях всегда имеет седловую точку, т.е. такая игра всегда имеет цену, и каждый игрок имеет оптимальную смешанную стратегию. Если игра размерности $m \times n$ не имеет в чистых стратегиях седловой точки, то при больших значениях m и n решить её достаточно трудно. В некоторых случаях такую задачу удаётся упростить исключением дублирующих или заведомо невыгодных стратегий. Например, пусть имеем игру с матрицей (таблица 7)

Таблица 7. Матрица игры

$A \setminus B$	B_1	B_2	B_3	B_4
A_1	1	3	4	2
A_2	0	2	3	2
A_3	1	3	4	2
A_4	5	4	2	1

Очевидно, что стратегии A_1 и A_3 совпадают и поэтому любую из них можно вычеркнуть.

Сравнивая стратегии A_1 и A_2, убеждаемся, что первая из них доминирует вторую и, следовательно, стратегия A_2 заведомо невыгодная и должна быть вычеркнута. После вычёркивания стратегий A_2 и A_3 получаем значения, приведенные в таблице 8.

Таблица 8. Матрица игры

$A \setminus B$	B_1	B_2	B_3	B_4
A_1	1	3	4	2
A_4	5	4	2	1

Для противника стратегия B_2 и B_3 заведомо невыгодные по сравнению со стратегией B_4, и тоже должны быть вычеркнуты. В итоге получаем матрицу игры (таблица 9)

Таблица 9. Матрица игры

A \ B	B_1	B_4
A_1	1	2
A_4	5	1

Наиболее простые конечные игры имеют размерность *2×2* и *2×m*. Рассмотрим игру *2×2* без седловой точки с матрицей (таблица 10)

Таблица 10. Матрица игры

A\B	B_1	B_2
A_1	a_{11}	a_{12}
A_2	a_{21}	a_{22}

Требуется найти оптимальную смешанную стратегию игрока *A*:

$$S_A^* = \begin{pmatrix} A_1 & A_2 \\ p_1 & p_2 \end{pmatrix}$$

Эта стратегия имеет свойство: при любых полезных стратегиях противника выигрыш будет равен цене игры υ. В игре *2×2* обе стратегии противника – полезные, так как иначе игра имела бы решение в чистых стратегиях (седловую точку). Следовательно, если игрок *A* придерживается своей оптимальной стратегии, то игрок *B* может пользоваться любой из своих чистых стратегий и при этом цена игры не изменится. Поэтому можем записать систему уравнений

$$\begin{cases} a_{11} \cdot p_1 + a_{21} \cdot p_2 = \upsilon \\ a_{12} \cdot p_1 + a_{22} \cdot p_2 = \upsilon, \\ p_1 + p_2 = 1, \end{cases} \qquad (10)$$

из решения которой найдём

$$p_1 = \frac{a_{22} - a_{21}}{a_{11} + a_{22} - a_{12} - a_{21}}$$

$$\nu = \frac{a_{11} \cdot a_{22} - a_{21} \cdot a_{12}}{a_{11} + a_{22} - a_{12} - a_{21}} \ .$$

$$p_2 = 1 - p_1$$

Для определения оптимальной смешанной стратегии игрока *B*, при известной цене игры, достаточно двух уравнений

$$a_{11} \cdot q_1 + a_{12} \cdot q_2 = \nu \ ,$$

$$q_1 + q_2 = 1$$

(11)

из решения которых получим

$$q_1 = \frac{v - a_{12}}{a_{11} - a_{12}}.$$

$$q_2 = 1 - q_1$$

Решение игры *2×2* имеет простую геометрическую интерпретацию (рисунок 1).

Пусть имеется игра *2×2* с матрицей (таблица 11)

Таблица 11. Матрица игры

$A\backslash B$	B_1	B_2
A_1	a_{11}	a_{12}
A_2	a_{21}	a_{22}

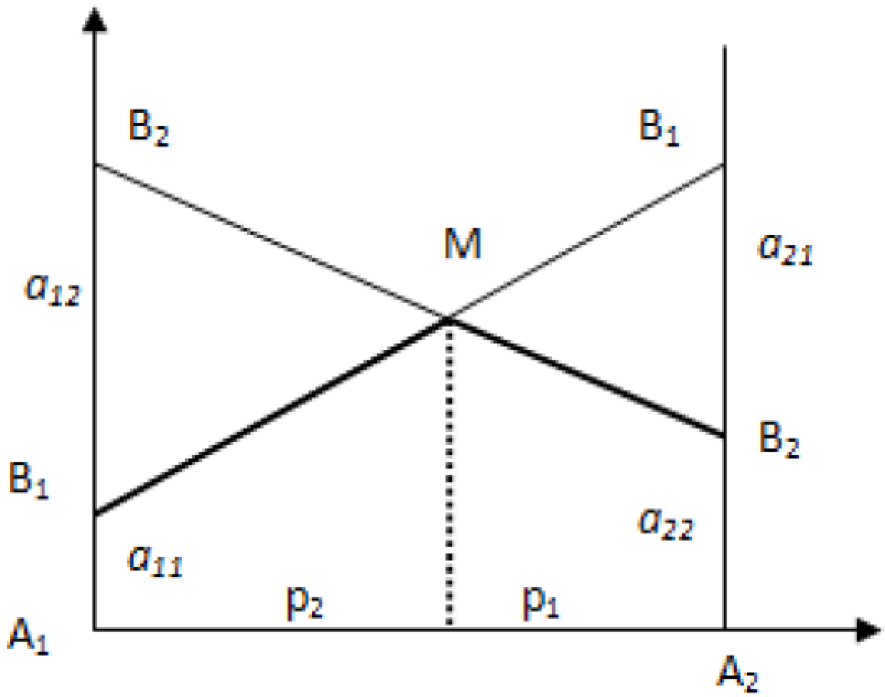


Рисунок 1. Геометрическая интерпретация игры 2×2

На оси абсцисс возьмём отрезок длиной 1. Граничная точка слева будет соответствовать чистой стратегии A_1, а справа – чистой стратегии A_2. Через граничные точки проведём линии, перпендикулярные к оси абсцисс, и на них будем отмечать выигрыши при стратегии A_1 и A_2 соответственно.

Пусть противник применяет стратегию B_1. Тогда на оси A_1 и A_2 можем отметить точки соответствующих выигрышей a_{11} и a_{21}, через которые проведём линию B_1B_1. Аналогичным образом построим линию B_2B_2. Точки этих линий определяют выигрыш первого игрока в смешанных стратегиях при условии, что второй игрок применяет чистую стратегию B_1 или B_2 соответственно. Мы ищем смешанную стратегию для первого игрока, при которой его возможный минимальный выигрыш будет наибольшим, независимо от того, какую стратегию применит второй игрок. Для этого построим нижнюю границу выигрыша при стратегиях B_1 и B_2. На рисунке эта граница показана жирной линией. Эта линия выражает оптимальный выигрыш игрока *A* при любых его смешанных стратегиях. Найдём координаты точки *M* пересечения линий *B1B1* и *B2B2*, в которой минимальный выигрыш игрока *A* достигает максимума. Ордината этой точки равна цене игры, а абсцисса равна *p2* – вероятности (частоте) применения стратегии *A2* в оптимальной смешанной стратегии S^*_A.

Таким образом, любая игра 2×2 может быть решена элементарными приёмами. Совершенно аналогично может быть решена любая игра 2×*n*. Матрица такой игры состоит из двух строк и *n* столбцов.

Например, пусть *n* = 4. Как и в случае игры 2×2, строим нижнюю границу выигрыша (на рисунке 2 жирная линия) и находим на ней точку *N* с максимальной ординатой. Эта точка даёт решение игры

$$S_A^* = \begin{pmatrix} A_1 & A_2 \\ p_1 & p_2 \end{pmatrix}.$$

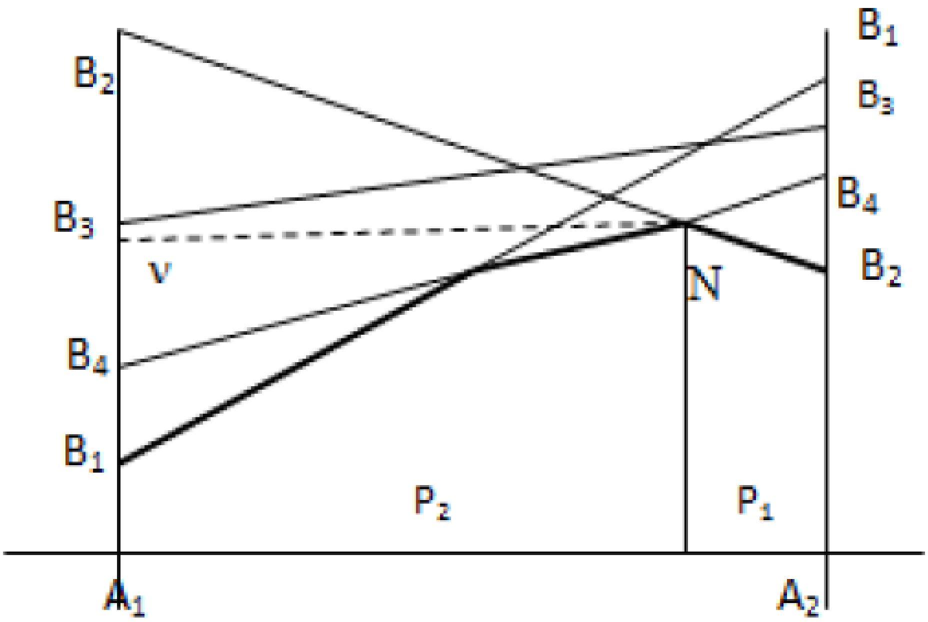


Рисунок 2. Геометрическая интерпретация игры 2×4

Ордината точки *N* равна цене игры, а абсцисса равна вероятности (частоте) *p2* стратегии *A2*.

Анализируя рисунок, замечаем, что оптимальная стратегия противника получается применением двух полезных стратегий *B2* и *B4*, пересекающихся в точке *N*. Стратегия *B3* заведомо невыгодна, а стратегия *B1* невыгодна при оптимальной стратегии S^*_A.

Для заданной матрицы игры установить

1. Имеются ли доминирующие стратегии?
2. Имеет ли игра седловую точку?
3. Найти решение игры графически.
4. Определить полезные стратегии.

Варианты задания

«Принятие решений в условиях конфликта»

Номер варианта	Матрица игры	Примечание	Номер варианта	Матрица игры	Примечание
1	$U = \begin{pmatrix} 3 & 0 & 4 & 5 \\ 5 & 1 & 2 & 2 \end{pmatrix}$,		13	$U = \begin{pmatrix} 5 & 9 & 7 & 4 \\ 1 & 7 & 10 & 4 \end{pmatrix}$,	
2	$U = \begin{pmatrix} 1 & 3 & 1 & 2 \\ 5 & 4 & 0 & 2 \end{pmatrix}$,		14	$U = \begin{pmatrix} 6 & 1 & 5 & 7 \\ 4 & 10 & 5 & 5 \end{pmatrix}$,	
3	$U = \begin{pmatrix} 26 & 26 & 41 & 5 \\ 47 & 24 & 46 & 18 \end{pmatrix}$,		15	$U = \begin{pmatrix} 8 & 7 & 1 & 10 \\ 6 & 9 & 9 & 5 \end{pmatrix}$,	
4	$U = \begin{pmatrix} 7 & 10 & 0 & 0 \\ 3 & 8 & 2 & 10 \end{pmatrix}$,		16	$U = \begin{pmatrix} 8 & 7 & 9 & 6 \\ 2 & 8 & 3 & 6 \end{pmatrix}$,	
5	$U = \begin{pmatrix} 6 & 2 & 6 & 5 \\ 1 & 3 & 1 & 2 \end{pmatrix}$,		17	$U = \begin{pmatrix} 8 & 1 & 3 & 11 \\ 8 & 6 & 6 & 6 \end{pmatrix}$,	
6	$U = \begin{pmatrix} 2 & 7 & 6 & 3 \\ 3 & 2 & 3 & 2 \end{pmatrix}$,		18	$U = \begin{pmatrix} 8 & 0 & 8 & 2 \\ 2 & 4 & 4 & 9 \end{pmatrix}$,	
7	$U = \begin{pmatrix} 6 & 1 & 1 & 2 \\ 7 & 10 & 6 & 1 \end{pmatrix}$,		19	$U = \begin{pmatrix} 5 & 8 & 1 & 4 \\ 1 & 1 & 6 & 5 \end{pmatrix}$,	
8	$U = \begin{pmatrix} 7 & 5 & 8 & 3 \\ 10 & 9 & 6 & 1 \end{pmatrix}$,		20	$U = \begin{pmatrix} 3 & 8 & 3 & 9 \\ 7 & 4 & 2 & 2 \end{pmatrix}$,	
9	$U = \begin{pmatrix} 5 & 0 & 7 & 7 \\ 2 & 10 & 9 & 9 \end{pmatrix}$,		21	$U = \begin{pmatrix} 1 & 15 & 14 & 12 \\ 9 & 2 & 12 & 1 \end{pmatrix}$,	
10	$U = \begin{pmatrix} 6 & 7 & 8 & 4 \\ 7 & 9 & 4 & 5 \end{pmatrix}$,		22	$U = \begin{pmatrix} 6 & 1 & 9 & 3 \\ 10 & 3 & 4 & 2 \end{pmatrix}$,	
11	$U = \begin{pmatrix} 3 & 8 & 11 & 5 \\ 12 & 4 & 7 & 11 \end{pmatrix}$,		23	$U = \begin{pmatrix} 4 & 4 & 6 & 6 \\ 7 & 6 & 3 & 0 \end{pmatrix}$,	
12	$U = \begin{pmatrix} 2 & 5 & 6 & 5 \\ 10 & 7 & 1 & 5 \end{pmatrix}$,		24	$U = \begin{pmatrix} 0 & 8 & 2 & 7 \\ 3 & 8 & 10 & 3 \end{pmatrix}$,	

Практическая работа №4
«Принятие решений в условиях неопределенности»

1. Учебные вопросы, подлежащие рассмотрению:
- Основные типы неопределенности в задачах принятия решений
- Принятие решений в условиях риска
- Принятие решений в условиях неопределённости
- Принятие решений в конфликтных ситуациях
- Стохастические задачи принятия решений

2. Методические рекомендации по подготовке к занятию.

Перед выполнением задания необходимо изучить теоретические вопросы принятия

решений в детерминированных задачах, и задачах многокритериальной оптимизации,

основанные на принципе Парето. Разобраться в содержании методов преодоления

неопределённостей при выборе решений из Парето – оптимального множества решений.

3 Задача принятия решений в условиях неопределённости

От задачи принятия решения в условиях риска, данная задача отличается тем, что неизвестны вероятности состояний среды, т. е. неизвестны функции распределения потерь для каждой альтернативы.

Для преодоления возникающей проблемы необходимо сформулировать гипотезы о состоянии среды, позволяющие получить для каждой альтернативы числовую оценку полезности решения (потери) и по этой информации осуществить выбор, соответствующий этому гипотетическому состоянию. В простейшем случае множество X альтернатив и множество Y состояний среды - конечные множества и целевую функцию можно задать таблицей (матрицей Q), строки которой соответствуют какой либо альтернативе, а столбцы – состоянию среды. Тогда элемент $q_{i,j}$ матрицы Q – оценка эффективности альтернативы с номером i, соответствующая состоянию среды с номером j. Матрицу Q называют платёжной матрицей или матрицей потерь.

Для принятия решения необходимо для каждой стратегии ввести оценку, соответствующую какому либо критерию выбора. Чаще всего используют один из следующих четырёх критериев.

Критерий Лапласа основан на принципе равновозможности вариантов состояния среды и применяется, когда невозможно отдать предпочтение ни одному из них. Оценка альтернативы с номером i принимается равной среднему арифметическому элементов строки платёжной матрицы с этим же номером

$$L(i) = \frac{1}{m}\sum_{j=0}^{m-1} q_{i,j}.$$

Например, пусть дана матрица

$$U = \begin{pmatrix} 0 & 2 & 5 & 3 & 7 & 1 \\ 6 & 3 & 1 & 1 & 9 & 1 \\ 0 & 5 & 5 & 1 & 4 & 0 \\ 7 & 4 & 8 & 8 & 5 & 4 \end{pmatrix}$$

Критерий Лапласа для этой матрицы равен

$$L = \begin{pmatrix} 3 \\ 3.5 \\ 2.5 \\ 6 \end{pmatrix} \qquad \max(L) = 6$$

Любые две альтернативы сравнимы между собой по критерию Лапласа: лучшая альтернатива имеет большую (меньшую) оценку, а оптимальная - максимальную (минимальную) оценку. Недостатки этого критерия связаны с эффектом сглаживания отдельных оценок при вычислении критерия.

Критерий Вальда основан на принципе минимакса (максимина). Минимакс – значение функции $f(x,y)$, которое она принимает, когда сначала выбирается максимум по y из множества Y, а затем – минимум по x из множества X.

Оценка альтернативы с номером i в соответствии с критерием Вальда выполняется по одной из формул

$$W(i) = \begin{cases} \min\limits_{i} \max\limits_{j} q_{i,j}, \\ \max\limits_{i} \min\limits_{j} q_{i,j} \end{cases} \qquad (2)$$

Выбор одной из этих формул зависит от цели. Первая формула позволяет выбрать стратегию с наименьшими максимальными потерями, а вторая - с наибольшими минимальными потерями. Например, для матрицы U

$$U = \begin{pmatrix} 4 & 8 & 6 & 2 & 7 & 4 \\ 0 & 5 & 5 & 7 & 6 & 7 \\ 1 & 3 & 2 & 1 & 7 & 5 \\ 2 & 0 & 7 & 2 & 5 & 1 \end{pmatrix}$$

найдём

$$MaxUi = \begin{pmatrix} 8 \\ 7 \\ 7 \\ 7 \end{pmatrix} \quad MinmaxU = 7 \quad MinUi = \begin{pmatrix} 2 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix} \quad MaxminU = 2$$

Содержательный смысл критерия Вальда состоит в том, что при его использовании выбранная стратегия обеспечивает или минимум максимально возможных потерь (*minmax)*, или максимум минимально возможных доходов *(maxmin)*.

Критерий Гурвица основан на задании для любой альтернативы с номером строки *i* субъективной вероятности α наибольших (A) и (1-α) наименьших (a) потерь, вычислении по этим данным значения

$$H(i) = \alpha A_i + (1-\alpha)a_i \qquad (3)$$

и выборе альтернативы с экстремальным значением *H*.

