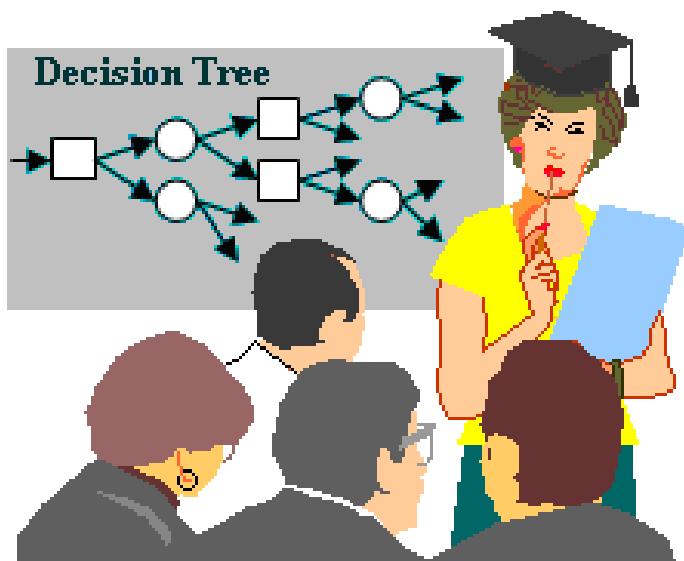


С.В. Амелин И.В. Щетинина

МЕТОДЫ ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ: ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

Учебное пособие



Воронеж 2014

ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный
технический университет»

С.В. Амелин И.В. Щетинина

**МЕТОДЫ ПРИНЯТИЯ
УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ:
ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ**

Утверждено Редакционно-издательским советом
университета в качестве учебного пособия

Воронеж 2014

УДК 519.85

Амелин С.В. Методы принятия управленческих решений: лабораторный практикум: учеб. пособие / С.В. Амелин, И.В. Щетинина. Воронеж: ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет», 2014. 145 с.

В учебном пособии представлены материалы лабораторных занятий по дисциплине “Методы принятия управленческих решений”, позволяющие освоить методы и модели принятия управленческих решений в условиях определённости, многокритериальности, неопределённости и риска. Рассмотренные примеры решения задач нацелены на повышение конкурентоспособности продукции и эффективности управления производственными системами.

Издание соответствует требованиям Федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по направлению 080200.62 «Менеджмент», профилям «Производственный менеджмент», «Менеджмент организации», «Логистика и управление цепями поставок», дисциплине «Методы принятия управленческих решений».

Табл. 44. Ил. 60. Библиогр.: 12 назв.

Научный редактор д-р экон. наук, проф. О.Г. Туровец

Рецензенты: кафедра информационных технологий
и математических методов Воронежского государственного университета (зав. кафедрой д-р экон. наук, проф. В.В. Давнис);
д-р экон. наук, доц. И.Н. Щепина

© Амелин С.В., Щетинина И.В., 2014

© Оформление. ФГБОУ ВПО

“Воронежский государственный
технический университет”, 2014

ВВЕДЕНИЕ

Решение задач совершенствования организации управления производством требует развития методологических основ и методики, науки и практики принятия решений на основе современных достижений смежных наук: организации производства и управления, экономики, математического моделирования, информатики, социологии, психологии и др.

Разработка и реализация управленческих решений являются основой процесса управления производством. Сложность современного производства и управления делает необходимым использование научных методов в принятии решений, поскольку даже небольшие просчёты могут вылиться в крупномасштабные потери. Поэтому важное значение имеет изучение возможностей применения методов и моделей принятия решений для поддержки процессов разработки и реализации управленческих решений, как в условиях полной информации, так и в условиях неопределенности вследствие дефицита информации и связанного с этим риска.

Методы активного обучения принятию управленческих решений призваны помочь руководителю освоить методы качественного и количественного анализа ситуации, выбора рациональных решений и их оперативной реализации. По мере обучения накапливается опыт и развивается интуиция руководителей производства.

В пособии приводятся необходимые материалы для проведения занятий в форме активного обучения, а также ситуации, требующие использования различных математических методов и моделей для обоснования решений, позволяющих повысить конкурентоспособность продукции и эффективность управления производственными системами.

Целью дисциплины "Методы принятия управленческих решений" является подготовка студентов к использованию современной теории и практики разработки, принятия и реа-

лизации управленческих решений в процессе управления предприятием.

Задачи дисциплины:

- изучение теоретических основ и развитие практических навыков принятия решений в реальных условиях многокритериальности и неполноты информации рыночной экономики, с использованием современных информационных технологий;

- освоение будущим менеджером комплекса методов поиска и обоснованного выбора наилучших решений, формирование у него потребности в их повседневном использовании, раскрытие особенности решений, принимаемых руководителем производственного коллектива и возможности технических средств в реализации основных технологических этапов их получения;

- развитие у студентов навыков творческого подхода к анализу производственных ситуаций и выработке своевременных обоснованных управленческих решений на современных машиностроительных предприятиях.

Требования к уровню освоения дисциплины.

Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины:

Общекультурные

ОК – 15: владеть методами количественного анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования.

В результате изучения дисциплины студент должен знать:

- основные математические модели принятия решений в условиях многокритериальности, неопределённости и риска (ОК-15);

уметь:

- решать типовые математические задачи, используемые при принятии управленческих решений с использованием

методов многокритериальной оптимизации, теории игр и статистических решений, экспертных методов (ОК-15);

владеть:

- математическими, статистическими и количественными методами решения типовых организационно-управленческих задач при принятии управленческих решений (ОК-15).

Лабораторная работа № 1

Принятие решения о распределении работ между исполнителями

Цель работы: углубление знаний в области принятия управленческих решений при планировании работ в организации на основе оптимизационных моделей линейного программирования.

Выполнение данной лабораторной работы предполагает решение следующего комплекса задач:

усвоение понятий в области принятия оптимальных решений на основе применения аппарата линейного программирования;

изучение правил постановки оптимизационной задачи, формулировки ограничений и выбора целевой функции для конкретного типа задач принятия решений;

решение задачи выработки оптимального решения с помощью средств вычислительной техники, анализ и оценка с помощью экономических критериев полученных результатов;

приобретение навыков применения теоретических положений принятия управленческих решений при решении практических задач в области организационного управления.

Исходные положения. Принятие оптимальных управленческих решений с помощью методов математического программирования широко используются при решении экономических задач организации, планирования и управления производством. С помощью оптимизационных моделей математического программирования решаются задачи распределения капитальных вложений, разработки оптимальных планов производства, оптимизации транспортно-экономических связей между поставщиками и потребителями, распределения фонда материалов между подразделениями производства, раскроя материалов в заготовительном производстве и много других задач принятия оптимальных решений.

Материальные, финансовые, трудовые ресурсы всегда ограничены. Поэтому очень важно принятие оптимальных решений

по их распределению и использованию, способствующих достижению наибольшей эффективности функционирования предприятия. При этом характер и степень экономической эффективности решения зависит от избранного критерия оптимальности. В ряде случаев таким критерием может быть прибыль, которую нужно максимизировать или затраты, требующие минимизации.

Постановка задачи. При принятии решения в области планирования распределения выполнения работ между исполнителями будем использовать методы линейного программирования. Задача состоит в том, чтобы распределить работы между исполнителями разной квалификации таким образом, чтобы добиться минимума суммы произведений времени выполнения каждой работы на дневную (часовую) заработную плату исполнителей соответствующих работ. При решении задач такого типа учитываются следующие условия: ограничения по фонду рабочего времени каждого сотрудника и ограничения по объему работ, которые необходимо выполнить. При этом необходимо учитывать, что квалификация, компетентность работников в отношении каждой из работ будет различной, а значит различными будут и коэффициенты производительного, полезного использования рабочего времени каждого сотрудника по соответствующим их возможностям работам. Так, если работник обладает наивысшей квалификацией, компетентностью по данному профилю работ, он будет использовать свое рабочее время со 100 % эффектом и его коэффициент полезного использования рабочего времени составит 1. Сотруднику, менее квалифицированному в данной работе понадобится больше времени на то, чтобы вникнуть в суть дела, а значит, и его коэффициент полезного использования рабочего времени составит лишь часть от максимально возможного, например 0,7. И, наконец, для сотрудника, который не может выполнить какую-либо работу, такой коэффициент примет нулевое значение. Величина коэффициента производительного использования рабочего времени определяется методом экспертной оценки и может принимать значения в интервале от нуля до единицы.

Математическая модель задачи.

Введем обозначения:

X_{ij} - время, затрачиваемое на выполнение i -й работы j -м сотрудником, ($i=1, \overline{m}; j=1, \overline{n}$);

m - количество работ, которые необходимо выполнить;

n - количество сотрудников, распределяемых по работам;

K_{ij} - коэффициент производительного использования рабочего времени по i -й работе j -м сотрудником;

T_i - трудоемкость выполнения i -й работы, чел.-дн.;

F_j - полезный фонд времени j -го сотрудника, дн.;

C_j - дневной оклад j -го сотрудника, ден.ед./день.