Например, при α=0.5

$$U = \begin{pmatrix} 7 & 7 & 9 & 5 & 2 & 7 \\ 3 & 6 & 0 & 2 & 5 & 7 \\ 4 & 6 & 4 & 6 & 5 & 6 \\ 5 & 1 & 4 & 4 & 6 & 1 \end{pmatrix} \qquad H = \begin{pmatrix} 5.5 \\ 3.5 \\ 5 \\ 3.5 \end{pmatrix} \qquad \max H = 5.5$$

Критерий Гурвица учитывает только наилучший и наихудший исходы. Это обстоятельство относят к недостаткам данного критерия, как и субъективность определения значения α.

Критерий Сэвиджа основан на вычислении максимальной утерянной выгоды при различных вариантах действий, и выборе того варианта действий, который минимизирует максимальную утерянную выгоду. Матрица *U* преобразуется в матрицу *R* утерянной выгоды по правилу

$$r_{i,j} = \max_{j} U_{i,j} - U_{i,j} \qquad (4)$$

Например,

$$U = \begin{pmatrix} 7 & 7 & 9 & 5 & 2 & 7 \\ 3 & 6 & 0 & 2 & 5 & 7 \\ 4 & 6 & 4 & 6 & 5 & 6 \\ 5 & 1 & 4 & 4 & 6 & 1 \end{pmatrix} \qquad r = \begin{pmatrix} 2 & 2 & 0 & 4 & 7 & 2 \\ 4 & 1 & 7 & 5 & 2 & 0 \\ 2 & 0 & 2 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 5 & 2 & 2 & 0 & 5 \end{pmatrix} \qquad \mathrm{maxr} = \begin{pmatrix} 7 \\ 7 \\ 2 \\ 5 \end{pmatrix} \qquad \mathrm{minmaxr} = 2$$

Оптимальной по критерию Сэвиджа считается альтернатива минимизирующая утерянную выгоду

$$S(i) = \min_{i}(\max_{j} q_{i,j} - q_{i,j}). \qquad (5)$$

Рассмотрим пример. Пусть требуется из четырёх вариантов (A_1, A_2, A_3, A_4) выбрать проект технологии. Последствия, связанные с выбором, зависят от некоторого множества неопределённых факторов, которые определяют состояние среды. Пусть определено четыре варианта (B_1 , B_2, B_3, B_4) состояний среды. Эффективность выбора, какого либо варианта при различных состояниях среды определяется платёжной матрицей

Таблица 4. Платежная матрица

	B_1	B_2	B_3	B_4
A_1	7	5	1	10
A_2	5	2	8	4
A_3	1	3	4	12
A_4	8	5	1	10

Какой вариант является оптимальным? Рассмотрим решение этой задачи при помощи рассмотренных критериев.

Таблица 5. Оптимальные варианты решения

	$L(i)$	$W(i)$	$H_\alpha(i)$, $\alpha = 1/2$	$S(i)$
X_1	23 / 4	1	11 / 2	**7**
X_2	19 /4	**2**	10 / 2	8
X_3	20 / 4	1	**13 / 2**	**7**
X_4	**24 / 4**	1	11 / 2	**7**

Оптимальные по каждому критерию варианты в таблице выделены жирным шрифтом. Для разных критериев получаем разные оптимальные решения. Это обусловлено тем, что критерии основываются на различных гипотезах о состоянии среды. Использование той или иной гипотезы снимает неопределённость, но гипотеза это лишь предположение, которое не обязательно совпадает с истинным состоянием среды.

Поэтому, если позволяют обстоятельства, рекомендуется рассмотреть весь диапазон возможных состояний среды и составить представление об эффективности решений в этом диапазоне. Решение оптимальное для заданного диапазона состояний среды называется локально оптимальным. Совокупность локально оптимальных решений для всего диапазона состояний среды и даёт представление об эффективности решения и её зависимости от состояния среды. Совершенно очевидно, что неопределённость при этом сохраняется. Поэтому неразумно предъявлять к точности решения слишком высокие требования и лучше вместо строго оптимального решения выделить область приемлемых решений, которые оказываются несущественно хуже оптимального, и в пределах этой области произвести окончательный выбор.

Варианты к заданию «Принятие решений в условиях неопределённости»

Номер варианта	Задание	Номер варианта	Задание
1	$U = \begin{pmatrix} 5 & 1 & 2 & 3 & 4 & 3 \\ 0 & 3 & 3 & 0 & 3 & 3 \\ 2 & 1 & 0 & 1 & 2 & 1 \\ 4 & 5 & 4 & 2 & 3 & 1 \end{pmatrix}.$	11	$U = \begin{pmatrix} 3 & 6 & 4 & 6 & 5 & 2 \\ 5 & 6 & 6 & 0 & 0 & 4 \\ 3 & 0 & 2 & 0 & 5 & 1 \\ 6 & 1 & 5 & 2 & 2 & 4 \end{pmatrix}.$
2	$U = \begin{pmatrix} 4 & 3 & 2 & 6 & 5 & 5 \\ 3 & 3 & 1 & 4 & 1 & 5 \\ 3 & 2 & 1 & 5 & 0 & 2 \\ 4 & 0 & 6 & 5 & 0 & 5 \end{pmatrix}.$	12	$U = \begin{pmatrix} 2 & 5 & 0 & 0 & 3 & 1 \\ 5 & 4 & 1 & 7 & 1 & 3 \\ 2 & 2 & 1 & 3 & 2 & 1 \\ 5 & 5 & 7 & 4 & 5 & 7 \end{pmatrix}.$
3	$U = \begin{pmatrix} 4 & 5 & 3 & 2 & 7 & 1 \\ 5 & 7 & 6 & 3 & 2 & 3 \\ 2 & 7 & 5 & 6 & 2 & 7 \\ 3 & 2 & 5 & 3 & 2 & 2 \end{pmatrix}.$	13	$U = \begin{pmatrix} 5 & 0 & 4 & 3 & 2 & 2 \\ 5 & 5 & 2 & 3 & 4 & 3 \\ 2 & 1 & 6 & 4 & 2 & 6 \\ 5 & 6 & 3 & 3 & 1 & 5 \end{pmatrix}.$
4	$U = \begin{pmatrix} 6 & 5 & 7 & 0 & 2 & 1 \\ 4 & 8 & 1 & 6 & 4 & 6 \\ 4 & 1 & 3 & 8 & 2 & 5 \\ 0 & 8 & 0 & 8 & 5 & 0 \end{pmatrix}.$	14	$U = \begin{pmatrix} 4 & 1 & 6 & 6 & 1 & 7 \\ 7 & 6 & 1 & 3 & 6 & 3 \\ 2 & 2 & 3 & 7 & 0 & 7 \\ 5 & 7 & 5 & 1 & 3 & 1 \end{pmatrix}.$
5	$U = \begin{pmatrix} 5 & 6 & 3 & 7 & 4 & 3 \\ 3 & 2 & 4 & 3 & 3 & 3 \\ 7 & 6 & 6 & 5 & 7 & 6 \\ 4 & 6 & 3 & 5 & 4 & 6 \end{pmatrix}.$	15	$U = \begin{pmatrix} 6 & 4 & 7 & 0 & 4 & 2 \\ 6 & 0 & 0 & 5 & 2 & 4 \\ 4 & 1 & 7 & 3 & 2 & 4 \\ 2 & 7 & 6 & 0 & 0 & 6 \end{pmatrix}.$
6	$U = \begin{pmatrix} 3 & 0 & 2 & 4 & 6 & 3 \\ 5 & 2 & 1 & 6 & 2 & 2 \\ 2 & 3 & 2 & 6 & 6 & 7 \\ 1 & 2 & 7 & 4 & 2 & 4 \end{pmatrix}.$	16	$U = \begin{pmatrix} 2 & 2 & 5 & 2 & 3 & 4 \\ 6 & 4 & 0 & 5 & 5 & 4 \\ 0 & 4 & 0 & 2 & 6 & 7 \\ 5 & 1 & 5 & 5 & 2 & 2 \end{pmatrix}.$
7	$U = \begin{pmatrix} 0 & 6 & 6 & 3 & 3 & 0 \\ 3 & 3 & 1 & 3 & 1 & 6 \\ 6 & 2 & 6 & 3 & 4 & 3 \\ 4 & 4 & 6 & 5 & 3 & 3 \end{pmatrix}.$	17	$U = \begin{pmatrix} 6 & 3 & 0 & 8 & 7 & 5 \\ 3 & 4 & 2 & 7 & 3 & 8 \\ 1 & 7 & 4 & 1 & 5 & 2 \\ 2 & 1 & 3 & 5 & 8 & 5 \end{pmatrix}.$
8	$U = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 4 \\ 2 & 5 & 3 & 5 & 4 & 1 \\ 5 & 2 & 6 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 4 & 6 \end{pmatrix}.$	18	$U = \begin{pmatrix} 2 & 5 & 2 & 0 & 7 & 5 \\ 5 & 2 & 3 & 1 & 7 & 5 \\ 6 & 6 & 1 & 3 & 3 & 4 \\ 1 & 5 & 3 & 3 & 6 & 2 \end{pmatrix}.$
9	$U = \begin{pmatrix} 4 & 3 & 6 & 4 & 5 & 0 \\ 6 & 2 & 4 & 6 & 0 & 5 \\ 3 & 6 & 2 & 0 & 2 & 2 \\ 2 & 5 & 6 & 6 & 0 & 4 \end{pmatrix}.$	19	$U = \begin{pmatrix} 7 & 6 & 5 & 3 & 5 & 3 \\ 3 & 7 & 2 & 5 & 3 & 3 \\ 5 & 2 & 4 & 5 & 6 & 5 \\ 1 & 5 & 4 & 3 & 2 & 3 \end{pmatrix}.$
10	$U = \begin{pmatrix} 5 & 4 & 1 & 5 & 2 & 6 \\ 4 & 5 & 1 & 1 & 4 & 4 \\ 4 & 3 & 1 & 4 & 6 & 4 \\ 2 & 3 & 2 & 4 & 4 & 3 \end{pmatrix}.$	20	$U = \begin{pmatrix} 0 & 6 & 5 & 5 & 2 & 0 \\ 7 & 3 & 6 & 4 & 4 & 3 \\ 4 & 2 & 5 & 3 & 2 & 1 \\ 2 & 5 & 5 & 6 & 5 & 3 \end{pmatrix}.$

Практическая работа №5
«Изучение методов построения и анализа дерева целей и систем»

1.1 Цель работы

Основной целью данной практической работы является:

1) изучение методов построения и анализа дерева целей;
2) изучение методов построения и анализа дерева систем;
3) освоение методики составления функционально-системной матрицы.

1.2 Общие положения

1.2.1 Дерево целей

Одним из необходимых условий постановки задачи управления является наличие четко поставленной цели управления. При формулировании цели конкретной системы возникает несколько достаточно сложных задач:

- как от общих или обобщенных целей вышестоящей системы перейти к конкретным (количественно описанным) целям подсистемы?
- как сопоставить несколько иногда противоречащих целей?
- как цели соразмерить с ресурсами и как ресурсы распределить между целями?
- как цели подсистем заставить работать на цели системы?

Для решения эти задач и применяется **дерево целей – упорядоченная иерархия целей, отражающая их соподчинение и внутренние взаимосвязи.**

При построении дерева целей происходит декомпозиция - разложение цели по уровням, то есть их упрощение, конкретизация и уточнение адресности. Обычно дерево целей имеет одну вершину, называемую корнем (1, Рис. 1.1), который характеризует генеральную цель системы $Ц^0$, располагаемую на высшем уровне. Далее цель высшего уровня разлагается на цели первого уровня $Ц^1_{01}$, $Ц^1_{02}$ … $Ц^1_{0N}$, которые, в свою очередь, - на цели второго уровня и так далее. Декомпозиция продолжается до так называемых элементарных целей, которые дальнейшему разложению не подлежат. Например, для персонала фирмы – это цели, которых должен добиваться конкретный исполнитель.

В дереве целей отношение цели низшего уровня к цели высшего называется соподчинение. Одна из форм соподчинения – это определение конкретного вклада (весомости) целей низшего уровня в цель высшего уровня. Цели же одного уровня дополняют друг друга.

Цели более высокого уровня соединены с целями следующего (более низкого) уровня линиями, называемыми дугами (3, Рис. 1.1). Дуги характеризуют отношение между целями разного уровня. Как правило, это отношение типа $Ц^{i}> Ц^{i+1}$, которое означает, что цель i-того уровня доминирует над целью следующего ранга i+1, включая её в себя. Одним из видов отношений может быть значимость (вклад) подцели нижнего уровня в достижение цели верхнего уровня.

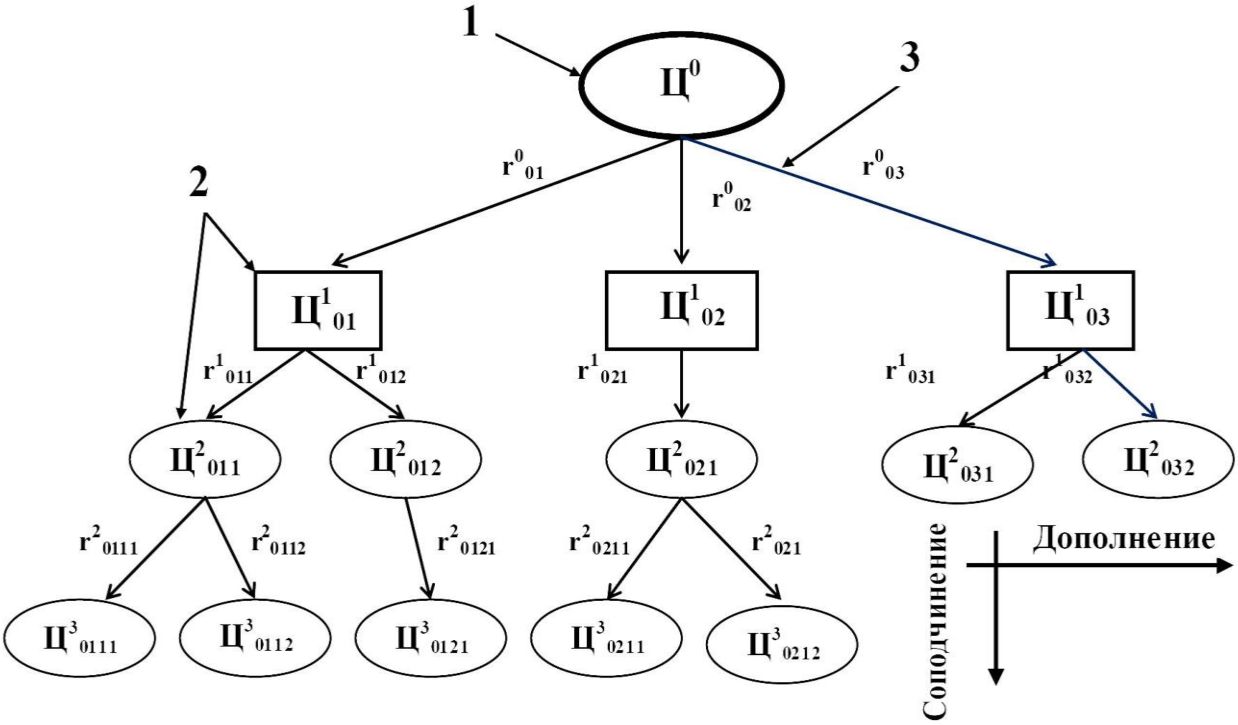


Рис. 1.1. Схема дерева целей: 1 – корень дерева целей (генеральная цель системы); 2 – вершины дерева целей; 3 – дуги дерева целей

Дуги обозначаются r^{i}_{km},

где i – ранг цели из которой выходит дуга;

k – номер вершины из которой выходит дуга;

m – номер нижестоящей вершины в которую входит дуга.

Если, например, генеральная цель $Ц^{0}$ складывается из трех подцелей первого уровня, то через дуги эту связь можно записать следующим образом:

$$Ц^0 = r^0_{01} Ц^1_{01} r^0_{02} Ц^1_{02} r^0_{03} Ц^1_{03}$$

Соответствующие обозначения имеют и вершины (цели). Цифровое обозначение цели позволяет однозначно определить место и уровень данной цели в дереве целей, а также её связь и соподчинение с вышестоящими целями. Например, обозначение цели $Ц^4_{01125}$ показывает следующее:

- это цель четвертого уровня;
- вышестоящая цель имеет обозначение $Ц^3_{0112}$;
- эта цель является пятой подцелью цели $Ц^3_{0112}$;
- набор номеров цели 01125 показывает цепочку связи и взаимоотношении от данной цели до генеральной.

$$Ц^4_{01125} \xrightarrow{r^3_{01125}} Ц^3_{0112} \xrightarrow{r^2_{0112}} Ц^2_{011} \xrightarrow{r^2_{011}} Ц^1_{01} \xrightarrow{r^0_{01}} Ц^0$$

Это позволяет определить роль и вклад целей нижнего уровня в цели высшего и, далее в генеральную цель $Ц^0$, а также совершенствовать систему стимулирования подразделений и персонала.

При формировании структуры предприятия такие циклы позволяют четко определить:

- подчиненность отдельных подразделении;
- их обязанности по отношению к вышестоящим и права по отношению к нижестоящим;
- прослеживать траекторию и время прохождения информации;
- выявить слабые и тупиковые звенья;
- определять эффективность подразделения и исполнителя.

1.2.2 Дерево систем

После того, как установлены конкретные цели системы, необходимо определить наиболее эффективные способы достижения этих целей.

Важным условием управления является обязательность анализа и сравнения нескольких путей достижения поставленных целей:

- при выборе альтернатив рассматриваются несколько вариантов и вероятность наилучших, но неочевидных снижается;
- появляется состязательность вариантов;
- при защите своих вариантов в ходе дискуссий их авторы выявляют сильные и слабые стороны и могут улучшать свои предложения;

-руководитель, принимая окончательное решение, может взять лучшие блоки из разных альтернатив.

Для выявления всех возможных способов достижения цели определяется ряд альтернатив, которые находятся в определенных иерархических связях и по разному могут влиять на достижение целей системы. Таким образом, способы достижения поставленных целей требуют такой же систематизации, как и сами цели и подцели. Для этого строится дерево систем.