Тогда математическая модель примет вид:

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^n X_{ij} K_{ij} = T_i; & X_{ij} \geq 0 \\ \sum_{i=1}^m X_{ij} \leq F_j; & i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}; \end{cases}$$

$$f(X) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_j X_{ij} \rightarrow \min.$$

Составить оптимальный план распределения комплекса работ по повышению конкурентоспособности продукции на предприятии “Cool-man” между исполнителями с учетом минимума затрат на выполнение всех работ. Исходные данные представлены в табл. 1.

Таблица 1

Исходные данные для задачи распределения работ

Наименование работ	Коэффициент полезного использования рабочего времени			Трудоёмкость работы, чел-дн
	Нач - к отдела маркетинга	Зам. начальника	Специалист по оценке конкурентоспособности	
1. Изучение и перевод литературы по теме «конкурентоспособность продукции» и составление обзора	0,9	1,0	0,8	17
2. Теоретическая работа по анализу и выработке концепции повышения конкурентоспособности продукции	1,0	0,9	0,7	55
3. Разработка модели повышения конкурентоспособности продукции и программы расчетов на ЭВМ	0,6	0,7	0,9	20
4. Обобщение результатов	1,0	0,9	0,5	5
5. Оформление отчета	0,6	0,7	1,0	2
Фонд рабочего времени сотрудника, дн	40	65	35	
Дневная ставка сотрудника, ден.ед.	36	21	15	

Подставим исходные данные в математическую модель:

ограничения по плановому объёму выполнения работ -

$$0,9X_{11} + X_{12} + 0,8X_{13} = 17$$

$$X_{21} + 0,9X_{22} + 0,7X_{23} = 55$$

$$0,6X_{31} + 0,7X_{32} + 0,9X_{33} = 20$$

$$X_{41} + 0,9X_{42} + 0,5X_{43} = 5$$

$$0,6X_{51} + 0,7X_{52} + X_{53} = 2 ,$$

ограничения по располагаемому фонду рабочего времени -

$$X_{11} + X_{21} + X_{31} + X_{41} + X_{51} \leq 40$$

$$X_{12} + X_{22} + X_{32} + X_{42} + X_{52} \leq 65$$

$$X_{13} + X_{23} + X_{33} + X_{43} + X_{53} \leq 35 ,$$

целевая функция – минимизация фонда оплаты труда -

$$\begin{aligned} f(x) = & 36X_{11} + 21X_{12} + 15X_{13} + 36X_{21} + 21X_{22} + 15X_{23} + \\ & 36X_{31} + 21X_{32} + 15X_{33} + 36X_{41} + 21X_{42} + 15X_{43} + \\ & 36X_{51} + 21X_{52} + 15X_{53} \rightarrow \min . \end{aligned}$$

Для автоматизации решения задачи на ЭВМ используем программу Поиск решения, реализованную в Excel. Исходные данные введём в таблицу Excel в ячейки В3:Е9 (рис. 1). Коэффициенты полезного использования рабочего времени вводятся в ячейки В3:Д7, величины трудоёмкости работ вводятся в ячейки Е3:Е7, фонд рабочего времени работников вводится в ячейки В8:Д8, дневная ставка оплаты труда работников вводится в ячейки В9:Д9.

При вводе математических выражений для ограничений задачи и функции цели необходимо определить место в таблице (В13:Д17), предназначенное для размещения искоемых переменных – времени выполнения работ (рис. 2).

	А	В	С	Д	Е
1	Наименование работ	Коэффициент полезного использования рабочего времени			Трудоем- кость работы, чел-дн
2		Нач - к отдела маркетинга	Зам. начальника	Специалист по оценке конкуренто- способности	
3	1. Изучение и перевод литературы по теме «конкурентоспособность продукции» и составление обзора	0,9	1	0,8	17
4	2. Теоретическая работа по анализу и выработке концепции повышения конкурентоспособности продукции	1	0,9	0,7	55
5	3. Разработка модели повышения конкурентоспособности продукции и программы расчетов на ЭВМ	0,6	0,7	0,9	20
6	4. Обобщение результатов	1	0,9	0,5	5
7	5. Оформление отчета	0,6	0,7	1	2
8	Фонд рабочего времени сотрудника, дн	40	65	35	
9	Дневная ставка сотрудника, ден.ед.	36	21	15	

Рис. 1. Исходные данные для расчёта

Microsoft Excel - Книга1

Файл Правка Вид Вставка Формат Сервис Данные Окно Справка

Введите вопрос

100%

Times New Roman 10

Ж К

B18 Σ =СУММ(B13:B17) Автосумма

	A	C	D	E
10				
11		Затраты времени на выполнения работ		
12	Наименование работ	Нач - к отдела маркетинга	Зам. начальника	Специалист по оценке конкурентоспособности
13	1. Изучение и перевод литературы по теме «конкурентоспособность продукции» и составление обзора			=СУММПРОИЗВ(B3:D3;B13:D13)
14	2. Теоретическая работа по анализу и выработке концепции повышения конкурентоспособности продукции			=СУММПРОИЗВ(B4:D4;B14:D14)
15	3. Разработка модели повышения конкурентоспособности продукции и программы расчетов на ЭВМ			=СУММПРОИЗВ(B5:D5;B15:D15)
16	4. Обобщение результатов			=СУММПРОИЗВ(B6:D6;B16:D16)
17	5. Оформление отчета			=СУММПРОИЗВ(B7:D7;B17:D17)
18	Отработанное время сотрудника, дн	=СУММ(B13:B17)	=СУММ(C13:C17)	=СУММ(D13:D17)
19	Фонд оплаты труда, ден.ед.		(функция цели)	=СУММПРОИЗВ(B9:D9;B18:D18)

Рис. 2. Ввод математических выражений для ограничений и функции цели

Левые части ограничений по объёму выполняемых работ вводятся в ячейки E13:E17 с помощью функции листа =СУММПРОИЗВ из категории *Математические* (рис. 3). Аргументами данной функции являются коэффициенты полезного использования рабочего времени и искомые переменные - затраты времени на выполнение работ сотрудниками для каждого из видов работ.

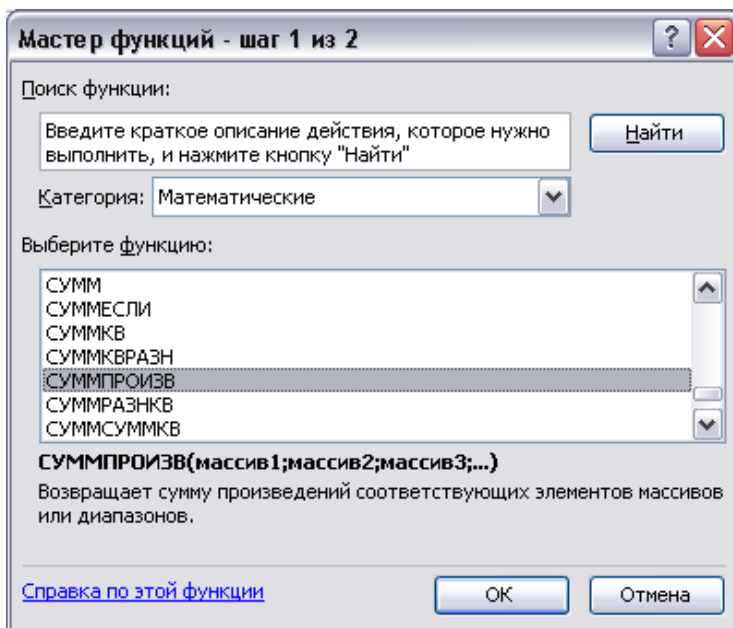


Рис. 3. Выбор функции СУММПРОИЗВ

Выделить ячейку E13 и ввести в неё функцию СУММПРОИЗВ (рис. 4), задав массив1 – В3:D3 и массив2 – В13:D13. Скопировать введённую функцию в ячейки E14:E17, потянув за маркер заполнения (чёрный квадратик в правом углу выделенной ячейки E13 с формулой) при нажатой левой кнопке мыши.