Если дерево целей определяет что необходимо сделать, каких показателей эффективности достичь, то дерево систем - с помощью каких мероприятии этого можно добиться. Поэтому в дереве целей вершины - это генеральная и частные цели или функции, а в дереве систем в вершинах указываются объекты или системы, которые реализуют эти функции (целереализующие системы). Иногда их называют факторами, а задача управления определяется следующим образом - *выбрать из дерева систем ряд факторов (подсистем) влияя на которые можно наиболее эффективно добиться достижения поставленных целей.*

Дерево систем строится по тем же законам, как и дерево целей - определяется генеральная система C^0, которая структуризируется на подсистемы первого (C^1_{01}, C^1_{02} … C^1_{0N}), второго и последующих уровней. На рис. 1.2 приведены три верхних уровня дерева систем технической эксплуатации автомобилей

Высший уровень дерева систем представляет собой техническую эксплуатацию в целом, которая обеспечивает перевозочный процесс достаточным количеством работоспособного подвижного состава необходимых видов и типоразмеров

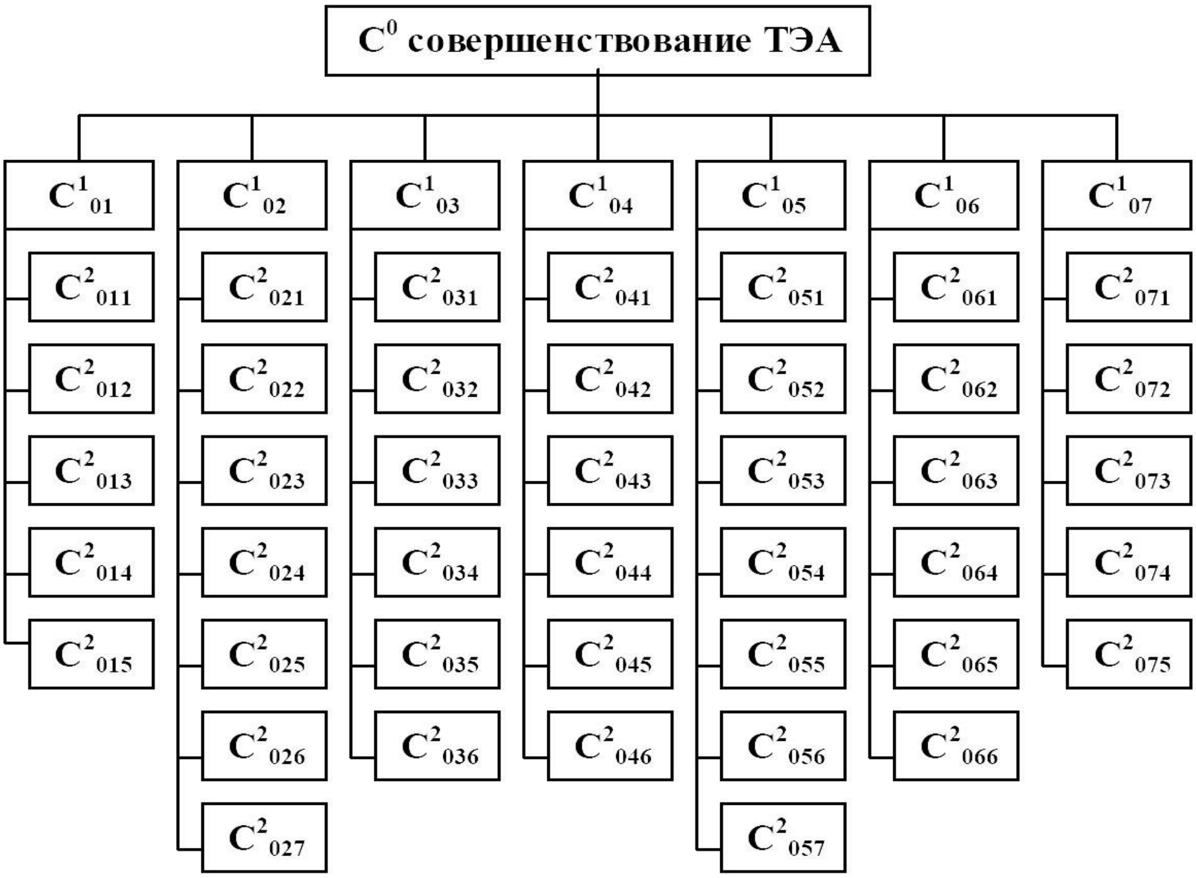


Рис. 1.2. Схема высшего, первого и второго ярусов дерева систем технической эксплуатации

На рис. 1.2 обозначено:

C^1_{01} – анализ потребности в услугах и воздействиях по ТО и Р;

C^1_{02} – система ТО и Р автомобилей;

C^1_{03} – производственно-технологическая база;

C^1_{04} – персонал;

C^1_{05} – система снабжения и резервирования;

C^1_{06} – подвижной состав и эксплуатационные материалы;

C^1_{07} - условия эксплуатации подвижного состава (дорожные, природно-климатические, транспортные и другие условия);

C^2_{011} – маркетинговый анализ рынка услуг (спрос, содержание, конкуренция);

C^2_{012} – внутренняя потребность предприятия;

C^2_{013} – оценка возможностей собственного производства (объем услуг, цены, предложения);

C^2_{014} – диверсификация и расширение сфер деятельности предприятия;

C^2_{015} – корректирование производственной программы с учетом внутренних и внешних потребностей;

C^2_{021} – применение обоснованных нормативов системы;

C^2_{022} – обеспечение выполнения рекомендации и нормативов системы;

C^2_{023} – совершенствование технологии, организации и управления процессами ТО и Р;

C^2_{024} – обеспечение рабочих мест и исполнителей рациональной технологической и другой документацией;

C^2_{025} – компьютеризация и индивидуализация учета и отчетности при технической эксплуатации автомобиля;

C^2_{026} – совершенствование проектной документации по строительству и реконструкции предприятии;

C^2_{027} – повышение адаптивности к изменению конструкции изделий, условиям работы;

C^2_{031} – обеспеченность производственно-технической базой;

C^2_{032} – оптимизация мощности и структуры базы;

C^2_{033} – оптимизация пропускной способности средств обслуживания;

C^2_{034} – выбор средств механизации, автоматизации и роботизации ТО и Р;

C^2_{035} – специализация предприятий производственно-технической базы;

C^2_{036} – кооперация предприятий производственно-технической базы на отраслевом и региональном уровнях;

C^2_{041} – обеспечение предприятия персоналом;

C^2_{042} – повышение квалификации персонала;

C^2_{043} – совершенствование систем стимулирования персонала;

C^2_{044} – обеспечение стабильности трудовых коллективов;

C^2_{045} – повышение престижности профессий;

C^2_{046} – развитие коллективных форм работы персонала;

C^2_{051} – совершенствование структуры системы снабжения;

C^2_{052} – применение региональных норм расхода топлив, масел и других материалов;

C^2_{053} – обеспечение оптимальных запасов и методы их пополнения;

C^2_{054} – совершенствование процесса обмена изделий при капитальном ремонте;

C^2_{055} – совершенствование процессов заказа и приобретения новых автомобилей, комплектующих изделий, материалов, включая лизинг;

C^2_{056} – создание резерва производственных площадей, оборудования, персонала;

C^2_{057} – создание резерва исправных автомобилей;

C^2_{061} – выбор рациональных типов и моделей автомобилей;

C^2_{062} – выбор эксплуатационных материалов;

C^2_{063} – повышение качества восстановления и капитального ремонта деталей;

C^2_{064} – изменение структуры парка;

C^2_{065} – управление возрастной структурой парка, рациональные сроки службы;

C^2_{066} – повышение уровня унификации изделий и материалов;

C^2_{071} – учет природно-климатических условий;

C^2_{072} – учет дорожных условий;

C^2_{073} – учет транспортных условий и интенсивности использования изделий;

C^2_{074} – выбор автомобилей, комплектующих изделий, материалов с учетом условий эксплуатации;

C^2_{075} – использование автомобилей с учетом возраста, состояния и условий эксплуатации.

1.2.3 Схема взаимодействия дерева целей и дерева систем

При принятии решений и их сравнении необходимо определить, как конкретное мероприятие дерева систем может повлиять на целевой показатель, то есть достижение поставленной перед системой цели $Ц^0$. Для этого строится и анализируемая схема взаимодействия дерева систем и дерева целей.

Методика построения и анализа схемы взаимодействия дерева систем и дерева целей следующая (методика рассмотрена на примере конкретной задачи):

1) Разметка дерева целей и дерева систем, которая включает:

обозначение и нумерацию всех целей, подцелей, систем и подсистем;

разметку дуг, связывающих цели и системы, которые обозначаются асц и определяют вклад подсистем №С в подцель с №Ц, например, a_{11} (полно $a_{01\,01}$)=0,8 (см. рис. 1.3) означает что вклад подсистемы C^1_{01} в подцель $Ц^1_{01}$ составляет 0,8 (или 80%) всех подсистем (C^1_{01}, C^1_{02}), связанных с данной подцелью.

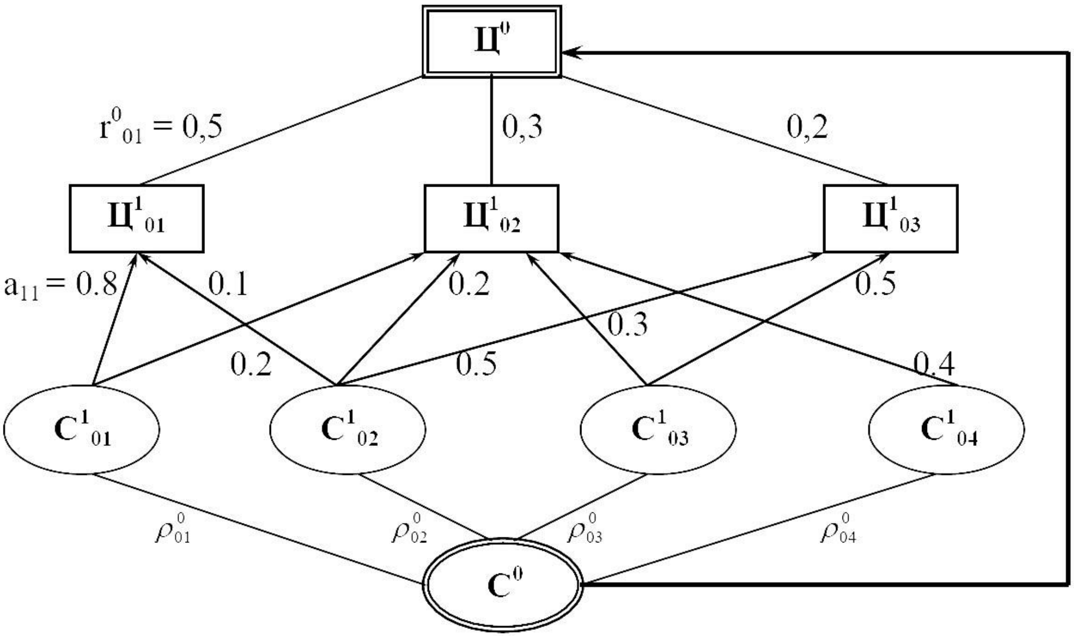


Рис. 1.3. Схема взаимодействия дерева целей и дерева систем: $Ц^0$ – цель высшего уровня; $Ц^1_{01\text{-}03}$ – цели первого уровня; C^0 – система высшего уровня; $C^1_{01\text{-}04}$ – системы первого уровня; а – вклад подсистем ДС в реализацию $Ц^0$ (C^0); r – веса подцелей 1-го уровня или их вклад в достижение целей высшего уровня

Как уже отмечалось ранее, дуги выполняют следующие функции:

а) показывают иерархические и структурные связи всех составляющих внутри ДЦ и ДС, например, генеральная цель $Ц^0$ определяется (т.е. может быть «разложена») на три подцели $Ц^1_{01}$; $Ц^1_{02}$; $Ц^1_{03}$.

Если $Ц^0$ – повышение эффективности технической эксплуатации, то в качестве подцелей могут быть:

$Ц^1_{01}$ – коэффициент технической готовности (α_T);

$Ц^1_{02}$ – снижение затрат на техническую эксплуатацию автомобилей (ТЭА);

$Ц^1_{03}$ – снижение уровня воздействия ТЭА на окружающую среду и персонал;

C^0 – инженерно-техническая служба;

C^1_{01} – производственно-техническая база;

C^1_{02} – персонал;

C^1_{03} – подвижной состав;

C^1_{04} – нормативно-техническое обеспечение инженерно-технической службы.

б) показывают направление влияния конкретных подсистем (факторов) дерева систем на определенные подцели дерева целей. Например, подцель $Ц^1_{01}$ реализуется, т.е. на нее влияют подсистемы C^1_{01} и C^1_{02}, а на подцель $Ц^1_{02}$ влияют все четыре подсистемы.

в) показывают степень влияния (вклад). При этом если на дугах обозначаются цифры, то дуги называются размеченными.

Например, вклад подцели $Ц^1_{01}$ в генеральную цель $Ц^0$ равен:

$$r^0_{01} = 0{,}5(50\%);\ \text{для } Ц^1_{02}\, r^0_{02} = 0{,}3(30\%);\ \text{для } Ц^1_{03}\, r^0_{03} = 0{,}2(20\%).$$

Для генеральной цели имеем: $Ц^0 = 0{,}5Ц^1_{01}\ 0{,}3\ Ц^1_{02}\ 0{,}2\ Ц^1_{03}$.

Суммарный вклад всех подцелей, естественно, равен:

$$r^0_{01} + r^0_{02} + r^0_{03} = 1{,}0(100\%)$$

Степень влияния или вклад можно оценить или определить экспертизой, с помощью математических моделей целевой функции и т.д.

2) Результаты разметки переносятся в функционально-системную матрицу. Строки этой матрицы показывают вклад каждой подсистемы в связанную с ней подцель.

Например, вклад подсистемы C^1_{02} составляет:

в подцель $Ц^1_{01}$: $a_{21} = 0{,}2$

в подцель $Ц^1_{02}$: $a_{22} = 0{,}2$

в подцель $Ц^1_{03}$: $a_{23} = 0{,}5$

Причем сумма этих вкладов может не равняться единице.

Столбцы показывают вклад всех подсистем в конкретную подцель.

Так, вклады в подцель $Ц^1_{01}$ дают следующие подсистемы:

$$\begin{array}{l} C^1_{01} : a_{11} = 0{,}8 \\ \underline{C^1_{02} : a_{21} = 0{,}2} \\ \text{Всего} \quad\quad 1{,}0 \end{array}$$

Последняя строка матрицы содержит «веса» подцелей при формировании генеральной цели $Ц^0$, а именно:

$$r^0_{01} = 0{,}5;\ \ r^0_{02} = 0{,}3;\ r^0_{03} = 0{,}2.$$

3) Для каждой подсистемы определяется ее структурный вклад в достижение генеральной цели системы, т.е. $Ц^0$.

Для этого используют данные функционально-системной матрицы, а в более сложных структурах дерева целей и дерева систем составляют цепочки влияния. При этом структурный вклад подсистемы в достижение генеральной цели $Ц^0$ определяется перемножением ее вклада в достижение подцели на вес этой подцели в генеральной цели $Ц^0$.

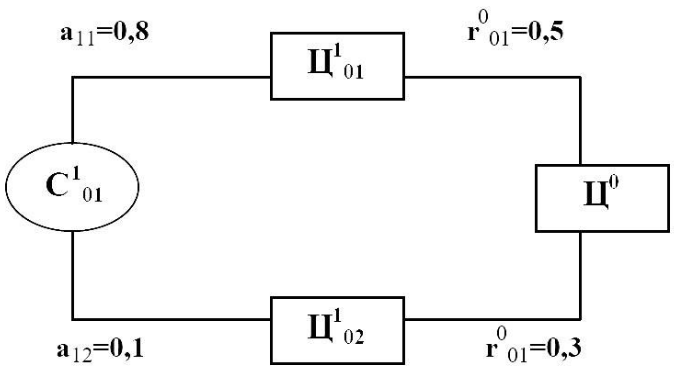
Таблица 1.1

Функционально-системная матрица

Подсистема	Вклад подсистем			
C^1_0	$Ц^0_{01}$	$Ц^0_{02}$	$Ц^0_{03}$	$Ц^0$
C^1_{01}	0,8	0,1	–	–
C^1_{02}	0,2	0,2	0,5	–
C^1_{03}	–	0,3	0,5	–
C^1_{04}	–	0,4	–	–
Всего	1	1	1	–
Вес подцелей	0,5	0,3	0,2	0,1

Цепочки влияния C^1_{01} и C^1_{02} на генеральную цепь приведены на рис. 1.4

а)



б)

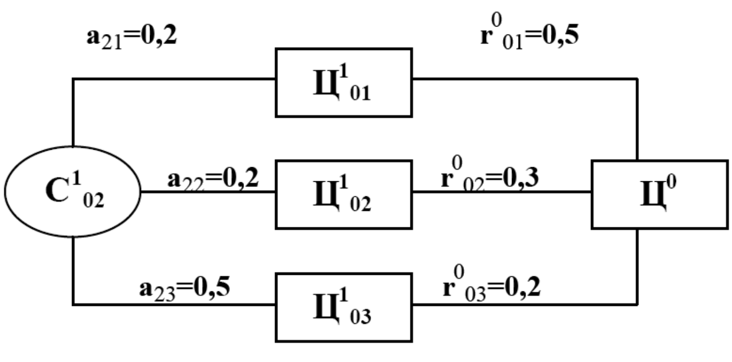


Рис. 1.4. Цепочки C^1_{01} и C^1_{02} на генеральную цепь: а) – цепочка подсистемы C^1_{01} на $Ц^0$; б) – цепочка влияния C^1_{02} на $Ц^0$

Из цепочки влияния, рис. 1.4, таблицы 1.1-1.2 видно, что система C^1_{01} действует с весом a_{11} = 0,8 на подцель $Ц^1_{01}$; вес же самой подцели $Ц^1_{01}$ в генеральной цели $Ц^0$ равен r^0_{01} = 0,5. Таким образом, структурный вклад подсистемы C^1_{01} через подцель $Ц^1_{01}$ в $Ц^0$ составляет:

$$Q(C^1_{01} / Ц^1_{01}) = a_{11} \cdot r^0_{01} = 0{,}8 \cdot 0{,}5 = 0{,}4;$$

Но подсистема действует на генеральную цель $Ц^0$ также через подцель $Ц^1_{02}$ с вкладом a_{12} = 0,1:

$$Q(C^1_{01} / Ц^1_{02}) = a_{12} \cdot r^0_{02} = 0{,}1 \cdot 0{,}3 = 0{,}03.$$

4) Результаты расчетов для всех подсистем и подцелей сводим в таблицу вклада подсистем.

5) Определяем общий вклад каждой из подсистем в генеральную цель $Ц_0$, суммируя структурные вклады.