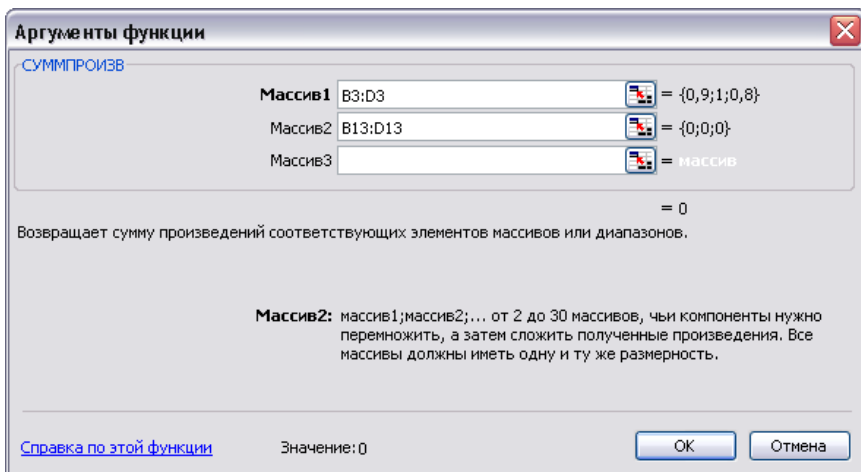


Рис. 4. Ввод аргументов функции СУММПРОИЗВ

Левые части ограничений по фонду времени сотрудников вводятся в ячейки B18:D18 с помощью функции листа =СУММ из категории *Математические*, или с помощью функции *Автосумма*, нажав левой кнопкой мыши на соответствующую пиктограмму и выделив с помощью мыши требуемую область для проведения операции суммирования (рис. 5). Аргументами данной функции являются искомые переменные - затраты времени на выполнение работ для каждого из сотрудников в отдельности.

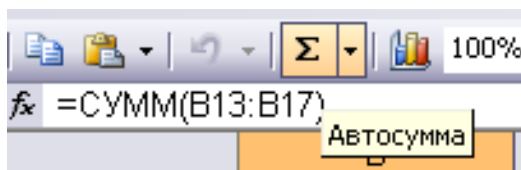


Рис. 5. Функция Автосумма

Целевую функцию задачи, позволяющую минимизировать фонд оплаты труда сотрудников, введём в ячейку E19 с помощью функции листа =СУММПРОИЗВ из категории *Математические*. Аргументами данной функции являются сум-

марные затраты рабочего времени, получаемые в результате вычисления функций в ячейках B18:D18, и дневная ставка оплаты труда сотрудников, величины которой размещены в ячейках B9:D9.

Для решения задачи необходимо вызвать программу *Поиск решения* из меню *Сервис* (рис. 6).

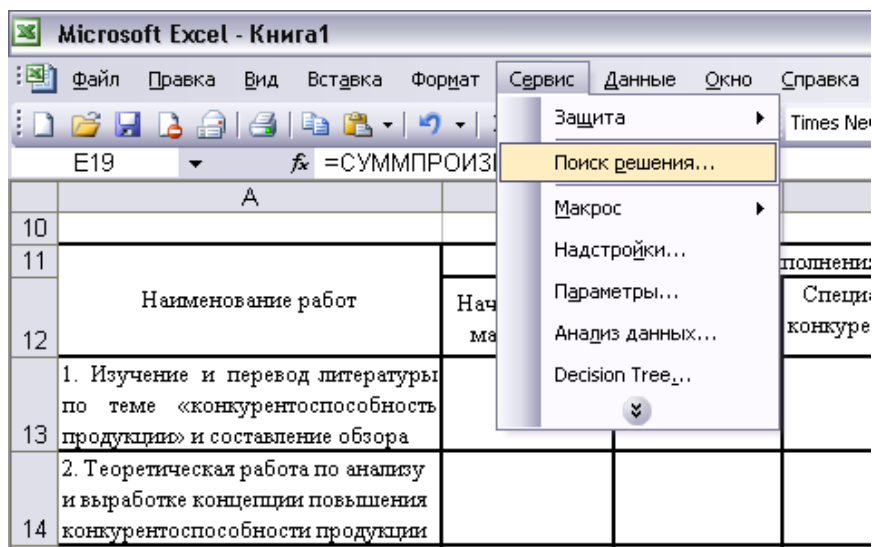


Рис. 6. Вызов программы Поиск решения

В диалоговой форме программы *Поиск решения* (рис. 7) в окне *Установить целевую ячейку* необходимо указать адрес ячейки, содержащей функцию цели (фонд оплаты труда) – E19, для которой нужно отыскать минимальное значение, *изменяя ячейки* B13:D17, отведённые под искомые переменные.

В поле *Ограничения* программы *Поиск решения* следует ввести (кнопка *Добавить*) соотношения: $E13:E17 = E3:E7$ (т.к. работа должна быть выполнена) и $B18:D18 \leq B8:D8$ (т.е. фонд времени не может быть превышен). Адреса левых частей ограничений, содержащие формулы, вводятся в поле *Ссылка на ячейку*, затем выбирается знак отношения в виде строгого

или нестрогого равенства ($\leq$, $=$ или $\geq$), а в поле Ограничение вводится адреса ячеек, содержащих численные значения правой части ограничений (рис. 8).

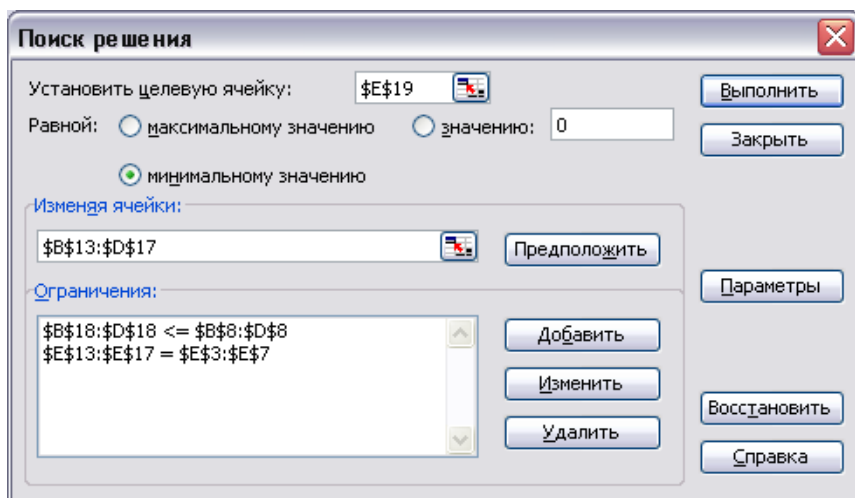


Рис. 7. Ввод задачи в диалоговое окно *Поиска решения*

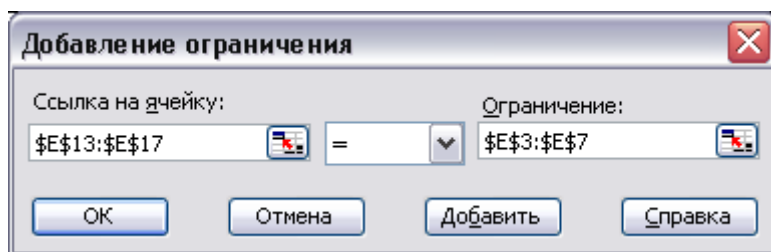


Рис. 8. Ввод ограничений в форму *Добавление ограничений*

Для получения адекватного оптимального решения задачи необходимо после нажатия кнопки *Параметры* установить “галочки” в окошках *Линейная модель*, *Неотрицательные значения* и *Автоматическое масштабирование* (рис. 9). Это позволит использовать алгоритм симплексного метода решения задачи линейного программирования и получить неотрицательные значения искомых переменных.

Параметры поиска решения

Максимальное время: 100 секунд

Предельное число итераций: 100

Относительная погрешность: 0,000001

Допустимое отклонение: 5 %

Сходимость: 0,0001

☒ Линейная модель ☒ Автоматическое масштабирование

☒ Неотрицательные значения ☐ Показывать результаты итераций

Оценки **Разности** **Метод поиска**

☒ линейная ☒ прямые ☒ Ньютона

☐ квадратичная ☐ центральные ☐ сопряженных градиентов

ОК Отмена Загрузить модель... Сохранить модель... Справка

Рис. 9. Установка параметров решения задачи

Нажав последовательно кнопки ОК (рис. 9) и *Выполнить* (рис. 7), получим результаты решения задачи (рис. 10).

При решении задачи симплекс-методом с помощью программы *Поиск решения* получаем:

$$\begin{array}{lll}
 f(x) = 2215,44 & X_{21} = 4,04 & X_{41} = 5,0 \\
 X_{12} = 8,378 & X_{22} = 56,622 & X_{53} = 2,0 \\
 X_{13} = 10,778 & X_{33} = 22,222 &
 \end{array}$$

Недоиспользованный фонд времени для первого сотрудника при выполнении комплекса работ составил $40 - 9,04 = 30,96$ дней.

Результаты моделирования, включающие план распределения работ, остатки неиспользованного фонда времени и размер фонда оплаты труда, представлены в табл. 2.