Для подсистемы C^1_{01} общий вклад в $Ц^0$ равен

$$Q(C^1_{01}/Ц^0) = Q(C^1_{01}/Ц^0_{01}) + Q(C^1_{01}/Ц^0_{02}) = 0{,}4+0{,}03 = 0{,}43$$

Результаты вписываем в последний столбец таблицы 1.2

Таблица 1.2

Таблица вклада подсистем

Подсистема	Структурный вклад через подцель $Ц^1_Ц$			Общий вклад подсистемы C^1_C в реализацию цели $Ц^0$
C^1_C	$Ц^1_{01}$	$Ц^1_{02}$	$Ц^1_{03}$	
C^1_{01}	0,4	0,03	0	0,43
C^1_{02}	0,1	0,06	0,1	0,26
C^1_{03}	0	0,09	0,1	0,19
C^1_{04}	0	0,12	0	0,12
Вес подцелей в цели $Ц_0$, $r^0_Ц$	0,5	0,3	0,2	10

6) Производим проверку полученных результатов:

а) суммируем данные последнего столбца (табл. 1.2): сумма вкладов всех подсистем в $Ц^0$ должна равняться единице, т.е.

$$\sum_{C=1}^{C} Q(C_C^1 / Ц^0) = 1{,}0$$

или в примере:

$$\sum_{C=1}^{4} Q(C_C^1 / Ц^0) = 0.43 + 0.26 + 0.19 + 0.12 = 1.0$$

б) суммируем данные столбцов по каждой цели, получаем при правильных расчетах всех подцелей. Так, для первой подцели вес равен

$$r^1_{01} = Q(C^1_{01}/Ц^1_{01}) + Q(C^1_{02}/Ц^1_{01}) = 0{,}4+0{,}1 = 0{,}5$$

7) Подводим итоги проведенной оценки:

а) наибольшее влияние на генеральную цель $Ц^0$ имеет первая подсистема C^1_{01}, вес которой составляет 0,43 (43%). Поэтому при ограниченных общих ресурсах наибольший результат по улучшению целевого норматива $ЦН^0$ можно получить, воздействуя на подсистему C^1_{01};

б) если по условиям управления целесообразно использовать все подцели и при этом получить наибольший результат, то следует воздействовать через подсистему C^1_{02}, которая является многоканальной;

в) по влиянию на генеральную цель $Ц^0$ с первой подсистемой может конкурировать только комбинация из второй и третьей подсистем (суммарный вклад 0,26+0,19=0,45);

г) подсистема C^1_{04} является малоэффективной, т.к. ее вклад минимален и составляет 0,12, и она воздействует на достижение генеральной цели $Ц^0$ только через одну подцель $Ц^1_{02}$, т.е. является одноканальной.

1.3 Последовательность выполнения практической работы

1) Изучить методику построения дерева целей и дерева систем.

2) Изучить дерево систем технической эксплуатации автомобилей.

3) Законспектировать общие положения и методику построения и анализа схемы взаимодействия дерева целей и дерева систем.

4) Согласно своего варианта выбрать две схемы взаимодействия дерева целей и дерева систем и заполнить для них функционально-системные матрицы см. табл. 1.3 для схемы 1 и табл. 1.4 для схемы 2.

Таблица 1.3

Функционально системная матрица для схемы 1

Подцели / Подсистемы	$Ц^1_{01}$	$Ц^1_{\dots}$	$Ц^1_{\dots}$	$Ц^1_{\dots}$	$Ц^1_{\dots}$
$С^1_{01}$					
$С^1_{02}$					
$С^1_{03}$					
$С^1_{04}$					
$С^1_{05}$					

Таблица 1.4

Функционально системная матрица для схемы 2

Подцели / Подсистемы	$Ц^2_{011}$	$Ц^2_{\dots}$	$Ц^2_{\dots}$	$Ц^2_{\dots}$	$Ц^2_{\dots}$	$Ц^2_{\dots}$	$Ц^2_{\dots}$
$С^1_{01}$							
$С^1_{02}$							
$С^1_{03}$							
$С^1_{04}$							
$С^1_{05}$							

5) Для первой схемы рассчитать вклад подсистем в достижение генеральной цели системы с помощью функционально-системной матрицы.

6) Для второй схемы рассчитать вклад подсистем в достижение генеральной цели системы с помощью функционально-системной матрицы и цепочек влияния. Все цепочки влияния привести в отчете.

7) Для обеих схем заполнить таблицы вклада подсистем в достижение генеральной цели системы. Использовать образцы таблиц, приведенные ниже.

Таблица 1.5

Таблица вклада подсистем для схемы 1

Подсистема	Структурный вклад через подцель $Ц^1_Ц$					Общий вклад подсистемы C^1_C в реализацию цели $Ц^0$
C^1_C	$Ц^1_{01}$	$Ц^1_{\dots}$	$Ц^1_{\dots}$	$Ц^1_{\dots}$	$Ц^1_{\dots}$	
C^1_{01}						
C^1_{02}						
C^1_{03}						
C^1_{04}						
C^1_{05}						
«Вес» подцелей в цели $Ц_0$, $r^0_Ц$						

Таблица 1.6

Таблица вклада подсистем для схемы 2

Подсистема	Структурный вклад через подцель $Ц^1_Ц$							Общий вклад подсистемы C^1_C в реализацию цели $Ц^0$
C^1_C	$Ц^2_{011}$	$Ц^2_{\dots}$	$Ц^2_{\dots}$	$Ц^2_{\dots}$	$Ц^2_{\dots}$	$Ц^2_{\dots}$	$Ц^2_{\dots}$	
C^1_{01}								
C^1_{02}								
C^1_{03}								
C^1_{04}								
C^1_{05}								
«Вес» подцелей в цели $Ц_0$, $r^0_Ц$								

8) Произвести проверку правильности расчетов.

9) Проанализировать полученные результаты. Сделать выводы по результатам анализа схем.

10) Оформить отчет.

11) Защитить отчет по контрольным вопросам.

1.4 Содержание отчета

Отчёт по практической работе должен содержать:

- цели выполнения практической работы;
- общие положения;
- методика построения и анализа схемы взаимодействия дерева целей и дерева систем;
- результаты самостоятельного анализа схемы №1 по своему варианту;
- результаты самостоятельного анализа схемы №2 по своему варианту;
- выводы.

1.5 Контрольные вопросы

1. Каково назначение дерева целей, какие управленческие задачи можно решать, используя этот приём?
2. Каково назначение и значение дуг в дереве целей, как их можно использовать для практических задач управления?
3. В чем отличие и что общее у дерева целей и дерева систем?
4. Что дает альтернативный подход при выборе решений, как при его реализации можно использовать дерево целей и дерево систем?
5. Используя схему дерева систем технической эксплуатации (рис. 1.2), определите подсистемы следующего уровня для C^2_{021} (т.е. C^3_{0211} C^3_{0212} и т.д.).
6. Используя схему дерева систем технической эксплуатации (Рис. 1.2), определите подсистемы следующего уровня для C^2_{044} (т.е. C^3_{0441} C^3_{0442} и т.д.) и постройте цепочки влияния от C^3_{0441} до C^0.
7. Каково назначение функционально-системной матрицы?

1.6 Задания для самостоятельной работы

Вариант №1

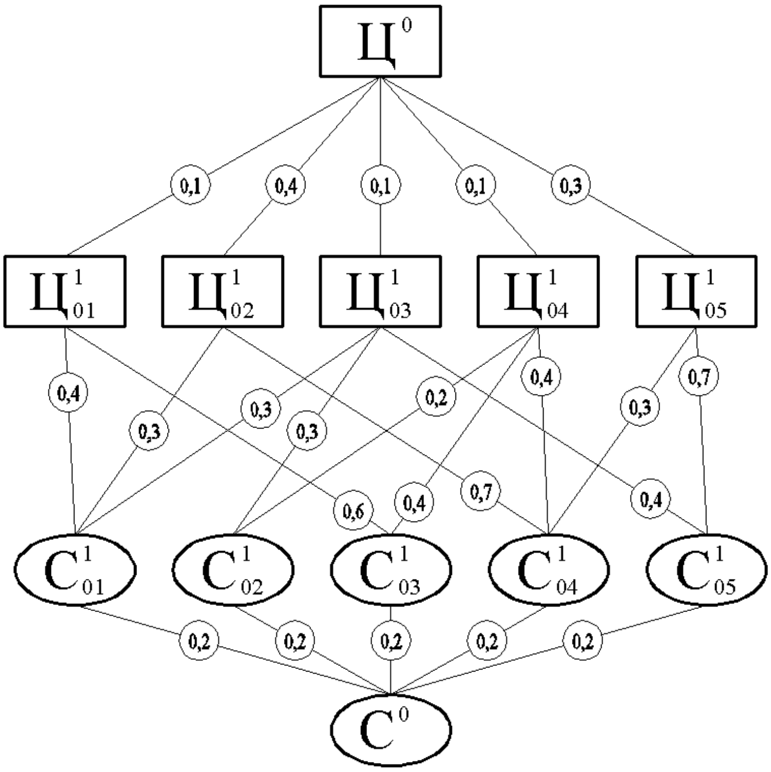


Схема №1

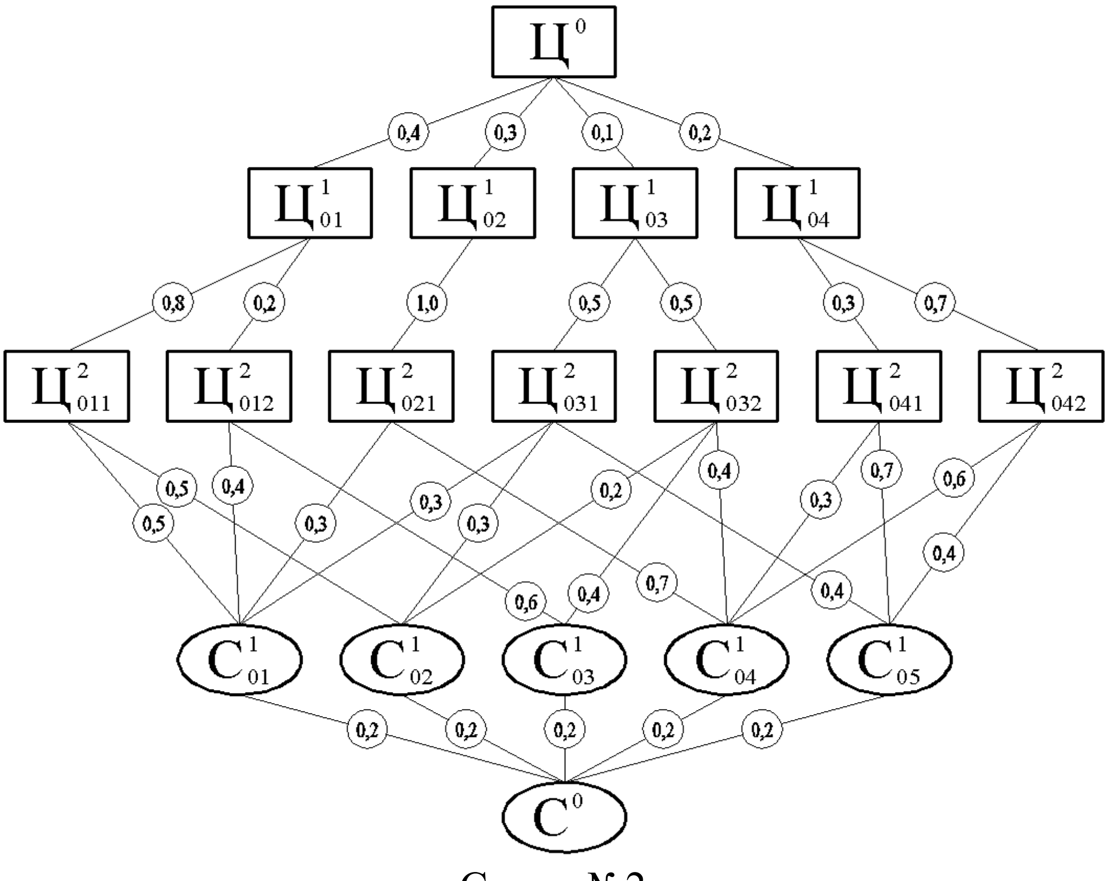


Схема №2

Вариант №2

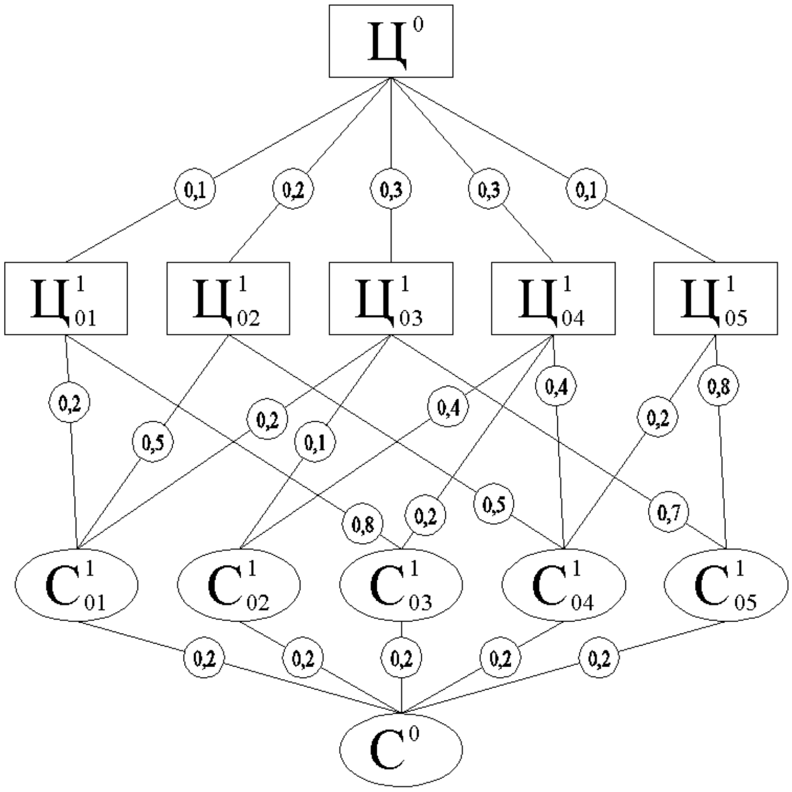


Схема №1

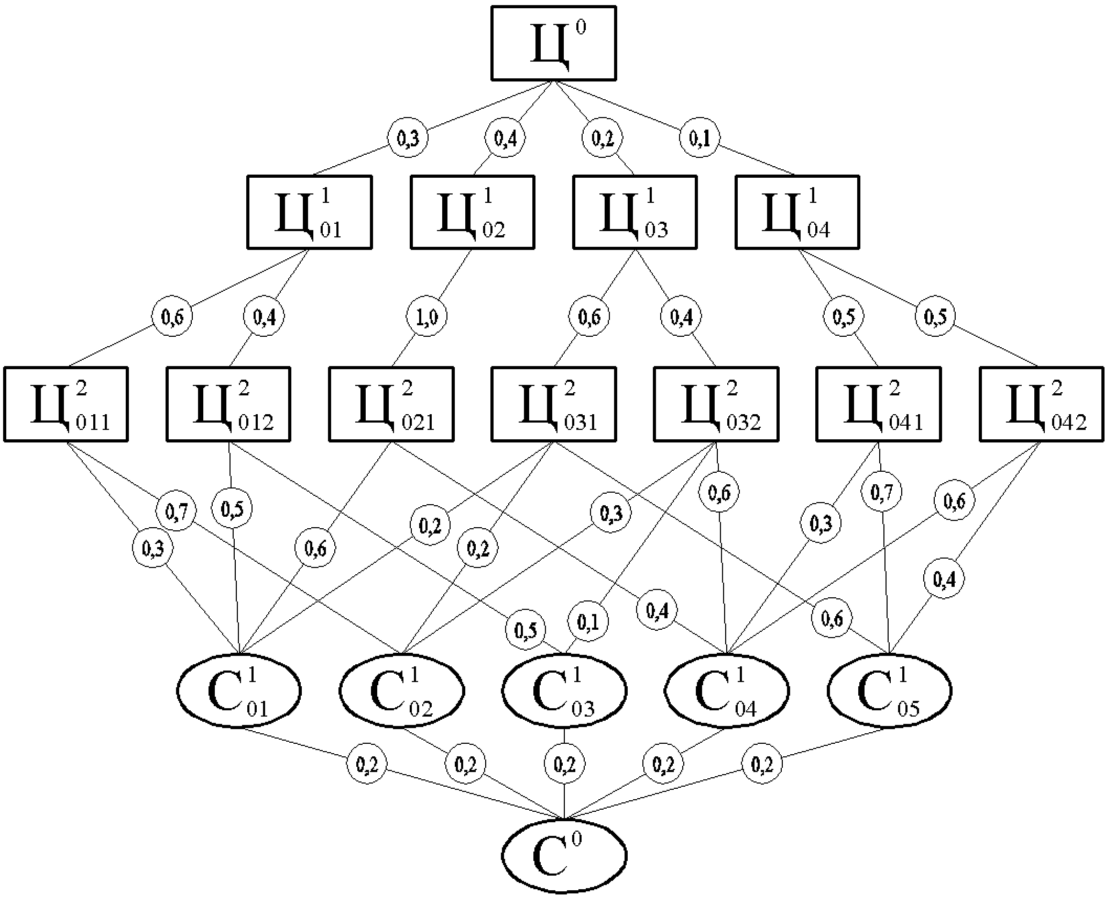


Схема №2

Вариант №3

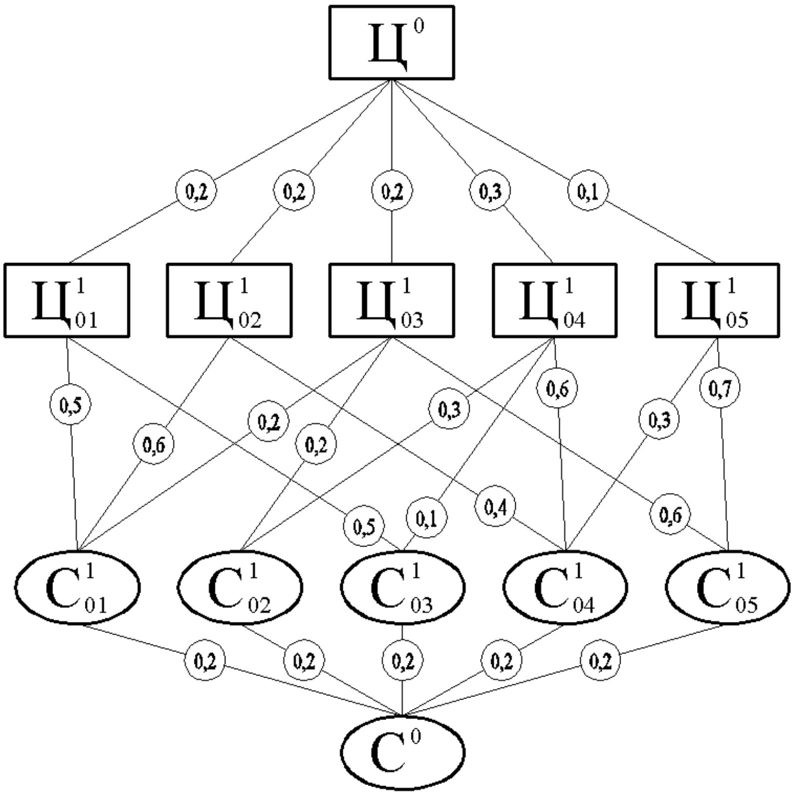


Схема №1

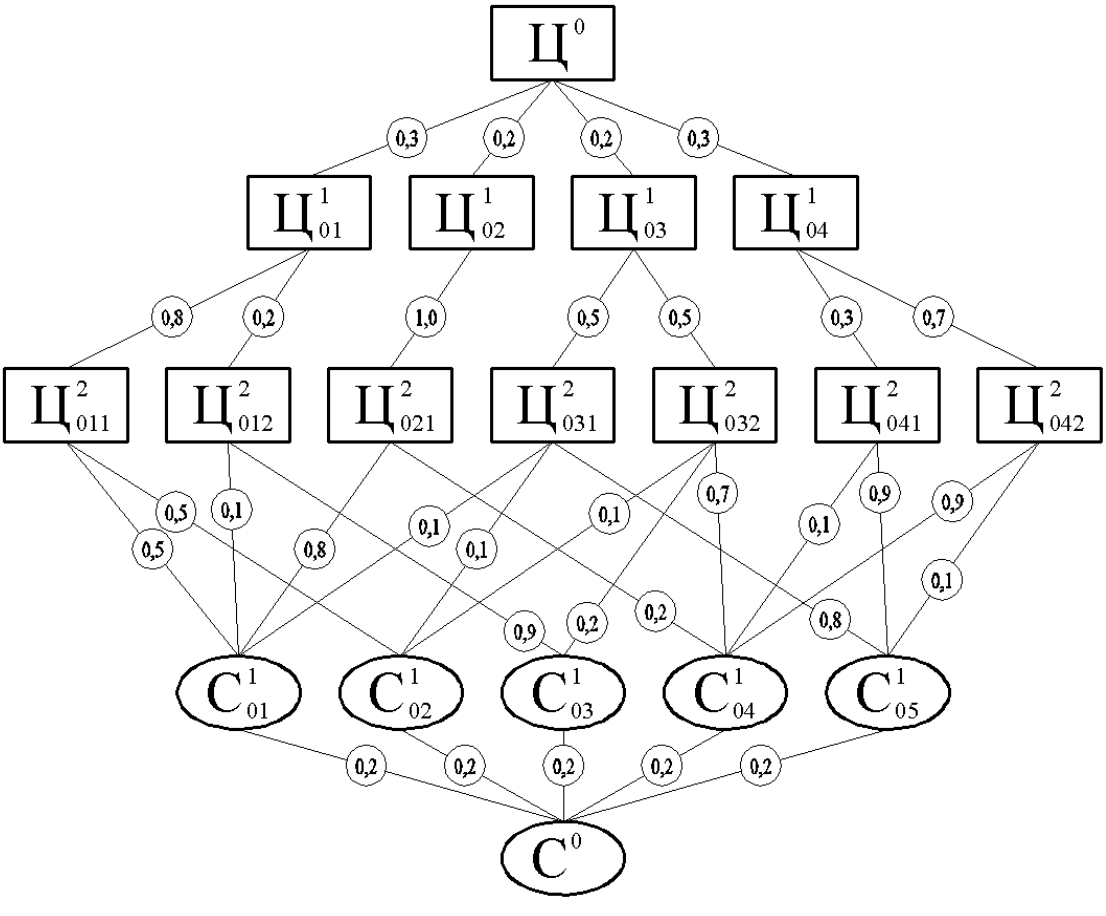


Схема №2

Вариант №4

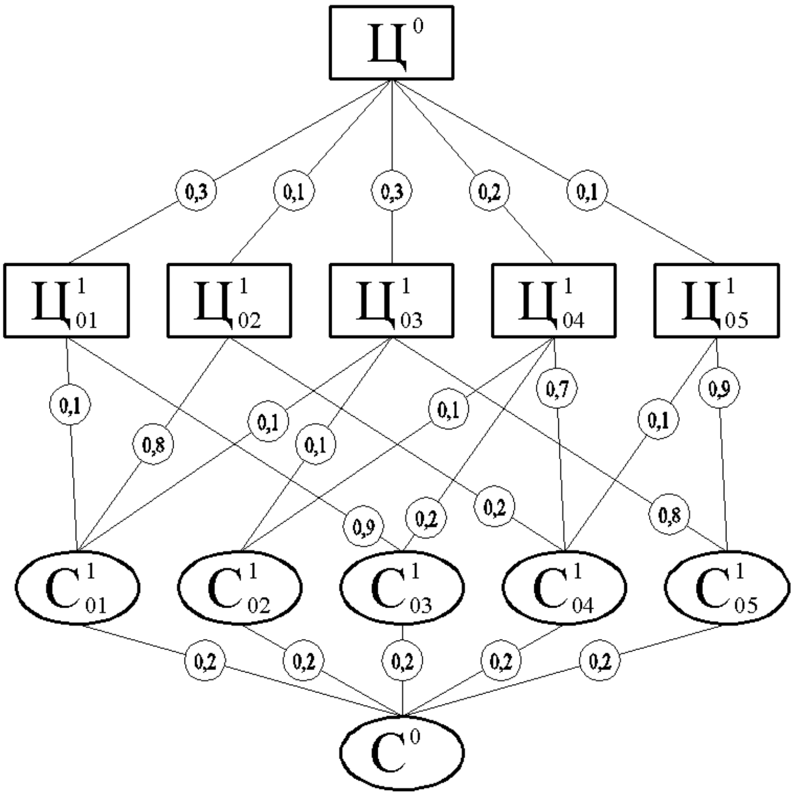


Схема №1

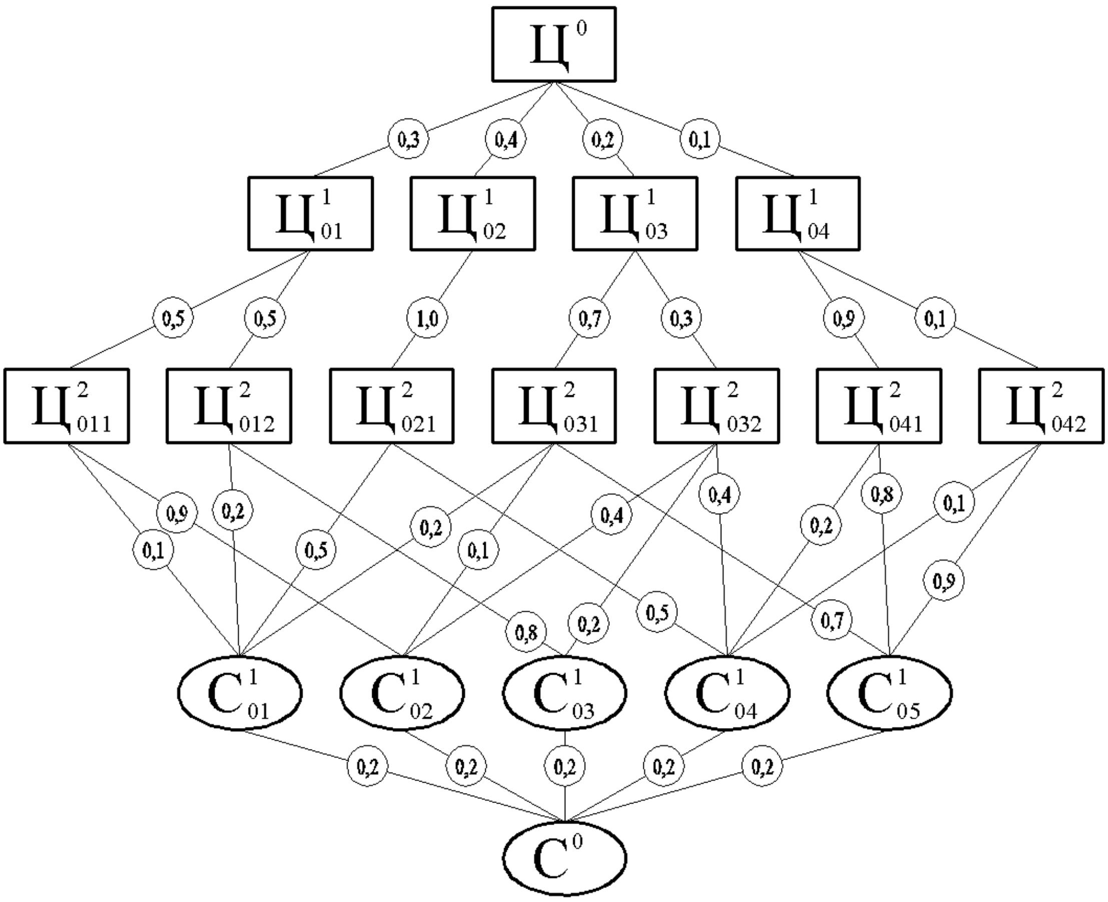


Схема №2

Вариант №5

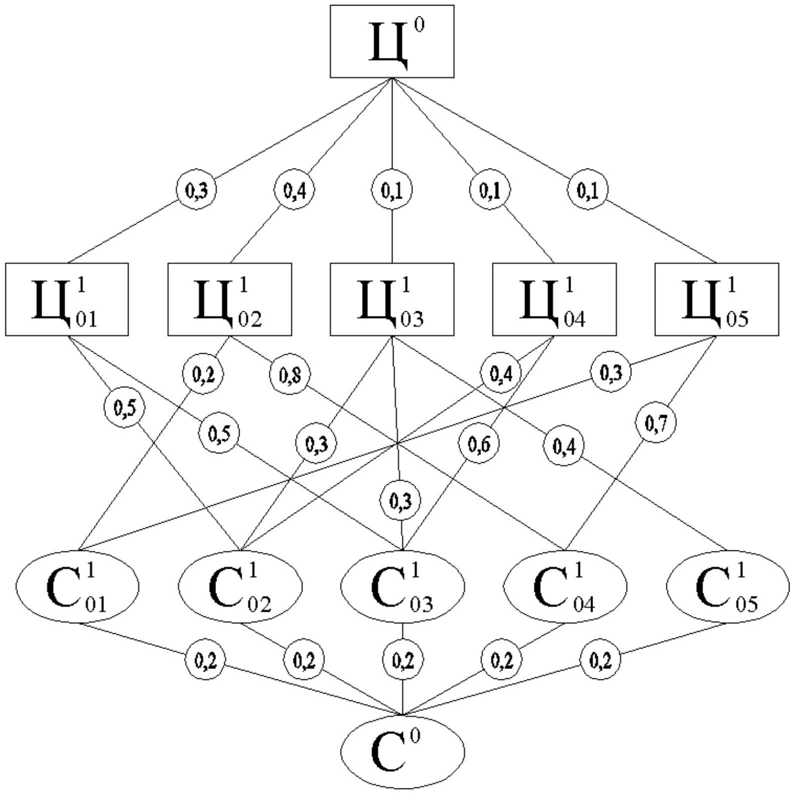


Схема №1

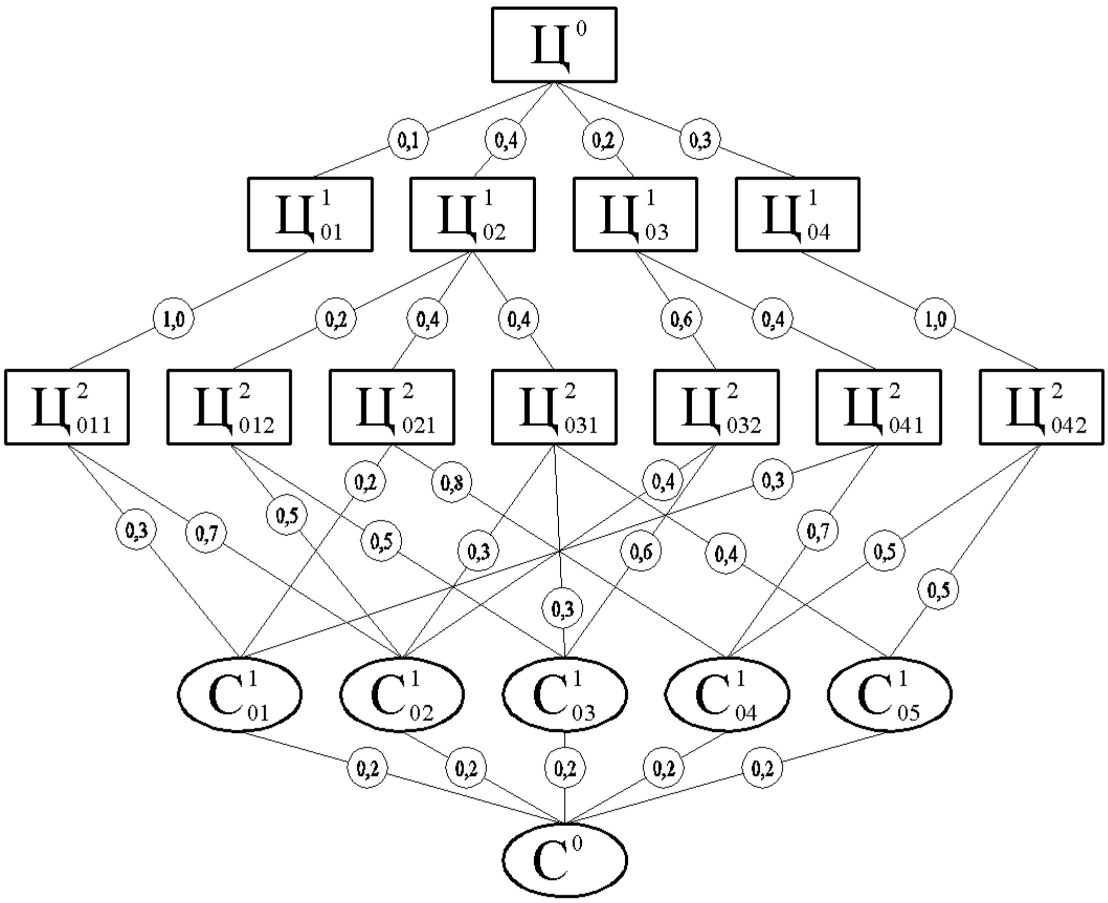


Схема №2

Вариант №6

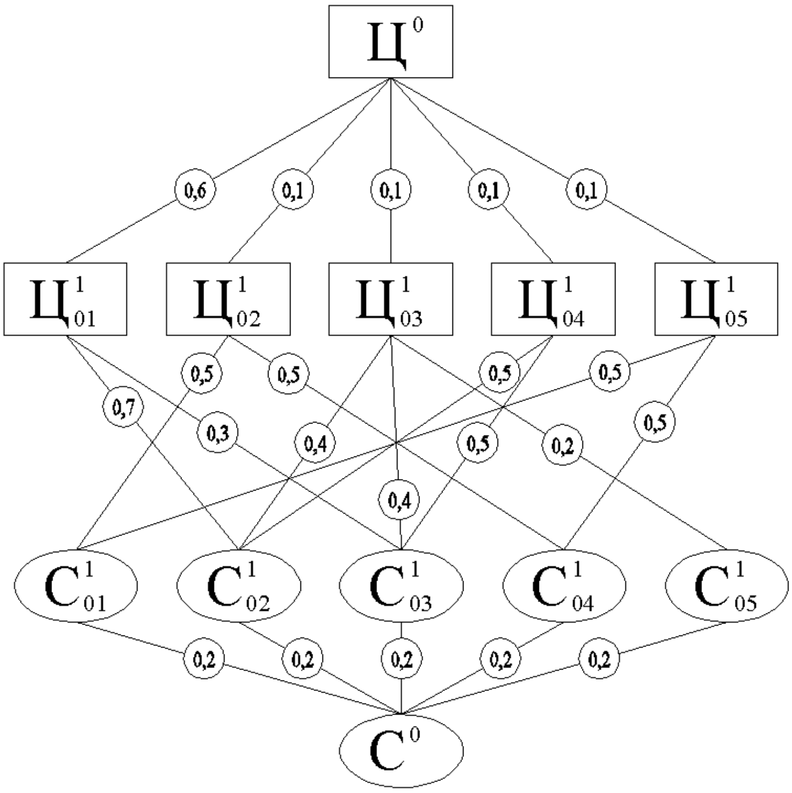


Схема №1

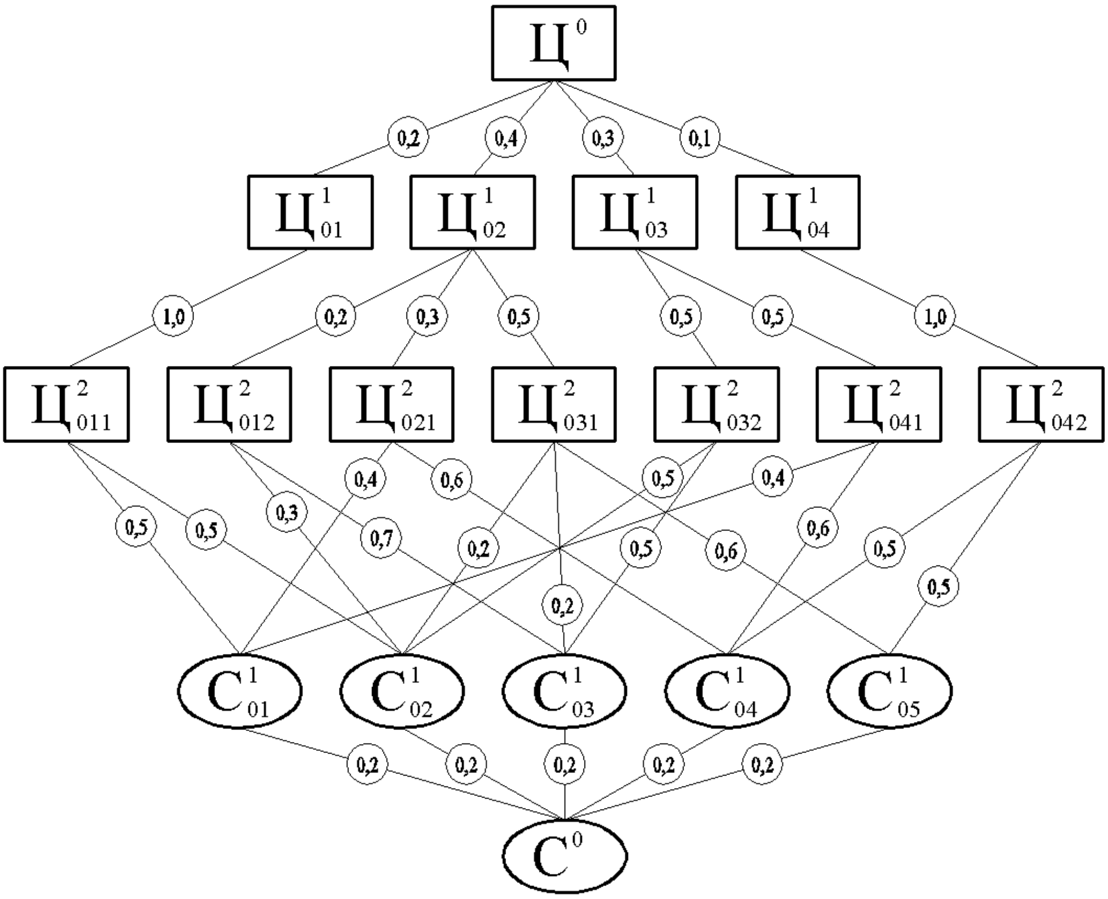


Схема №2

Вариант №7

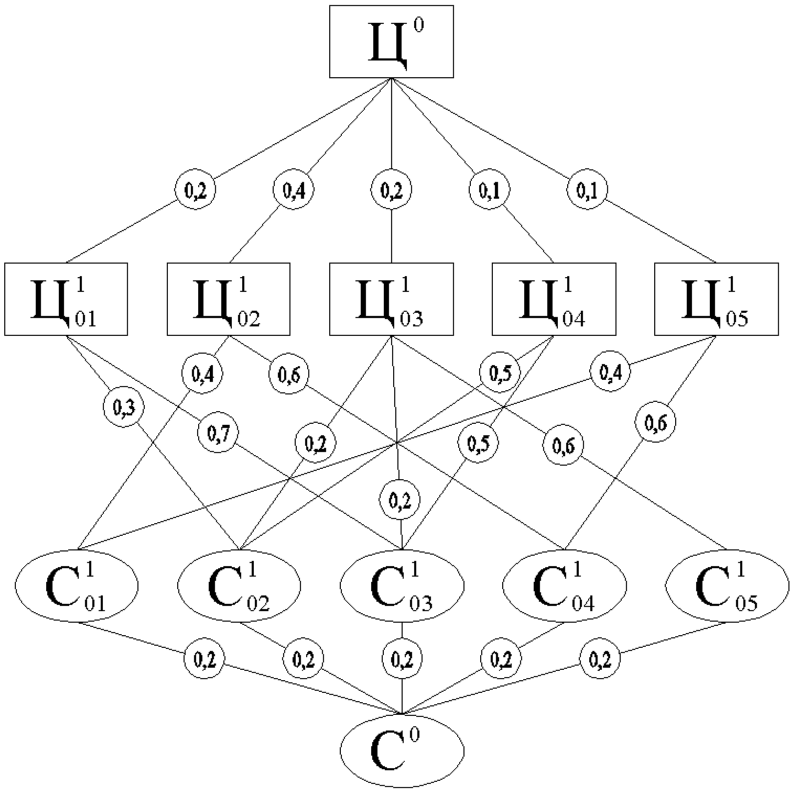


Схема №1

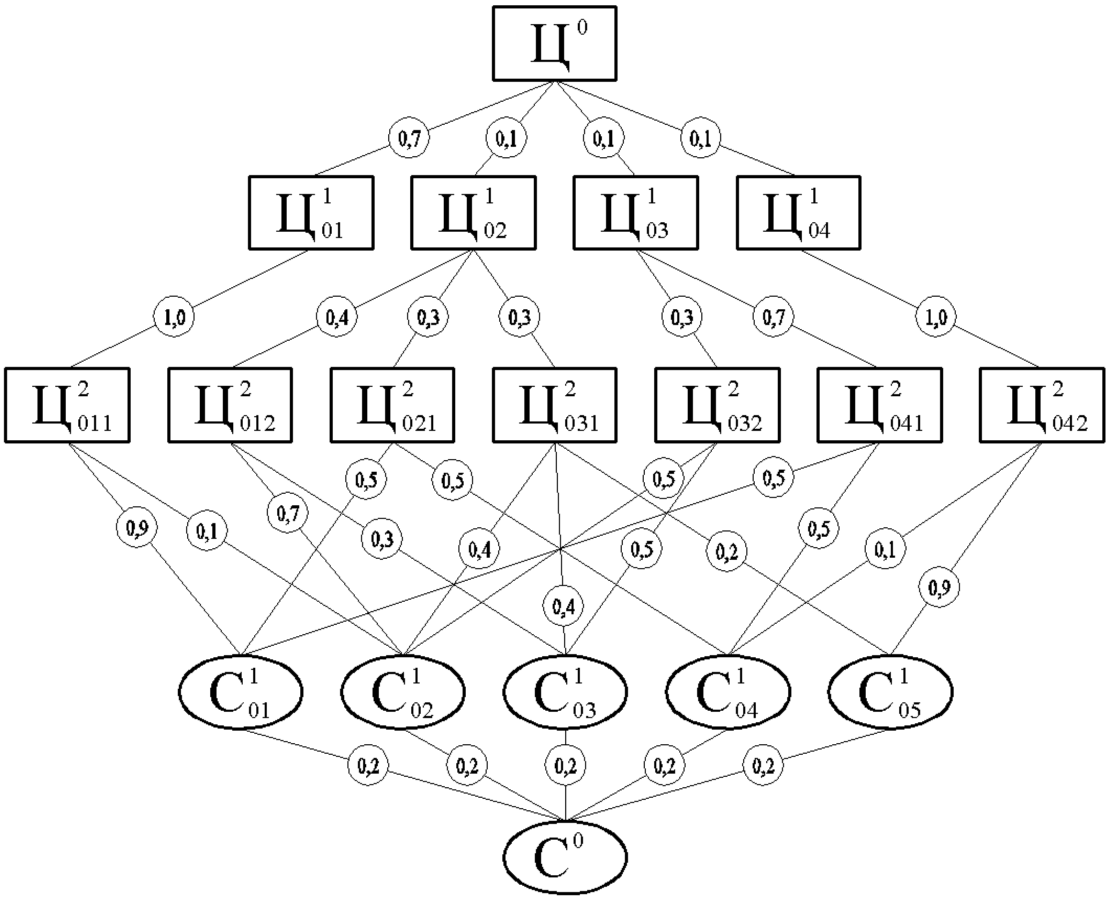


Схема №2

Вариант №8

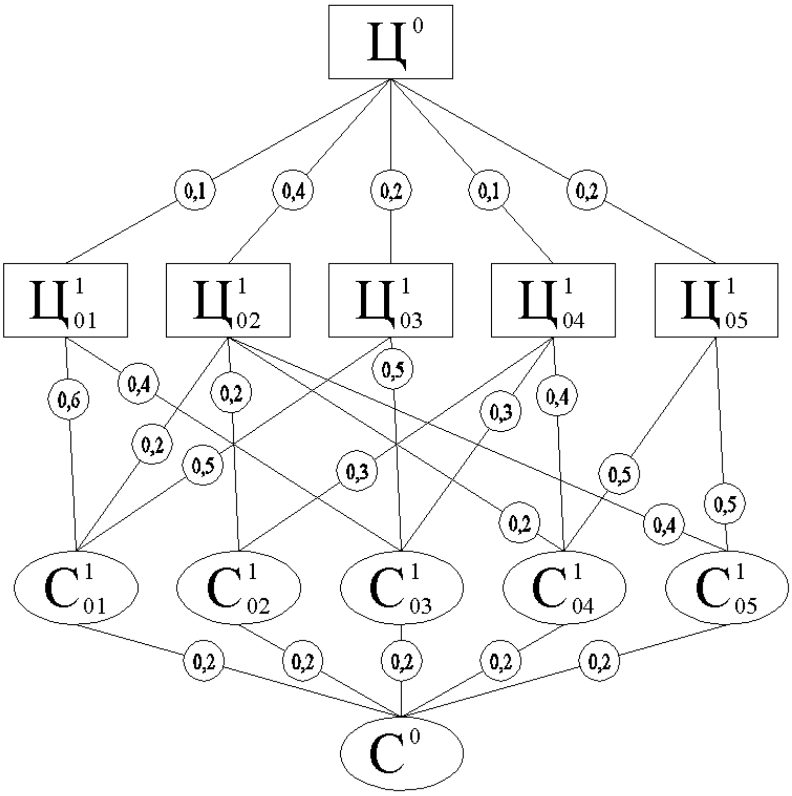


Схема №1

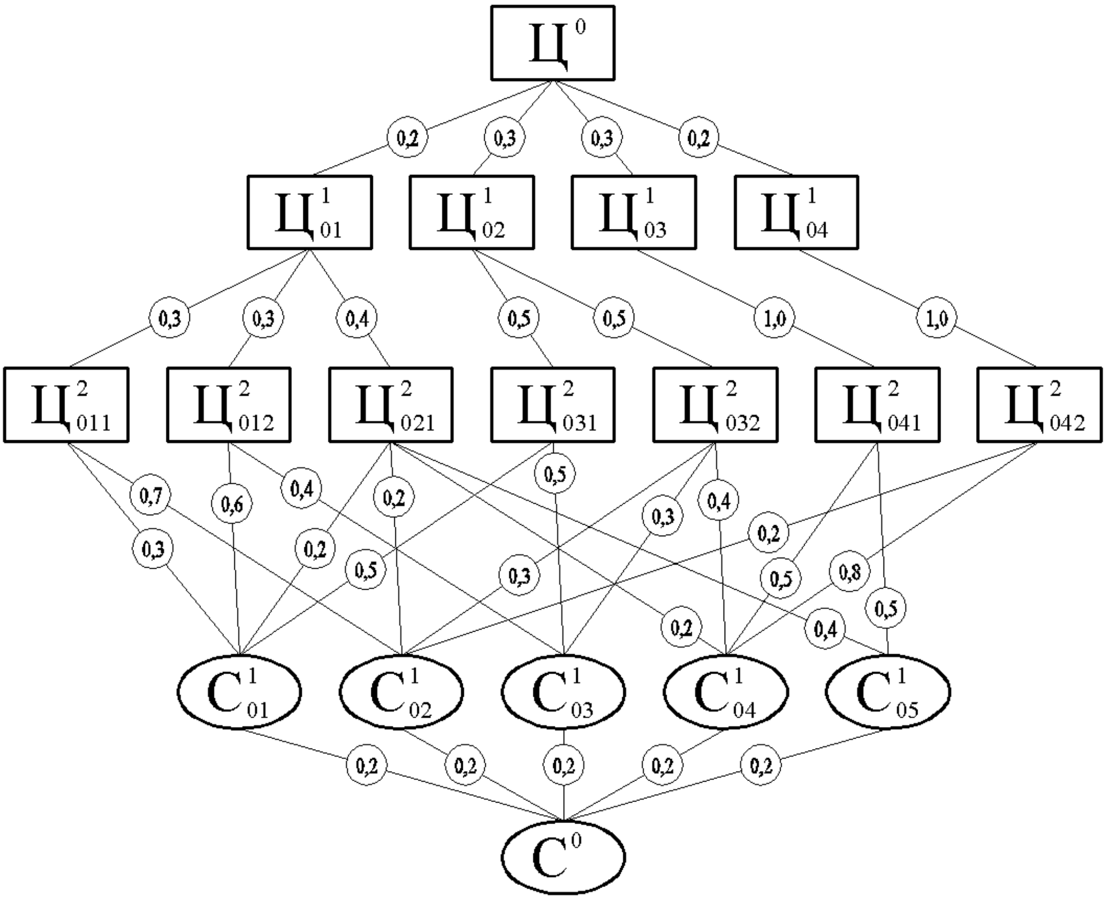


Схема №2

Вариант №9

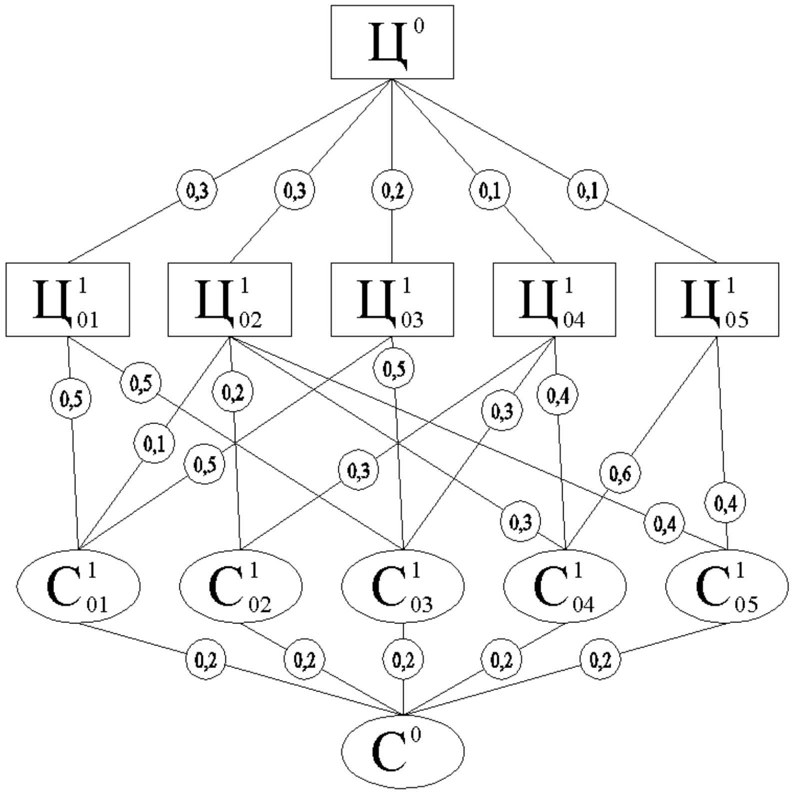


Схема №1

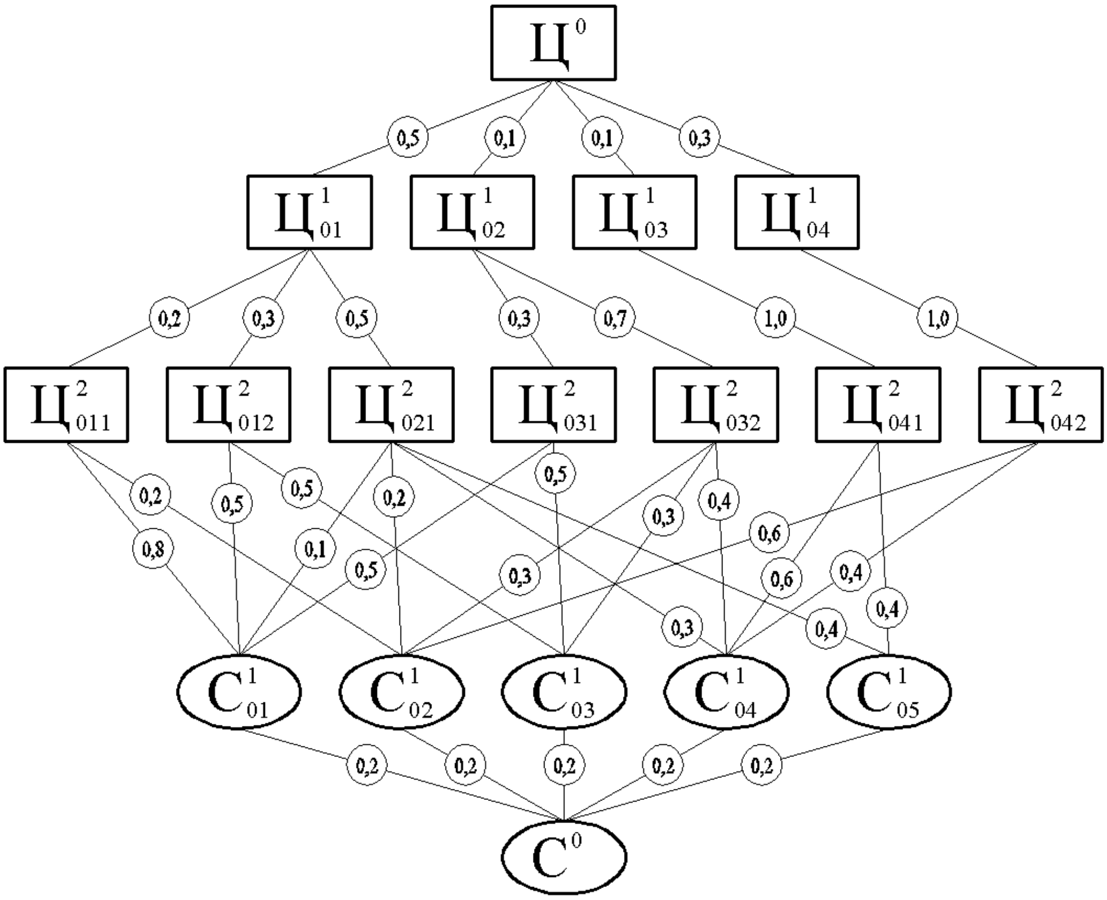


Схема №2

Вариант №10

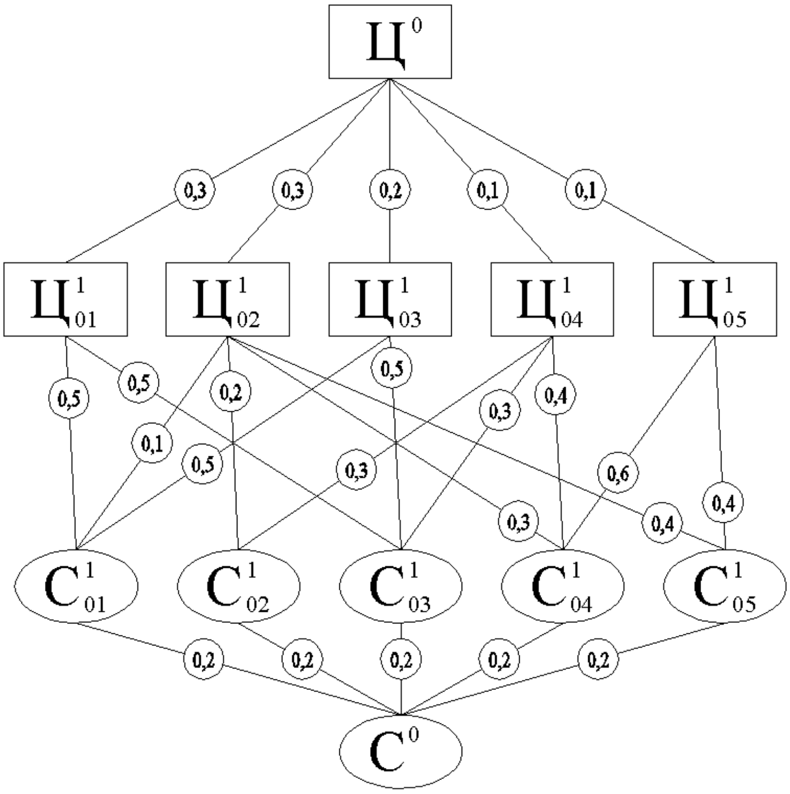


Схема №1

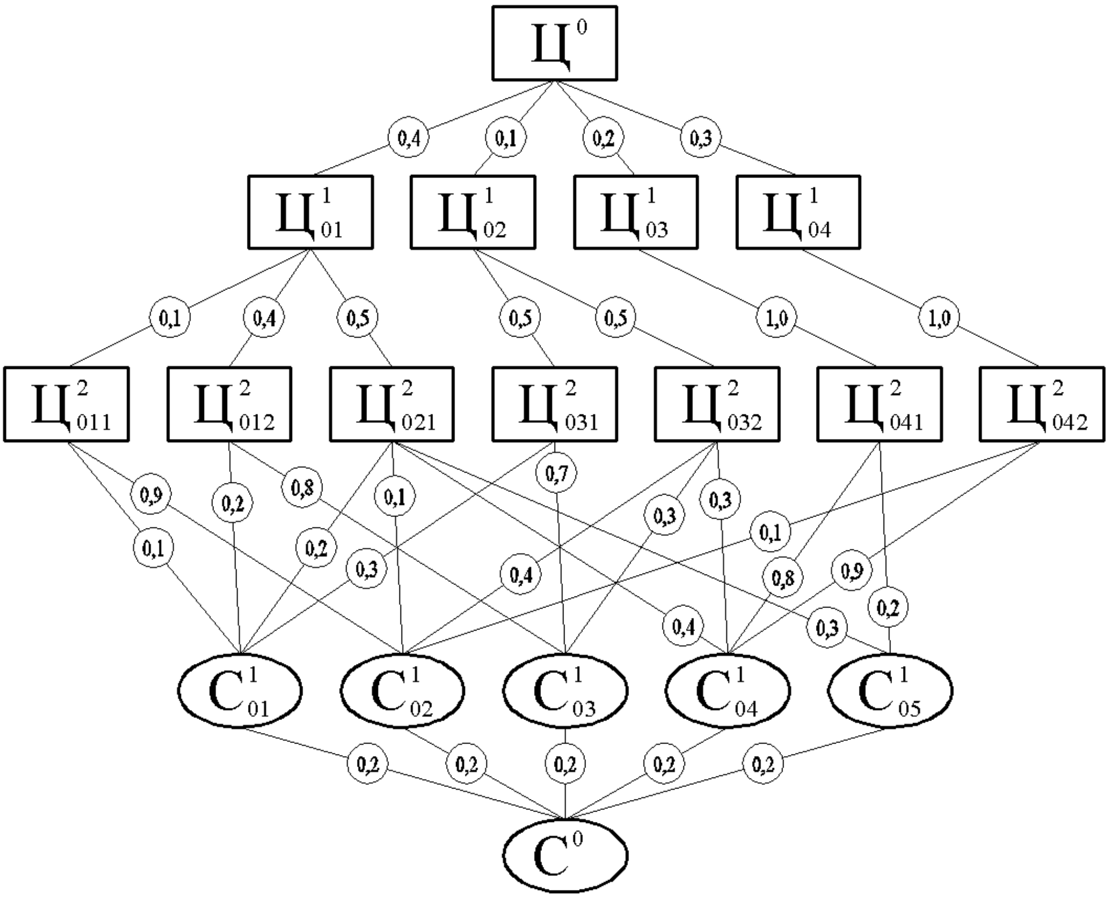


Схема №2

6. ПОРЯДОК ОФОРМЛЕНИЯ ОТЧЕТА И ЗАЩИТЫ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

Отчеты по всем пяти практическим работам сшиваются в один документ с общим титульным листом, содержанием и списком использованных источников.

Правила оформления общего отчета подробно приведены в Стандарте Системы менеджмента качества кафедры «Автомобильный транспорт» [22].

Каждая практическая работа защищается после полного выполнения и проверки правильности выполнения преподавателем. Защита осуществляется устно, в ходе защиты студент должен коротко рассказать о сути практической работы, привести свои выводы по работе, а также ответить на контрольные вопросы, которые приведены в конце каждой практической работы.

Практическая работа №6
«Принятия решений в условиях риска методом «дерева решений»

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Если имеют место два или более последовательных множества решений, причем последующие решения основываются на результатах предыдущих, и (или) два или более множества состояний среды (т.е. появляется целая цепочка решений, вытекающих одно из другого, которые соответствуют событиям, происходящим с некоторой известной или заданной вероятностью), используется "дерево решений".

С его помощью часто оценивают риск по проектам, при реализации которых инвестирование средств происходит в течение длительного периода времени.

«Дерево решений» – это графическое изображение последовательности решений и состояний окружающей среды с указанием соответствующих вероятностей и выигрышей для любых комбинаций альтернатив и состояний сред (рис. 1).

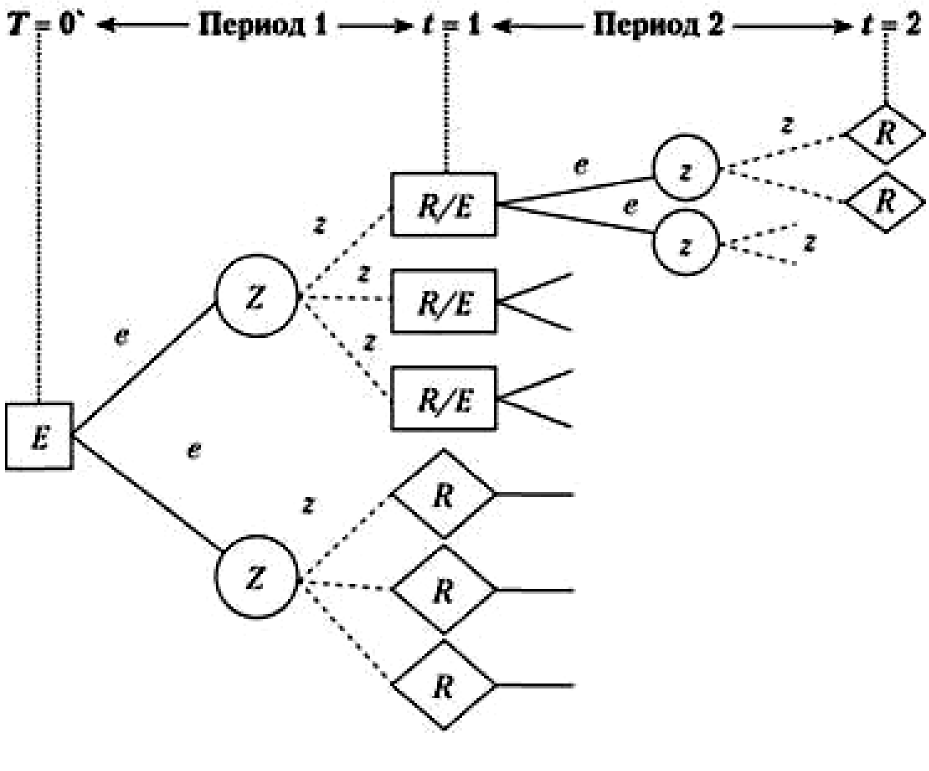


Рис. 1. Формальная структура «дерева решений»

«Дерево решений» имеет следующую структуру (см. рис. 1):

E – узел решения, т.е. узел, характеризующий момент принятия решения;

e – линия, представляющая альтернативу решения;

Z – узел события, т.е. узел, обозначающий случайное событие;

z – линия, описывающая состояние окружающей среды, явившейся следствием наступления случайного события;

R – узел результата, т.е. узел, обозначающий результаты, связанные с определенными альтернативными решениями и состояниями окружающей среды;