	А	В	С	Д	Е
11	Наименование работ	Затраты времени на выполнения работ			Объём выполненной работы, чел-дн
12		Нач - к отдела маркетинга	Зам. начальника	Специалист по оценке конкурентоспособности	
13	1. Изучение и перевод литературы по теме «конкурентоспособность продукции» и составление обзора	0	8,377777778	10,77777778	17
14	2. Теоретическая работа по анализу и выработке концепции повышения конкурентоспособности продукции	4,04	56,62222222	0	55
15	3. Разработка модели повышения конкурентоспособности продукции и программы расчетов на ЭВМ	0	0	22,22222222	20
16	4. Обобщение результатов	5	0	0	5
17	5. Оформление отчета	0	0	2	2
18	Отработанное время сотрудника, дн	9,04	65	35	
19	Фонд оплаты труда, ден.ед.		(функция цели)		2215,44

Рис. 10. Результаты решения задачи

Таблица 2

Распределение работ между сотрудниками

Номер работы	Сотрудники		
	Начальник Отдела маркетинга	Зам. начальника отдела	Специалист по оценке конкурентоспособности
	Затраты времени при выполнении работ, дн		
1	-	8,378	10,778
2	4,04	56,622	-
3	-	-	22,222
4	5,0	-	-
5	-	-	2,0
Остатки фонда времени, дн	30,96		
Минимальные затраты по заработной плате составят 2215,44 ден.ед.			

Порядок выполнения работы

1. Изучить методические указания
2. Получить у преподавателя исходные данные
3. Провести необходимые расчеты на ЭВМ
4. Определить альтернативный вариант решения
5. Сделать выводы и оформить отчет по выполненной работе

Отчет по работе должен содержать

1. Цель работы
2. Постановку задачи
3. Математическую модель
4. Исходные данные
5. Порядок работы на ЭВМ при решении задачи
6. Результаты решения
7. Выводы.

Лабораторная работа № 2

Принятие решения об оптимальном вложении денежных средств

Цель работы: углубление знаний в области принятия управленческих решений при планировании вложения денежных средств в организации на основе оптимизационных моделей линейного программирования.

Принятие решения о распределении рекламного бюджета

Исходные положения. Фирма "Двигатель торговли" реализует свою продукцию с использованием четырех средств рекламы: по телевидению, на радио, в газетах и афишах. На основании маркетинговых исследований установлено, что эти средства рекламы приводят к увеличению прибыли соответственно на 10, 3, 7 и 4 ден. ед. в расчете на одну ден.ед., затраченную на рекламу. В соответствии с действующим законодательством и нормативными актами Скифии, распределение рекламного бюджета по различным средствам рекламы имеет следующие ограничения: полный рекламный бюджет не должен превосходить 500 тыс.ден.ед.; следует расходовать не более 40 % бюджета на телевидение и не более 20 % бюджета на афиши; на радио следует расходовать по крайней мере половину того, что планируется на рекламу на телевидении. Найти оптимальное распределение бюджета по различным средствам рекламы.

Математическая модель задачи:
функция цели

$$f(X) = \sum_{j=1}^n C_j \cdot X_j \rightarrow \max;$$

ограничения

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^n X_j \leq B; \\ X_j \leq a_j \cdot B; \\ a_k \cdot X_k \leq X_j; \\ X_j \geq 0; j = \overline{1, n}, \end{cases}$$

где X_j , X_k - величина расходов на j -й (k -й) вид рекламы (ден.ед.); n - количество видов рекламы ($j = 1, 2, \dots, k, \dots, n$); a_j , a_k - коэффициенты, регламентирующие распределение рекламного бюджета; B - величина рекламного бюджета (ден.ед.); C_j - эффективность вложений в j -й вид рекламы (ден.ед. прирост прибыли / ден.ед. вложений).

Подставим исходные данные в математическую модель:

$$\begin{cases} f(X) = 10 \cdot X_1 + 3 \cdot X_2 + 7 \cdot X_3 + 4 \cdot X_4 \rightarrow \max \\ X_1 + X_2 + X_3 + X_4 \leq 500000 \\ X_1 \leq 0,4 \cdot 500000 \\ X_4 \leq 0,2 \cdot 500000 \\ 0,5 \cdot X_1 \leq X_2 \\ X_1, X_2, X_3, X_4 \geq 0. \end{cases}$$

Введём исходные данные таблицу Excel (рис. 11): в ячейки A1:D1 – коэффициенты функции цели, в ячейки A2:D2 - коэффициенты левой части системы ограничений. Ячейки A7:D7 отведём под значения искомых переменных. В ячейку E1 введём математическое выражение целевой функции, а в ячейки E2:E5 – математические выражения левой части ограничений с помощью функции СУММПРОИЗВ. Численные значения правой части ограничений введём в ячейки F2:F5.

	A	B	C	D	E	F
1	10	3	7	4	=СУММПРОИЗВ(A1:D1;\$A\$7:\$D\$7)	
2	1	1	1	1	=СУММПРОИЗВ(A2:D2;\$A\$7:\$D\$7)	500000
3	1	0	0	0	=СУММПРОИЗВ(A3:D3;\$A\$7:\$D\$7)	200000
4	0	0	0	1	=СУММПРОИЗВ(A4:D4;\$A\$7:\$D\$7)	100000
5	0,5	-1	0	0	=СУММПРОИЗВ(A5:D5;\$A\$7:\$D\$7)	0
6						
7						
8						

Рис. 11. Ввод исходных данных в таблицу Excel

Поиск решения

Установить целевую ячейку:

Равной: ☒ максимальному значению ☐ значению: ☐ минимальному значению

Изменяя ячейки:

Ограничения:

Рис. 12. Заполнение диалоговой формы Поиска решения

Вызовем программу *Поиск решения* из меню *Сервис* и укажем адреса целевой функции и изменяемых ячеек (переменных), направление поиска экстремума функции цели, добавим ограничения, сопоставив математические выражения левой части ограничений и численные значения – правой (рис. 12). В результате решения задачи получим (рис. 13): для получения прибыли в 3700000 ден.ед. следует вкладывать 20000 ден.ед в 1-й вид рекламы, 100000 ден.ед – во 2-й и 200000 ден.ед. – в 3-й. Вложения в 4-й вид рекламы не рентабельны.

E1					$\sum$	=СУММПРОИЗВ(A1:D1;\$A\$7:\$D\$7)	
	A	B	C	D	E	F	
1	10	3	7	4	3700000		
2	1	1	1	1	500000	500000	
3	1	0	0	0	200000	200000	
4	0	0	0	1	0	100000	
5	0,5	-1	0	0	0	0	
6							
7	200000	100000	200000	0			
8							

Рис. 13. Результаты решения задачи на ЭВМ

Принятие решения о вложении средств в проекты с целью повышения конкурентоспособности продукции предприятия

Задача оптимизации выбора инвестиционных проектов в условиях ограниченности финансовых ресурсов. Инвестиционная компания «Аксиома» рассматривает в качестве возможных объектов для инвестирования четыре проекта. Проект А (Закупка нового оборудования для обработки изделий) может принести прибыль 23 тыс. ден.ед, проект В (Повышение квалификации и переобучение персонала) - 20 тыс. ден.ед, проект С (Проведение рекламной компании) - 19 тыс. ден.ед, проект D (Закупка высококачественных немецких комплектующих) - 22 тыс. ден.ед. Вложение средств в данные проекты позволит повысить конкурентоспособность продукции не только на отечественном, но и на зарубежном рынках, что приведет к росту объема продаж и суммы прибыли. Проекты могут быть реализованы в течение одного года и требуют поквартального финансирования. Необходимые объемы инвестиций приведены в табл. 3. Возможности компании позволяют ей инвестировать в первом квартале не более 30 тыс. ден.ед, во втором -

не более 32, в третьем - не более 36 и в четвертом - не более 37 тыс. ден.ед.

Необходимо определить, какие из проектов целесообразно выбрать и какое количество средств потребуется в каждом квартале для того, чтобы получить максимальную прибыль.

Решение. Сведём всю имеющуюся информацию в табл. 3.

Таблица 3

Потребность в финансировании проектов по кварталам

	Потребность в средствах, тыс. ден.ед.				Финансирование
	Проект А	Проект В	Проект С	Проект D	
1 квартал	10,8	9,45	6,75	12,15	30
2 квартал	10,8	12,15	9,45	10,8	32
3 квартал	13,5	12,15	12,15	9,45	36
4 квартал	13,5	14,85	14,85	8,1	37
Прибыль	23	20	19	22	

Введем в обозначение двоичные переменные x_1, x_2, x_3, x_4 , каждая из которых принимает только два значения - ноль или единица: $x_j = 1$, если j -й проект выбирается в качестве объекта для инвестирования; $x_j = 0$, если j -й проект не выбирается в качестве объекта для инвестирования ($j = 1, 2, 3, 4$).