R/E – узел, обозначающий наличие определенного результата и необходимость принятия решения.

Аналитик проекта, осуществляющий построение "дерева решений", для формулирования различных сценариев развития проекта должен обладать необходимой и достоверной информацией с учетом вероятности и времени их наступления.

Можно предложить следующую последовательность сбора данных для построения "дерева решений":

• определение состава и продолжительности фаз жизненного цикла проекта;

• определение ключевых событий, которые могут повлиять на дальнейшее развитие проекта;

• определение времени наступления ключевых событий;

• формулировка всех возможных решений, которые могут быть приняты в результате наступления каждого ключевого события;

• определение вероятности принятия каждого решения;

• определение стоимости каждого этапа осуществления проекта (стоимости работ между ключевыми событиями) в текущих ценах.

На основании полученных данных строится «дерево решений», структура которого содержит узлы, представляющие собой ключевые события (точки принятия решений), и ветви, соединяющие узлы, – работы по реализации проекта.

В результате построения «дерева решений» рассчитываются вероятность каждого сценария развития проекта, ***NPV*** по каждому сценарию, а также ряд других принципиально важных как для анализа рисков проекта, так и для принятия управленческих решений показателей.

Построение "дерева решений" обычно используется для проектов, которые имеют обозримое количество вариантов развития. В противном случае "дерево решений" принимает очень большой объем, так что затрудняется не только вычисление оптимального решения, но и определение данных.

Метод полезен в ситуациях, когда более поздние решения сильно зависят от решений, принятых ранее, но, в свою очередь, определяют дальнейшее развитие событий.

Рассмотрим для наглядности пример использования данного метода.

Пример 1: Пусть необходимо выбрать лучший из трех возможных инвестиционных проектов: ИП1, ИП2, ИП3. Допустим, что для своего осуществления упомянутые проекты требуют вложения средств в размерах 200, 300 и 500 млн руб. и могут дать прибыль в размере 100, 200 и 300 млн руб. Риск потери средств по этим проектам характеризуется вероятностями на уровне 10, 5 и 20% соответственно. Какой проект лучше?

Ответить на вопрос чисто математическими средствами трудно. С помощью «дерева решений» этот ответ найти очень просто. «Дерево решений» для условий данного примера представлено на рис. 2.

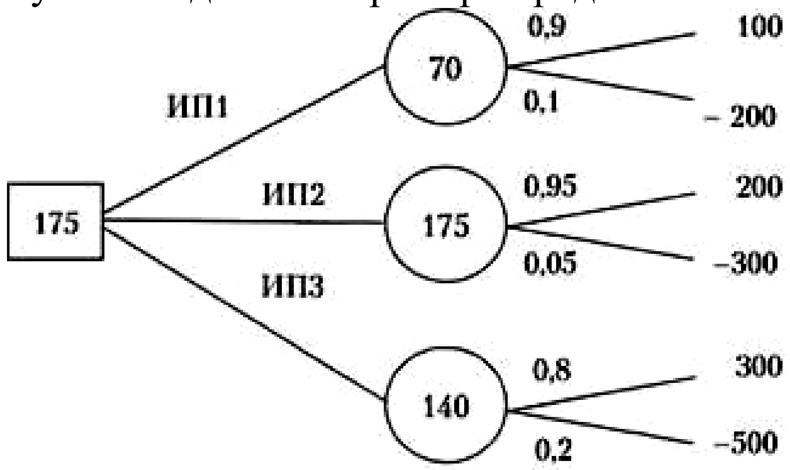


Рис. 2. Пример составления «дерева решений»

После составления «дерева решений» начинается его обратный анализ. Идя по «дереву» справа налево и попадая в кружки, необходимо поставить в них математические ожидания выплат, т.е. ожидаемую стоимостную оценку (***EMV***) – максимальную из сумм оценок выигрышей, умноженных на вероятность реализации выигрышей, для всех возможных вариантов.

Расчет последних выглядит так:

$EMV(x_1)$=100×0,9-200×0,1=70;

$EMV(x_2)$=200×0,95-300×0,05=175;

$EMV(x_3)$=300×0,8-500×0,2=140;

Эти математические ожидания и поставлены в кружки, изображающие узлы возникновения неопределенностей.

Двигаясь налево в последний квадрат ставится максимальная величина из тех, что стоят на концах выходящих из него ветвей. В нашем случае оптимальным является решение вложить средства в ИП2.

Пример 2: Главному инженеру компании надо решить, монтировать или нет новую производственную линию, использующую новейшую технологию. Если новая линия будет работать безотказно, компания получит прибыль 200 млн. рублей. Если же она откажет, компания может потерять 150 млн. рублей. По оценкам главного инженера, существует 60% шансов, что новая производственная линия откажет. Можно создать экспериментальную установку, а затем уже решать, монтировать или нет производственную линию.

Эксперимент обойдется в 10 млн. рублей. Главный инженер считает, что существует 50% шансов, что экспериментальная установка будет работать. Если экспериментальная установка будет работать, то 90% шансов зато, что смонтированная производственная линия также будет работать. Если же экспериментальная установка не будет работать, то только 20% шансов за то, что производственная линия заработает. Следует ли строить экспериментальную установку? Следует ли монтировать производственную линию? Какова ожидаемая стоимостная оценка наилучшего решения? Для ответа на эти вопросы строим «дерево решений» (рис. 3).

В узле F возможны исходы «линия работает» с вероятностью 0,4 (что приносит прибыль 200) и «линия не работает» с вероятностью 0,6 (что приносит убыток -150), следовательно

$$EMV(F) = 0{,}4\times200 + 0{,}6\times(-150) = -10.$$

Это число и пишется над узлом F. Для узла G

$$EMV(G) = 0.$$

В узле 4 необходимо осуществить выбор между решением «монтируем линию» (оценка этого решения $EMV(F)$ = -10) и решением «не монтируем линию» (оценка этого решения $EMV(G) = 0$):

$$EMV(4) = \max\{EMV(F), EMV(G)\}=\max\{-10,0\}=0=EMV(G).$$

Эту оценку мы пишем над узлом 4, а решение «монтируем линию» отбрасываем и зачеркиваем.

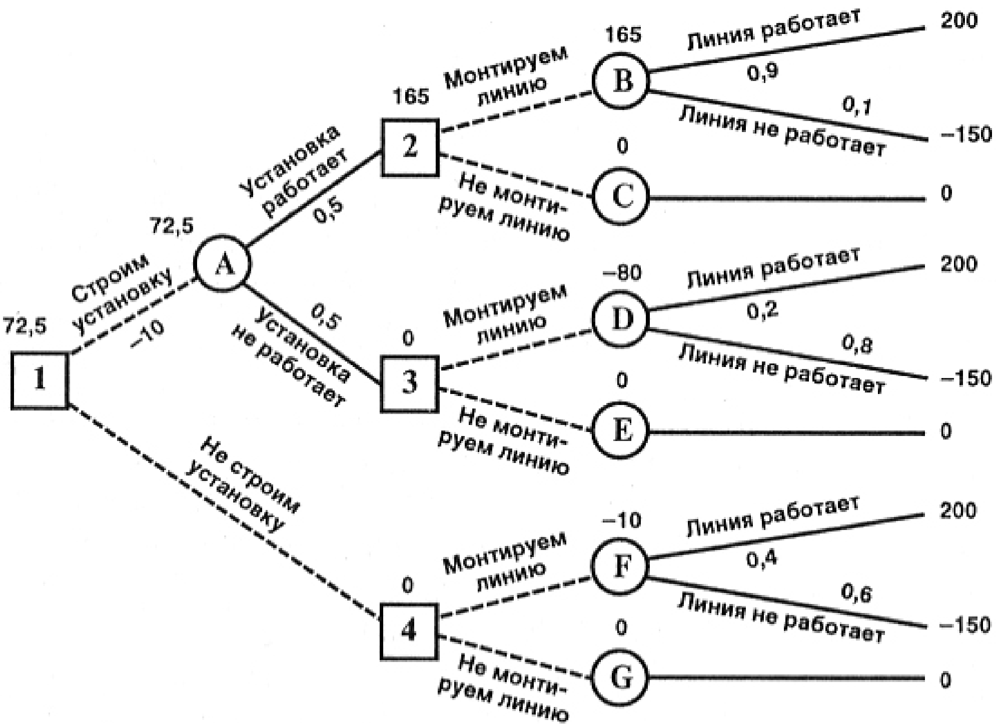


Рис. 3. «Дерево решений» для примера 2

Аналогично:

$$EMV(B)=0{,}9\times200+0{,}1\times(-150) = 180 - 15 = 165.$$

$$EMV(C) = 0.$$

$$EMV(2)=\max\{EMV(B), EMV(C\}=\max\{165; 0\}=165=EMV(5).$$

Поэтому в узле 2 отбрасываем возможное решение «не монтируем линию».

$$EMV(D)=0{,}2\times200+0{,}8\times(-150) = 40 - 120 = -80.$$

$$EMV(E) = 0.$$

$$EMV(3)=\max\{EMV(D), EMV(E)\}=\max\{-80; 0\}=0=EMV(E).$$

Поэтому в узле 3 отбрасываем возможное решение «монтируем линию».

$$EMV(A)= 0{,}5\times165 + 0{,}5\times0-10=72{,}5.$$

$$EMV(l)=\max\{EMV(A), EMV(4)\}=\max\{72{,}5; 0\}=72{,}5=EMV(A).$$

Поэтому в узле 1 отбрасываем возможное решение «не строим установку».

Ожидаемая стоимостная оценка наилучшего решения равна 72,5 млн. рублей. Строим установку. Если установка работает, то монтируем линию. Если установка не работает, то линию монтировать не надо.

Пример 3: Компания рассматривает вопрос о строительстве завода. Возможны три варианта действий.

А. Построить большой завод стоимостью $M1 = 700$ тысяч долларов. При этом варианте возможны большой спрос (годовой доход в размере $R1 = 280$ тысяч долларов в течение следующих 5 лет) с вероятностью $p1 = 0{,}8$ и низкий спрос (ежегодные убытки $R2 = 80$ тысяч долларов) с вероятностью $p2 = 0{,}2$.

Б. Построить маленький завод стоимостью $M2 = 300$ тысяч долларов. При этом варианте возможны большой спрос (годовой доход в размере $T1 = 180$ тысяч долларов в течение следующих 5 лет) с вероятностью $p1 = 0{,}8$ и низкий спрос (ежегодные убытки $T2 = 55$ тысяч долларов) с вероятностью $p2 = 0{,}2$.