Математическая модель задачи имеет вид:

$$f(x) = \sum_{j=1}^n c_j x_j \rightarrow \max$$

$$\left\{ \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i, (i = \overline{1, m}) \right.$$

$$x_j = 1; 0, (j = \overline{1, n}).$$

Тогда искомое решение - это совокупность значений четырех двоичных переменных $\{x_1, x_2, x_3, x_4\}$, каждая из которых равна либо нулю, либо единице. С учетом введенных обозна-

чений, прибыль (целевая функция) при плане инвестирования (x_1, x_2, x_3, x_4) составит

$$f(x) = 23 \cdot x_1 + 20 \cdot x_2 + 19 \cdot x_3 + 22 \cdot x_4 \rightarrow \max \quad (1)$$

Любое допустимое решение рассматриваемой задачи (любой план инвестирования) должно удовлетворять финансовым возможностям компании - ограничениям по средствам, доступным в каждом квартале. Эти ограничения (см. табл. 3) определяются следующей системой неравенств:

$$\begin{cases} 10,8x_1 + 9,45x_2 + 6,75x_3 + 12,15x_4 \leq 30, \\ 10,8x_1 + 12,15x_2 + 9,45x_3 + 10,8x_4 \leq 32, \\ 13,5x_1 + 12,15x_2 + 12,15x_3 + 9,45x_4 \leq 36, \\ 13,5x_1 + 14,85x_2 + 14,85x_3 + 8,1x_4 \leq 37. \end{cases} \quad (2)$$

Кроме того, на переменные решения наложены условия:

$$x_1, x_2, x_3, x_4 \text{ равны либо } 0, \text{ либо } 1. \quad (3)$$

Таким образом, получаем задачу линейного программирования, а именно: требуется найти набор переменных $\{x_1, x_2, x_3, x_4\}$, удовлетворяющий ограничениям (2) – (3), при котором целевая функция (1) обращается в максимум.

В задачах рассматриваемого типа условие (3) необходимо задавать отдельно. Надстройка «Поиск решения» предусматривает такой учет двоичного характера переменных в окне «добавление ограничения» (B8:E8 = двоичные).

Решение задачи в Excel приведено на рис. 14 – 16.

	A	B	C	D	E	F	G
1		Потребность в средствах, тыс. ден. ед.					
2		Проект A	Проект B	Проект C	Проект D	Ограничения	Финансирование
3	1 кв	10,8	9,45	6,75	12,15	=СУММПРОИЗВ(B3:E3;\$B\$8:\$E\$8)	30
4	2 кв	10,8	12,15	9,45	10,8	=СУММПРОИЗВ(B4:E4;\$B\$8:\$E\$8)	32
5	3 кв	13,5	12,15	12,15	9,45	=СУММПРОИЗВ(B5:E5;\$B\$8:\$E\$8)	36
6	4 кв	13,5	14,85	14,85	8,1	=СУММПРОИЗВ(B6:E6;\$B\$8:\$E\$8)	37
7	Прибыль	23	20	19	22	=СУММПРОИЗВ(B7:E7;\$B\$8:\$E\$8)	Функция цели
8	Переменные						

Рис. 14. Табличное представление задачи в Excel

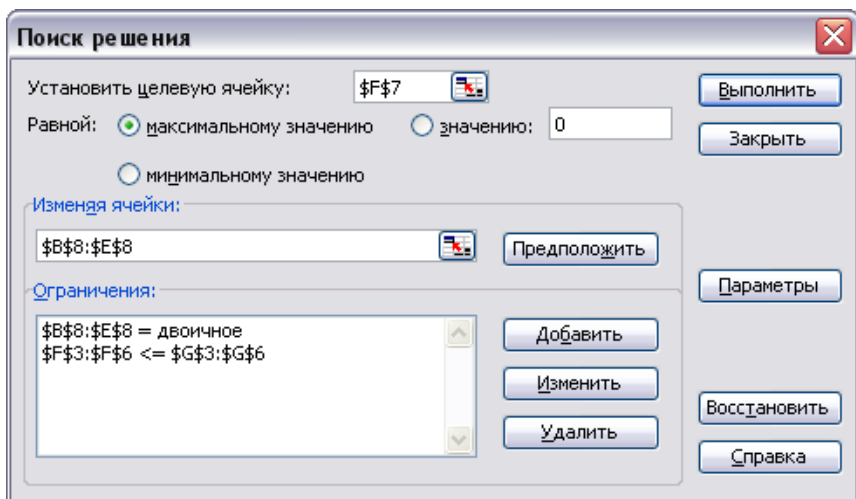


Рис. 15. Окно «Поиск решения»

	A	B	C	D	E	F	G
1		Потребность в средствах, тыс. ден. ед.					
2		Проект А	Проект В	Проект С	Проект D	Ограничения	Финансирование
3	1 кв	10,8	9,45	6,75	12,15	29,7	30
4	2 кв	10,8	12,15	9,45	10,8	31,05	32
5	3 кв	13,5	12,15	12,15	9,45	35,1	36
6	4 кв	13,5	14,85	14,85	8,1	36,45	37
7	Прибыль	23	20	19	22	64	Функция цели
8	Переменные	1	0	1	1		

Рис. 16. Оптимальный набор инвестиционных проектов

Анализ результатов решения задачи: для инвестирования целесообразно выбрать проекты А, С, D, при этом будет достигнута максимальная прибыль в размере 64 тыс. ден.ед.

Для финансирования проектов потребуется: в первом квартале - 29700 ден.ед, во втором - 31050 ден.ед, в третьем - 35100 ден.ед, в четвертом - 36450 ден.ед.

Порядок выполнения работы

1. Изучить методические указания
2. Получить у преподавателя исходные данные
3. Провести необходимые расчеты на ЭВМ
4. Определить оптимальный вариант решения
5. Сделать выводы и оформить отчет по выполненной работе

Отчет по работе должен содержать

1. Цель работы
2. Постановку задачи
3. Математическую модель
4. Исходные данные
5. Порядок работы на ЭВМ при решении задачи
6. Результаты решения
7. Выводы.

Лабораторная работа № 3

Принятие решений в условиях многокритериальности на основе компромисса

Цель работы: углубление знаний в области принятия управленческих решений в условиях многокритериальности на основе оптимизационных моделей.

Исходные положения. В рассматриваемых выше ситуациях математические модели имели одну целевую функцию, для которой находилось максимальное или минимальное значение экономического показателя. Однако на практике при принятии управленческих решений часто требуется найти экстремальные значения нескольких экономических показателей. В этом случае математическая модель имеет несколько целевых функций, причем некоторые из них требуют нахождения максимального, а другие минимального значений. Поэтому ставится задача нахождения такого компромиссного (субоптимального) управленческого решения, в котором значения всех рассматриваемых экономических показателей были бы приближены к экстремальным значениям.

Нахождение компромиссного управленческого решения относится к многокритериальным задачам оценки оптимальности.

В настоящее время подобные задачи математически недостаточно разработаны и для практической деятельности решаются следующими способами.

1. Производится ранжирование показателей, т.е. расположение их в порядке значимости, важности. Затем приступают к поиску решения, оптимального по наиболее важному из них. Задавшись допустимой величиной изменения первого критерия, ищут решение по второму критерию, наилучшему в полученной области, и т.д. Порядок значимости и допустимые диапазоны выбирают произвольно.

2. Построение единого (интегрального) показателя эффективности посредством суммирования произведений имеющихся показателей на “весовые” коэффициенты (коэффициенты важности показателей).

3. Превращение всех целевых функций, кроме одной, в ограничения.

Экономико-математическая модель нахождения компромиссного управленческого решения.

Дана математическая модель экономической задачи, в которой две целевые функции и система ограничений линейны.

Найдем компромиссное решение по двум показателям, один из которых требует отыскания максимума, а другой - минимума:

$$F_1 = \sum_{j=1}^n c_j x_j \rightarrow \max,$$

$$F_2 = \sum_{j=1}^n d_j x_j \rightarrow \min$$

при ограничениях:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i, \quad (i = \overline{1, m}),$$

$$x_j \geq 0, \quad (j = \overline{1, n}),$$

где F_1, F_2 - значения целевых функций (экономические показатели), для упрощения записи опущены обозначения аргумента; a_{ij}, c_j, d_j, b_i - коэффициенты; x_j - переменные.

Решим задачу по каждому показателю в отдельности и найдем оптимальные значения $F_{1\max}$, $F_{2\min}$.

Проделав преобразования над целевыми функциями, получим математическую модель нахождения компромиссного решения задачи с двумя целевыми функциями:

$$F_K = x_{n+1} \rightarrow \min$$

при ограничениях:

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^n c_j x_j + F_{1\max} x_{n+1} \geq F_{1\max}, \\ \sum_{j=1}^n d_j x_j - F_{2\min} x_{n+1} \leq F_{2\min}, \\ \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i, \quad (i = \overline{1, m}), \\ x_j \geq 0, \quad (j = \overline{1, n}), \end{cases}$$

где F_K - целевая функция; x_{n+1} - минимально возможная экономически оправданная уступка от оптимальных значений экономических показателей.