В. Отложить строительство завода на один год для сбора дополнительной информации, которая может быть позитивной или негативной с вероятностью $p3 = 0{,}7$ и $p4 = 0{,}3$ соответственно. В случае позитивной информации можно построить заводы по указанным выше расценкам, а вероятности большого и низкого спроса меняются на $p5 = 0{,}9$ и $p6 = 0{,}1$ соответственно. Доходы на последующие четыре года остаются прежними. В случае негативной информации компания заводы строить не будет.

Нарисовав дерево решений, определим наиболее эффективную последовательность действий, основываясь на ожидаемых доходах (Рис. 4).

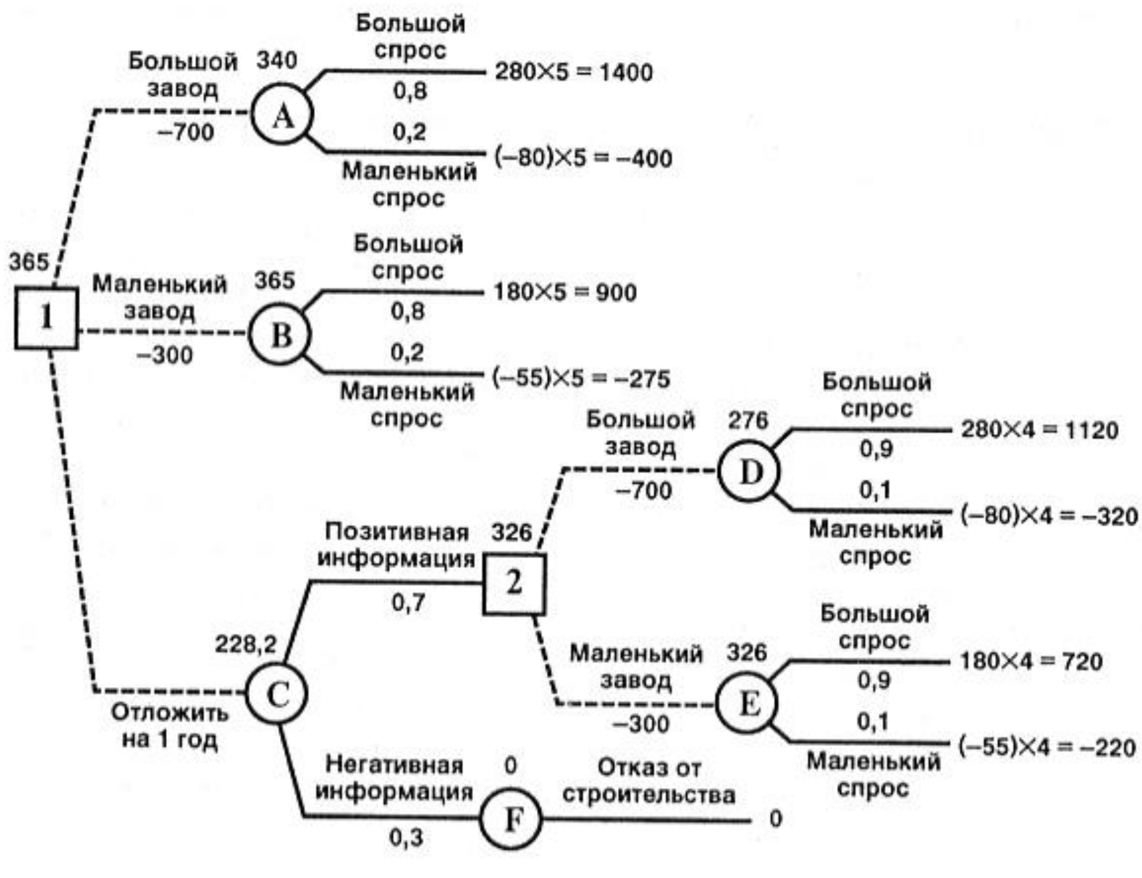


Рис. 4. «Дерево решений» для примера 3

Ожидаемая стоимостная оценка узла A равна

$$EMV(A) = 0{,}8\times1400 + 0{,}2\times(-400) - 700 = 340.$$

$$EMV(B) = 0{,}8\times900 + 0{,}2\times(-275) - 300 = 365.$$

$$EMV(D) = 0{,}9\times1120 + 0{,}1\times(-320) - 700 = 276.$$

$$EMV(E) = 0{,}9\times720 + 0{,}1\times(-220) - 300 = 326.$$

$$EMV(2)=\max\{EMV(D), EMV(E)\}=\max\{276; 326\}=326= EMV(E).$$

Поэтому в узле 2 отбрасываем возможное решение «большой завод».

$$EMV(C) = 0{,}7\times326 + 0{,}3\times 0 = 228{,}2.$$

$$EMV(1)=\max\{EMV(\mathrm{A}), EMV(B), EMV(C)\}=$$
$$=\max\{340; 365; 228{,}2\}= 365=EMV(B).$$

Поэтому в узле 1 выбираем решение «маленький завод». Исследование проводить не нужно. Строим маленький завод. Ожидаемая стоимостная оценка этого наилучшего решения равна 365 тысяч долларов.

2. ВАРИАНТЫ ЗАДАЧ

Задача №1. Вас пригласили на телевизионную игру *Колесо фортуны*. Колесо управляется электронным образом с помощью двух кнопок, которые сообщают колесу сильное В или слабое Н вращение. Само колесо разделено на равные области – белую Б и красную К. Вам сообщили, что в белой области колесо останавливается с вероятностью 0,3, а в красной – 0.7. Плата, которую вы получаете за игру, равна (в долл.) следующему.

	Б	К
Н	800	200
В	-2500	1000

Изобразите соответствующее дерево решений.

Задача №2. Фермер Мак-Кой может выращивать либо кукурузу, либо соевые бобы. Вероятность того, что цены на будущий урожай этих культур повысится, останутся на том же уровне или понизятся, равна соответственно 0,25, 0,30 и 0,45. Если цены возрастут, урожай кукурузы даст 30000 долл. чистого дохода, а урожай соевых бобов 10000 долл. Если цены останутся неизменными, Мак-Кой лишь покроет расходы. Но если цены станут ниже, урожай кукурузы и соевых бобов приведет к потерям в 35000 и 5000 долл. соответственно.

А) Представьте данную задачу в виде дерева решений.

Б) Какую культуру следует выращивать Мак-Кою?

Задача №3. Допустим, у вас имеется возможность в три инвестиционных фонда открытого типа: простой, специальный (обеспечивающий максимальную долгосрочную прибыль от акций мелких компаний) и глобальный. Прибыль от инвестиций может измениться и зависимости от условий рынка. Существует 10%-ная вероятность, что ситуация на рынке ценных бумаг ухудшится, 50%-ная – что рынок останется умеренным и 40%-ная – рынок будет возрастать. Следующая таблица содержит значения процентов прибыли от суммы инвестиций при трех возможных развитиях рынка.

Процент прибыли от инвестиций (%)			
Альтернатива (фонды)	Ухудшающийся рынок	Умеренный рынок	Растущий рынок
Простой	+5	+7	+8
Специальный	-10	+5	+30
Глобальный	+2	+7	+20

А) Представьте данную задачу в виде дерева решений.

Б) Какой фонд открытого типа вам следует выбрать?

Задача №4. Предположим, у вас имеется возможность вложить деньги либо в 7,5%-ные облигации, которые продаются по номинальной цене, либо в специальные фонды, которые выплачивает лишь 1% дивидендов. Если существует вероятность инфляции, процентная ставка возрастает до 8%, и в этом случае номинальная стоимость облигаций увеличивается на 10%, а цена акций фонда – на 20%. Если прогнозируется спад, то процентная ставка понизится до 6%. При этих условиях ожидается, что номинальная стоимость облигаций поднимется на 5%, а цена акций фонда – на 20%. Если состояние экономики останется неизменным, цена акций фонда увеличится на 8%, а номинальная стоимость облигаций не изменится. Экономисты оценивают в 20% шансы наступления инфляции и в 15% - наступление спада. Ваше решение относительно инвестиций принимается с учетом экономических условий следующего года.

А) Представьте данную задачу в виде дерева решений.

Б) Будете ли вы покупать акции фонда или облигации?

Задача №5. Фирма планирует производство новой продукции быстрого питания в национальном масштабе. Исследовательский отдел убежден в большом успехе новой продукции и хочет внедрить её немедленно, без рекламной компании на рынках сбыта фирмы. Отдел маркетинга положение вещей оценивает иначе и предлагает провести интенсивную рекламную компанию. Такая компания обойдется в 100000 долл., а в случае успеха принесет 950000 долл. годового дохода. В случае провала рекламной компании (вероятность этого составляет 30%) годовой доход оценивается лишь в 200000 долл. Если рекламную компанию не проводить вовсе, годовой доход оценивается в 400000 долл. при условии, сто покупателям понравится новая продукция (вероятность этого равна 0,8), и в 200000 долл. с вероятностью 0,2, если покупатели останутся равнодушными к новой продукции.

А) Постройте соответствующее дерево решений.

Б) Как должна поступить фирма в связи с производством новой продукции?

Задача №6. Симметричная монета подбрасывается три раза. Вы получаете один доллар за каждое выпадение герба (*Г*) и дополнительно 0,25 за каждые два последовательные выпадения герба (заметим, что выпадение *ГГГ* состоит из двух последовательностей *ГГ*). Однако вам приходить платить 1,1 долл. за каждое выпадение решки (Р). Вашим решением является участие или неучастие в игре.

А) Постройте соответствующее дерево решений для описания игры.

Б) Будете ли вы играть в эту игру?

Задача №7. Предположим, у вас имеется возможность сыграть в игру следующего содержания. Симметричная игральная кость бросается два раза, при этом возможны четыре исхода: 1) выпадает два четных числа, 2) выпадает два нечетных числа, 3) выпадает сначала четное число, затем нечетное, 4) выпадает сначала нечетное число, затем четное число. Вы можете делать одинаковые ставки на два исхода. Например, вы можете поставить на два четных числа (исход 1) и на два нечетных (исход 2). Выигрыш на каждый доллар, поставленный на первый исход, равен 2 доллара, на второй и третий исходы – 1,95 доллара, на четвертый исход – 1,50 доллара.

А) Постройте дерево решений для описания игры?

Б) На какие исходы следует делать ставки?

В) Можно ли иметь стабильный выигрыш в этой игре?

Задача №8. Фирма производит партии продукции с 0,8, 1, 1,2 и 1,4% бракованных изделий с вероятностями 0,4, 0,3, 0,25 и 0,05 соответственно. Три потребителя А, В и С заключили контракт на получение партий изделий с процентом некачественных изделий не выше 0,8, 1,2 и 1,4% соответственно. Фирма штрафуется за каждый пункт процента (одна десятая процента) в случае, если процент некачественных изделий выше указанного. Наоборот, поставка партий изделий с меньшим процентом бракованных изделий, чем оговорено в контракте, приносит фирме прибыль в 500 долл. за каждый пункт процента. Предполагается, что партии изделий перед отправкой не проверяют.

А) Постройте соответствующее дерево решений.

Б) Какой из потребителей должен иметь наивысший приоритет при получении своего заказа?

Задача №9. Фирма планирует открыть новое предприятие в Арканзасе. В настоящие время имеется возможность построить либо крупное предприятие, либо небольшое, которое через два года можно будет расширить при условии высокого спроса на выпускаемую им продукцию. Рассматривается задача принятия решений на десятилетний период. Фирма оценивает, что на протяжении этих 10 лет вероятность высокого и низкого спроса на производимую продукцию будет равна 0,75 и 0,25 соответственно. Стоимость немедленного строительства крупного предприятия равна 5 млн. долл., а небольшого 1 млн. долл. Расширение малого предприятия через два года обойдется фирме в 4,2 млн. долл. Прибыль, получаемая от функционирования мощностей на протяжении 10 лет, приводится в следующей таблице.

Ожидаемый доход за год (тыс. долл.)		
Альтернатива	Высокий спрос	Низкий спрос
Крупное предприятие сейчас	1000	300
Небольшое предприятие сейчас	250	200
Расширенное предприятие через 2 года	900	200

А) Постройте соответствующее дерево решений, принимая во внимание, что через два года фирма может либо расширить небольшое предприятие, либо не расширять его.

Б) Сформулируйте стратегию строительства для фирмы на планируемый 10-летний период.

Задача №10. Решите задачу №9, предположив, что ежегодная учетная ставка равна 10% и что решение принимается с учетом инфляции.

Задача №11. Решите задачу 9, предположив, что спрос может быть высоким, средним и низким с вероятностями 0,7, 0,2 и 0,1 соответственно. Расширение небольшого предприятия будет проведено лишь в том случае, если на протяжении первых двух лет спрос будет высоким. Следующая таблица содержит данные о прибылях за год.

	Ожидаемый доход за год (тыс. долл.)		
Альтернатива	Высокий спрос	Средний спрос	Низкий спрос
Крупное предприятие сейчас	1000	500	300
Небольшое предприятие сейчас	400	280	150
Расширенное предприятие через 2 года	900	600	200

Задача №12. Электроэнергетическая компания использует парк из 20 грузовых автомобилей для обслуживания электрической сети. Компания планирует периодический профилактический ремонт автомобилей. Вероятность поломки автомобиля в первый месяц равна нулю, во второй месяц – 0,03 и увеличивается на 0,01 для каждого последующего месяца, по десятый включительно. Начиная с одиннадцатого месяца и далее, вероятность поломки сохраняется постоянной на уровне 0,13. Случайная поломка одного грузового автомобиля обходится компании в 200 долл., а планируемый профилактический ремонт в 75 долл. Компания хочет определить оптимальный период (в месяцах) между планируемыми профилактическими ремонтами.

А) Постройте соответствующее дерево решений.

Б) Определите оптимальную длину цикла для профилактического ремонта.

Задача №13. Ежедневный спрос на булочки в продовольственном магазине задается следующими параметрами.

n	100	150	200	250	300
p_n	0,20	0,25	0,30	0,15	0,10

Магазин покупает булочку по 55 центов, а продает по 1,20 долл. Если булочка не продана в тот же день, то к концу дня она может быть реализована за 25 центов. Величина запаса булочек может принимать одно из возможных значений спроса, которые перечислены выше.

А) Постройте соответствующее дерево решений.

Б) Сколько бутылочек необходимо заказывать ежедневно?

Задача №14. Пусть в задаче №13 временной интервал, для которого необходимо решить задачу принятия решений, составляет два дня. Альтернативы для второго дня зависят от реализации булочек в первый день. Если реализован в точности весь запас первого дня, магазин закажет такое же количество булочек и на второй день. Если потребность в булочках в первый день превышает имеющийся запас, то для второго дня магазин может заказать любой из объемов спроса на булочки, который превышает запас первого дня. И, наконец, если в первый день реализовано меньше булочек, чем было закуплено, то для второго дня магазин может заказать любой из объёмов спроса на булочки, который меньше запаса первого дня. Постройте соответствующее дерево решений и определите оптимальную стратегию заказа.

3. **РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАДАЧ ПО ВАРИАНТАМ**

№ вар.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
№ зад.	4,13	2, 8	3, 12	4 , 14	5, 13	1, 12	10, 3	8, 11	9, 7	4, 14

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вентцель Е.С. Исследование операций. Задачи, принципы, методология. М. Наука. 1988.

2. Государственная транспортная политика Российской Федерации. Концепция, одобренная Правительством РФ 18.09.1997. №1143

3. Кузнецов Е.С. Управление техническими системами. Учебное пособие. МАДИ. М. 1998. 202 с.

4. Кузнецов Е.С. Состояние и тенденции технической эксплуатации и сервиса автомобилей в России. М. Информтранс. 2000. (Автомобильный транспорт. Сер. Техническая эксплуатация и ремонт автомобилей).

5. Кузнецов Е.С. Управление технической эксплуатацией автомобилей. Издание второе, переработанное и дополненное. М.: Транспорт, 1990. – 272 с.

6. Котлер Ф. Основы маркетинга. Пер. с англ. М.: Прогресс. 1991. – 736 с.

7. Макконнелл К.Р., Бью С.Л. Экономика. Принципы, проблемы и политика. М., «Менеджер»: 1993. – 167 с.

8. Техническая эксплуатация автомобилей: Учебник для вузов (под ред. Е.С. Кузнецова). М.: Наука, 2001. – 535 с.

9. Ассель Г. Маркетинг – принципы и стратегия. М.: ИНФРА-М, 2001. – 804 с.

10. Блудян Н.О. Совершенствование структуры парка автомобилей Мострансавто с использованием механизма финансового лизинга. Глобус. М. 1999.

11. Гуджоян О.П., Землянский Л.А., Коноплянко В.И. Методы принятия управленческих решений. МАДИ. –М. 1997 г. 154 с.

12. Домнина С.В. Приобретение подвижного состава на условиях лизинга. АСМАП. М. 1999. – 204 с.

13. Кузнецов Е.С. Техническая эксплуатация автомобилей в США. М.: Транспорт, 1992. – 352 с.

14. Кузнецов Е.С., Постолит А.В. Компьютеризация процессов принятия инженерных решений на автомобильном транспорте. Часть 1. Информационное обеспечение управления автотранспортными предприятиями. Вып. 2. Обзорная информация. Информационный центр по автомобильному транспорту «Информавтотранс». М.: 1992. – 38 с.

15. Кузнецов Е.С. Проблемы регулирования развития транспортной системы Швеции. Информавтотранс. Автомобильный транспорт. Вопросы автомобильных перевозок. Информационный сборник. Вып. 2. -М.: 2000. – 29 с.

16. Морита А. Сделано в Японии. М. Прогресс. 1990. – 413 с.

17. Питер Лоуренс Дж. Принцип Питера, или почему дела идут вкривь и вкось. Пер. с англ. Прогресс. -М.: 1990.

18. Проблемы и методы обеспечения экологической безопасности автотранспортного комплекса Московского региона. Учебное пособие (под редакцией Кузнецова Е.С., Маршалкина Г.И.). МАДИ – М.: 1998.

19. Прудовский Б.Д., Ухарский В.Б. Управление технической эксплуатацией автомобилей по нормативным показателям. -М. :Транспорт, 1990.

20. Руководство по подготовке промышленных технико-экономических исследований ЮНИДО. Интерэксперт. –М., 1995.

21. Феофанова М.Р. Управление персоналом, методология анализа качества рабочей силы. Наука. –М.: 2001. 214 с.

22. Стандарт Системы менеджмента качества кафедры «Автомобильный транспорт» ГОУ ВПО «БрГУ». СТ АТ 2.301-2006. Оформление текстовых учебных документов / Разраб. В.Н.Тарасюк. – Братск: ГОУ ВПО «БрГУ», 2006. – 23с.