Математическая модель будет аналогичной в случае нахождения компромиссных решений задач, имеющих три целевые функции и более.

Определение оптимального управленческого решения по объёму выпуска конкурентоспособной продукции при многокритериальных экономических показателях

Постановка задачи. Фирма выпускает два вида изделий и реализует их по цене 5 ден.ед. и 2 ден.ед. соответственно. По результатам маркетинговых исследований спрос на изделия первого вида не более 2 тыс. ед., а на изделия второго вида не менее 1 тыс.ед. в год. Для производства изделий используются материалы А и В, запасы которых на фирме составляют 18 и 15 т соответственно. Для изготовления 1 тыс. изделий норма расхода материала А для изделий 1-го вида составляет 3 т, а для изделий 2-го ви-

да – 5 т. Для изготовления 1 тыс. изделий материала В расходуются: для изделий 1-го вида – 5 т, для изделий 2-го вида – 3 т. Себестоимость изделий 1-го вида – 1 ден.ед., а 2-го вида – 2 ден.ед.

Разработать оптимальное решение по планированию производства изделий 1-го и 2-го видов такое, чтобы прибыль и количество выпускаемых изделий были бы максимальными, а себестоимость минимальной (что повысит её конкурентоспособность).

Экономико-математическая модель задачи.

Введём обозначения для оптимального планового решения: x_1 – количество изделий 1-го вида, тыс.шт.; x_2 – количество изделий 2-го вида, тыс.шт.

Целевая функция по критерию максимального объема выпуска продукции в натуральном выражении (тыс.шт.)

$$F_1 = x_1 + x_2 \rightarrow \max,$$

целевая функция по критерию максимума прибыли от реализации продукции (ден.ед.)

$$F_2 = 5 \cdot x_1 + 2 \cdot x_2 \rightarrow \max,$$

целевая функция по критерию минимума себестоимости продукции (ден.ед.)

$$F_3 = 1 \cdot x_1 + 2 \cdot x_2 \rightarrow \min,$$

ограничения:

$$\begin{cases} 3 \cdot x_1 + 5 \cdot x_2 \leq 18 \\ 5 \cdot x_1 + 3 \cdot x_2 \leq 15 \\ 0 \cdot x_1 + 1 \cdot x_2 \geq 1 \\ 1 \cdot x_1 + 0 \cdot x_2 \leq 2 \end{cases}$$

$$x_1 \geq 0, x_2 \geq 0.$$

Найти оптимальное решение по каждой целевой функции в отдельности

	A	B	C	D
1	1	1	=СУММПРОИЗВ(A1:B1;\$A\$8:\$B\$8)	
2	5	2	=СУММПРОИЗВ(A2:B2;\$A\$8:\$B\$8)	
3	1	2	=СУММПРОИЗВ(A3:B3;\$A\$8:\$B\$8)	
4	3	5	=СУММПРОИЗВ(A4:B4;\$A\$8:\$B\$8)	18
5	5	3	=СУММПРОИЗВ(A5:B5;\$A\$8:\$B\$8)	15
6	0	1	=СУММПРОИЗВ(A6:B6;\$A\$8:\$B\$8)	1
7	1	0	=СУММПРОИЗВ(A7:B7;\$A\$8:\$B\$8)	2
8				

Рис. 17. Ввод исходных данных и математических выражений

C1	fx =СУММПРОИЗВ(A1:B1;\$A\$8:\$B\$8)					
	A	B	C	D	E	F
1	1	1	0			
2	5	2	0			
3	1	2	0			
4	3	5	0	18		
5	5	3	0	15		
6	0	1	0	1		
7	1	0	0	2		
8	0	0				

Рис. 18. Выделить ячейку, содержащую первую функцию цели

Поиск решения

Установить целевую ячейку: 

Равной: ☒ максимальному значению ☐ значению: ☐ минимальному значению

Изменяя ячейки: 

Ограничения:

Рис. 19. Заполнить диалоговое окно программы Поиск решения

Параметры поиска решения

Максимальное время: 100 секунд

Предельное число итераций: 100

Относительная погрешность: 0,000001

Допустимое отклонение: 5 %

Сходимость: 0,0001

☒ Линейная модель ☒ Автоматическое масштабирование

☒ Неотрицательные значения ☐ Показывать результаты итераций

Оценки: ☒ линейная ☐ квадратичная

Разности: ☒ прямые ☐ центральные

Метод поиска: ☒ Ньютона ☐ сопряженных градиентов

OK Отмена Загрузить модель... Сохранить модель... Справка

Рис. 20. Установить параметры Поиска решения

	A	B	C	D
1	1	1	4,125	
2	5	2	12,1875	
3	1	2	6,9375	
4	3	5	18	18
5	5	3	15	15
6	0	1	2,8125	1
7	1	0	1,3125	2
8	1,3125	2,8125		

Рис. 21. Получить первое оптимальное плановое решение

Сделать выводы по полученному оптимальному плановому решению.

	C2		f_x	=СУММПРОИЗВ(A2:B2;\$A\$8:\$B\$8)		
	A	B	C	D	E	F
1	1	1	0			
2	5	2	0			
3	1	2	0			
4	3	5	0	18		
5	5	3	0	15		
6	0	1	0	1		
7	1	0	0	2		
8						

Рис. 22. Выделить вторую целевую функцию

Поиск решения

Установить целевую ячейку:

Равной: ☒ максимальному значению ☐ значению: ☐ минимальному значению

Изменяя ячейки:

Ограничения:

Рис. 23. Внести изменения в диалоговое окно Поиска решения

	A	B	C	D
1	1	1	3,666667	
2	5	2	13,333333	
3	1	2	5,333333	
4	3	5	14,333333	18
5	5	3	15	15
6	0	1	1,666667	1
7	1	0	2	2
8	2	1,666667		

Рис. 24. Получить второе оптимальное плановое решение

Сделать выводы по полученному оптимальному плановому решению.

	C3		fx	=СУММПРОИЗВ(A3:B3;\$A\$8:\$B\$8)		
	A	B	C	D	E	F
1	1	1	0			
2	5	2	0			
3	1	2	0			
4	3	5	0	18		
5	5	3	0	15		
6	0	1	0	1		
7	1	0	0	2		
8						

Рис. 25. Выделить третью целевую функцию

Поиск решения

Установить целевую ячейку: 

Равной: ☐ максимальному значению ☐ значению: ☐ минимальному значению

Изменяя ячейки: 

Ограничения:

Рис. 26. Внести изменения в диалоговое окно Поиска решения

	A	B	C	D
1	1	1	1	
2	5	2	2	
3	1	2	2	
4	3	5	5	18
5	5	3	3	15
6	0	1	1	1
7	1	0	0	2
8	0	1		

Рис. 27. Получить третье оптимальное плановое решение

Сделать выводы по полученному оптимальному плановому решению.

Математическая модель нахождения компромиссного управленческого решения в условиях многокритериальности.

Целевая функция (минимизация экономически оправданной уступки при нахождении компромисса)

$$F_k = x_3 \rightarrow \min$$

ограничения:

$$\begin{cases} x_1 + x_2 + 4,125 \cdot x_3 \geq 4,125 \\ 5 \cdot x_1 + 2 \cdot x_2 + 13,333 \cdot x_3 \geq 13,333 \\ 1 \cdot x_1 + 2 \cdot x_2 - 2 \cdot x_3 \leq 2 \\ 3 \cdot x_1 + 5 \cdot x_2 \leq 18 \\ 5 \cdot x_1 + 3 \cdot x_2 \leq 15 \\ 0 \cdot x_1 + 1 \cdot x_2 \geq 1 \\ 1 \cdot x_1 + 0 \cdot x_2 \leq 2 \end{cases}$$

$$x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, x_3 \geq 0.$$

	A	B	C	D	E	F	G
1	1	1	4,125	=СУММПРОИЗВ(A1:C1;\$A\$8:\$C\$8)	4,125		=СУММПРОИЗВ(A1:B1;\$A\$8:\$B\$8)
2	5	2	13,333	=СУММПРОИЗВ(A2:C2;\$A\$8:\$C\$8)	13,333		=СУММПРОИЗВ(A2:B2;\$A\$8:\$B\$8)
3	1	2	-2	=СУММПРОИЗВ(A3:C3;\$A\$8:\$C\$8)	2		=СУММПРОИЗВ(A3:B3;\$A\$8:\$B\$8)
4	3	5		=СУММПРОИЗВ(A4:C4;\$A\$8:\$C\$8)	18		
5	5	3		=СУММПРОИЗВ(A5:C5;\$A\$8:\$C\$8)	15		
6	0	1		=СУММПРОИЗВ(A6:C6;\$A\$8:\$C\$8)	1		
7	1	0		=СУММПРОИЗВ(A7:C7;\$A\$8:\$C\$8)	2		
8				=C8			

Рис. 28. Ввод исходных данных и математических выражений

	D8			$\sum$ =C8		
	A	B	C	D	E	
1	1	1	4,125	0	4,125	
2	5	2	13,333	0	13,333	
3	1	2	-2	0	2	
4	3	5		0	18	
5	5	3		0	15	
6	0	1		0	1	
7	1	0		0	2	
8				0		

Рис. 29. Выделить целевую ячейку

Поиск решения

Установить целевую ячейку:

Равной: ☐ максимальному значению ☐ значению: ☐ минимальному значению

Изменяя ячейки:

Ограничения:

Рис. 30. Заполнить диалоговое окно программы Поиск решения

	A	B	C	D	E	F	G
1	1	1	4,125	4,125	4,125		2,020408
2	5	2	13,333	13,90459	13,333		7,102041
3	1	2	-2	2	2		3,020408
4	3	5		8,061224	18		
5	5	3		8,102041	15		
6	0	1		1	1		
7	1	0		1,020408	2		
8	1,020408	1	0,510204	0,510204			

Рис. 31. Получить компромиссное решение

Сделать выводы по полученному оптимальному компромиссному плановому решению, разработанному в условиях многокритериальности.

Каковы объёмы выпуска продукции? Все ли ресурсы были использованы? Какова величина прибыли? Какова себестоимость продукции в полученном варианте решения? Какова доля компромиссных уступок?

Порядок выполнения работы

1. Изучить методические указания
2. Получить у преподавателя исходные данные
3. Провести необходимые расчеты на ЭВМ
4. Определить оптимальные варианты решения
5. Сделать выводы и оформить отчет по выполненной работе

Отчет по работе должен содержать

1. Цель работы
2. Постановку задачи
3. Математические модели
4. Исходные данные
5. Порядок работы на ЭВМ при решении задачи
6. Результаты решения
7. Выводы.

Лабораторная работа № 4

Принятие решений на основе экспертного оценивания

Цель работы: углубление знаний в области принятия управленческих решений в условиях неопределённости на основе эвристического метода экспертных оценок.

Исходные положения. Принять правильное решение во многих случаях бывает довольно сложно из-за необходимости учета множества разнообразных факторов. Тогда прибегают к

опросу мнения специалистов-экспертов и, обработав соответствующим способом их оценки, принимают решение.

Результаты опроса группы экспертов подвергают обработке. Исходной информацией являются числовые данные, выражающие предположения экспертов. При обработке результатов опроса определяются обобщенные оценки объектов, относительные веса объектов, зависимости между суждениями экспертов, согласованность мнений экспертов, надежность результатов экспертов опроса.

При оценке объектов эксперты часто расходятся во мнении по решаемой проблеме. Поэтому возникает необходимость количественной оценки степени согласия экспертов, характеризующей степень близости индивидуальных мнений. Анализ значений меры согласованности позволяет судить об уровне компетентности экспертов в решаемой проблеме и выявлять возможные группировки мнений экспертов, обусловленных различием взглядов, концепций, научных школ, характером профессиональной деятельности.

Задача построения обобщенной оценки объектов, если эксперты использовали количественную шкалу, заключается в определении среднего значения или медианы оценки. При измерении в порядковой шкале методом ранжирования и индивидуальных оценок экспертов обобщение оценок производится нахождением суммарного ранга и относительной значимости каждого объекта.

Оценки, полученные в результате обработок, являются случайными величинами, поэтому необходимо определение их достоверности.

Экспертный опрос производится с помощью специальных листов оценки, в которых перечислены оцениваемые объекты. Оценку значения каждого объекта можно вести по балльной шкале. Например, в пятибалльной шкале «5» соответствует наибольшей значимости объекта, а «1» - наименьшей. При проведении экспертного опроса необходимо обеспечить полную самостоятельность мнений экспертов для по-

вышения объективности и достоверности результатов экспертизы. Собирая воедино оценочные листы экспертов, получают сводную матрицу экспертных оценок (табл. 4).

Средняя оценка для каждого объекта определяется по формуле

$$\overline{X}_i = \frac{\sum_{j=1}^n X_{ij}}{n}, \quad (i = \overline{1, m}),$$

где X_{ij} – балльная экспертная оценка, данная j -м экспертом i -му объекту; n - количество экспертов; m - количество оцениваемых объектов.

Среднеквадратические отклонения оценок от средних для i -го объекта (квадратный корень из дисперсии)

$$\sigma_i = \sqrt{\sigma_i^2} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (X_{ij} - \overline{X}_i)^2}{n-1}}.$$

Таблица 4

Матрица экспертных оценок

Оцениваемые объекты	Эксперты						$\overline{X}$	σ^2	σ	V
	1	2	...	j	...	n				
1	X_{11}	X_{12}	...	X_{1j}	...	X_{1n}	$\overline{X}_1$	σ_1^2	σ_1	V_1
2	X_{21}	X_{22}	...	X_{2j}	...	X_{2n}	$\overline{X}_2$	σ_2^2	σ_2	V_2
...	...	...	...	...	...	...	..	...	...	...
i	X_{i1}	X_{i2}	...	X_{ij}	...	X_{in}	$\overline{X}_i$	σ_i^2	σ_i	V_i
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
m	X_{m1}	X_{m2}	...	X_{mj}	...	X_{mn}	$\overline{X}_m$	σ_m^2	σ_m	V_m

Коэффициент вариации, характеризующий разброс мнений экспертов для i -го объекта

$$V_i = \frac{\sigma_i}{X_i}.$$

Матрица экспертных оценок подвергается обработке и преобразуется в матрицу нормальной ранжировки так, чтобы сумма рангов в каждом столбце равнялась значению $\frac{(m+1) \cdot m}{2}$. Для этого расставляются ранги, соответствующие порядковым местам, занимаемым оценками в порядке их возрастания, причем ранжируемым параметрам, получившим одинаковые оценки, приписываются значения связанных рангов, равные среднему арифметическому значению мест, которые они делят между собой. Например, если специалист дал шести объектам следующие оценки: 3; 4; 5; 1; 2; 3, тогда им будут приписаны такие ранги: 3,5; 5; 6; 1; 2; 3,5. Поскольку третье и четвертое места по значимости занимают одинаковые оценки, то они получают по $\frac{3+4}{2} = 3,5$ ранга. Стандартизированные значения рангов вносятся на соответствующие места в преобразованную матрицу рангов (табл. 5).

Таблица 5

Матрица стандартизованных рангов

Оцениваемые объекты	Эксперты						R_i	Δ_i	Δ_i^2	γ_i
	1	2	...	j	...	n				
1	r_{11}	r_{12}	...	r_{1j}	...	r_{1n}	R_1	Δ_1	Δ_1^2	γ_1
2	r_{21}	r_{22}	...	r_{2j}	...	r_{2n}	R_2	Δ_2	Δ_2^2	γ_2
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
i	r_{i1}	r_{i2}	...	r_{ij}	...	r_{in}	R_i	Δ_i	Δ_i^2	γ_i
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
m	r_{m1}	r_{m2}	...	r_{mj}	...	r_{mn}	R_m	Δ_m	Δ_m^2	γ_m
T_i	T_1	T_2	...	T_j	...	T_n	$\sum R_i$	$\bar{R}$	$S(\Delta^2)$	

Сумма рангов (абсолютная значимость) по каждому объекту

$$R_i = \sum_{j=1}^n r_{ij},$$

где r_{ij} – ранг i -го объекта у j -го эксперта.

Средняя сумма рангов

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^m R_i}{m} \text{ или } \bar{R} = \frac{n \cdot (m+1)}{2}.$$

Сумма квадратов отклонений суммарных рангов от средней суммы рангов

$$S(\Delta^2) = \sum_{i=1}^m \Delta_i^2 = \sum_{i=1}^m \left[\sum_{j=1}^n (r_{ij}) - \bar{R} \right]^2$$

где Δ_i – отклонение суммарных рангов от средней суммы рангов.

Показатель связанных рангов в j -й ранжировке

$$T_j = \frac{1}{12} \sum_{k=1}^{H_j} (h_k^3 - h_k),$$

где H_j – число групп равных рангов в j -й ранжировке;

h_k – число повторений равных рангов в k -й группе связанных рангов при ранжировке j -м экспертом.

Если совпадающих рангов нет, то $h_k = 0$ и $T_j = 0$.

Степень согласованности мнений экспертов при наличии совпадающих рангов определяется величиной дисперсионного коэффициента конкордации Кендалла

$$W = \frac{S(\Delta^2)}{\frac{1}{12} n^2 (m^3 - m) - n \sum_{j=1}^n T_j}.$$

Коэффициент конкордации изменяется от 0 до 1, причем, если $W = 0$, согласованность мнений экспертов отсутствует, а если $W = 1$, все эксперты придерживаются одинакового мнения.

Значимость полученного коэффициента конкордации обычно оценивается по критерию Пирсона – ХИ-квадрат.

$$\chi^2 = n \cdot (m - 1) \cdot W = \frac{S(A^2)}{\frac{1}{12} n \cdot m \cdot (m + 1) - \frac{1}{m - 1} \sum_{j=1}^n T_j}.$$

Полученное расчетное значение критерия Пирсона сравнивается с табличным. Если $\chi_{\text{расч}}^2 > \chi_{\text{табл}}^2$, то можно утверждать при уровне доверительной вероятности $p = 1 - \alpha$, что имеется неслучайная согласованность мнений экспертов по ранжировке объектов. Табличное значение критерия Пирсона определяется по таблицам квантилей χ^2 – распределения в столбце, соответствующем уровню достоверности $\alpha = 1 - P$, в строке, соответствующей числу степеней свободы $\nu = m - 1$ (количество оцениваемых объектов без одного).

Относительная значимость оцениваемых объектов

$$\gamma_i = \frac{R_i}{\sum_{i=1}^m R_i} = \frac{\sum_{j=1}^n r_{ij}}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n r_{ij}}.$$

Диаграмма значимости оцениваемых объектов может быть построена по показателям абсолютной R_i или относительной γ_i значимости. Диаграмма наглядно показывает важные объекты и те, которыми можно пренебречь.

Пример. Для оценки мероприятий, направленных на повышение конкурентоспособности продукции предлагается использовать следующие факторы: X_1 – входной контроль качества сырья, X_2 – модернизация оборудования, X_3 – закупка лицензий на прогрессивные технологии, X_4 – повышение квалификации рабочих, X_5 – создание системы мотивации и материального стимулирования, X_6 – снижение уровня производственных затрат.

С помощью опроса 10 экспертов необходимо выбрать три наиболее существенных фактора (показателя).

Экспертные оценки, преобразованная матрица рангов, все необходимые расчеты и графические построения представле-

ны в табл. 6, табл. 7 и на рис. 32. Наиболее значимыми показателями являются 3-й, 1-й и 2-й.

Таблица 6

Результаты опроса мнений экспертов

Показатели	Специалисты										$\bar{X}$	σ^2	σ	V
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
1	3	3	4	2	4	3	5	3	4	4	3,5	0,72	0,85	0,24
2	4	3	2	4	2	3	3	4	3	4	3,2	0,68	0,82	0,26
3	5	5	4	5	5	5	4	5	4	5	4,7	0,23	0,48	0,1
4	1	3	1	2	2	3	1	2	2	3	2,0	0,67	0,82	0,41
5	2	1	2	3	4	1	2	2	3	1	2,1	0,99	0,99	0,47
6	3	2	1	1	2	2	3	1	1	2	1,8	0,62	0,79	0,44

По первому показателю получим:

$$\bar{X} = (3+3+4+2+4+3+5+3+4+4) / 10 = 3,5$$

$$\sigma^2 = [(3-3,5)^2 + (3-3,5)^2 + (4-3,5)^2 + (3-3,5)^2 + (4-3,5)^2 + (4-3,5)^2] / (10-1) = 0,72 ;$$

$$\sigma = 0,72^{1/2} = 0,85 ; \quad V = 0,85 / 3,5 = 0,24.$$

Таблица 7

Преобразованная матрица стандартизованных рангов

Показатели	Специалисты										R_i	Δ_i	Δ_i^2	γ_i
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
1	3,5	4	5,5	2,5	4,5	4	6	4	5,5	4,5	44	9	81	0,21
2	5	4	3,5	5	2	4	3,5	5	3,5	4,5	40	5	25	0,19
3	6	6	5,5	6	6	6	5	6	5,5	6	58	23	529	0,28
4	1	4	1,5	2,5	2	4	1	2,5	2	3	23,5	-11,5	132,25	0,11
5	2	1	3,5	4	4,5	1	2	2,5	3,5	1	25,0	-10	100	0,12
6	3,5	2	1,5	1	2	2	3,5	1	1	2	19,5	-15,5	240,25	0,09
T_j	0,5	2	1,5	0,5	0,5	2	0,5	0,5	1	0,5	210	35	1107,5	

Определим сумму квадратов отклонений суммарных рангов от средней суммы рангов

$$R_1 = 3,5+4+5,5+2,5+4,5+4+6+5+5,5+4,5 = 44$$

$$\sum R_i = 44+40+58+23,5+25+19,5 = 210; \quad \bar{R} = 210 / 6 = 35;$$

$$\Delta_1 = 44 - 35 = 9; \quad \Delta_1^2 = 9^2 = 81; \quad \gamma_1 = 44 / 210 = 0,21;$$

$$S(\Delta^2) = 81 + 25 + 529 + 132,25 + 100 + 240,25 = 1107,5.$$

Определим показатель связности рангов для каждого эксперта. Так, у шестого эксперта три раза повторяется ранг 4, а все остальные (6, 2 и 1) – по одному разу, тогда

$$T_6 = (1^3 - 1 + 3^3 - 3 + 1^3 - 1 + 1^3 - 1) / 12 = 2,$$

$$\Sigma T_j = 0,5 + 2 + 1,5 + 0,5 + 0,5 + 2 + 0,5 + 0,5 + 1 + 0,5 = 9,5.$$

Определим степень согласованности мнений экспертов

$$W = \frac{1107,5}{\frac{1}{12} 10^2 (6^3 - 6) - 10 \cdot 9,5} = \frac{1107,5}{1655} = 0,669.$$

Полученный коэффициент конкордации свидетельствует о заметной согласованности мнений экспертов.

Оценим значимость полученного коэффициента конкордации по критерию Пирсона хи-квадрат:

$$\chi^2 = \frac{1107,5}{\frac{1}{12} \cdot 10 \cdot 6 \cdot (6 + 1) - \frac{1}{6 - 1} \cdot 9,5} = \frac{1107,5}{33,1} = 33,46$$

Для 5%-ного уровня достоверности $\alpha = 0,05$ (вероятность ошибки), при $\nu = m - 1 = 5$ степенях свободы (число оцениваемых объектов без одного) величина $\chi^2_{\text{табл}} = 11,07$ (см. табл. 8), то есть $\chi^2_{\text{расч}} = 33,46 > \chi^2_{\text{табл}} = 11,07$. Поскольку $\chi^2_{\text{расч}} > \chi^2_{\text{табл}}$, то это показывает значимость полученного коэффициента конкордации. Следовательно, полученная ранжировка статистически значима. Поэтому с вероятностью 95% можно утверждать, что имеется неслучайная согласованность мнений экспертов по ранжировке оцениваемых объектов. Диаграмма значимости показателей качества изделия приведена на рис. 32.

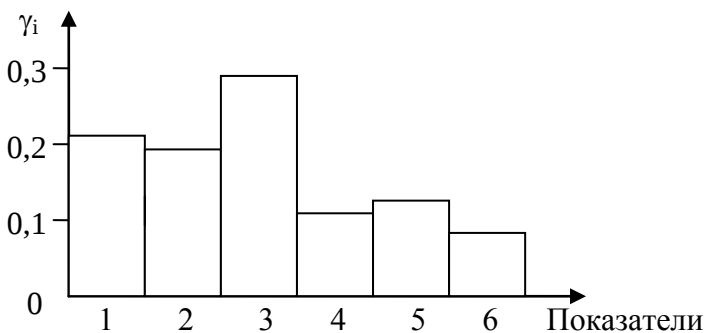


Рис. 32. Диаграмма значимости оцениваемых показателей качества

Таблица 8

Таблица квантилей χ^2 (ХИ – квадрат) распределения

$\alpha \backslash v$	0,20	0,10	0,05	0,02	0,01
1	2	3	4	5	6
1	1,642	2,706	3,841	5,412	6,635
2	3,219	4,605	5,991	7,824	9,210
3	4,642	6,251	7,815	9,837	11,340
4	5,989	7,779	9,488	11,668	13,277
5	7,289	9,236	11,070	13,338	15,086
6	8,558	10,645	12,592	15,033	16,812
7	9,803	12,017	14,067	16,622	18,475
8	11,030	13,362	15,507	18,168	20,090
9	12,242	14,684	16,919	19,678	21,666
10	13,442	15,987	18,307	21,161	23,209
11	14,631	17,275	19,675	22,618	24,725
12	15,812	18,549	21,026	24,054	26,217
13	16,985	19,812	22,362	25,472	27,688
14	18,151	21,064	23,685	26,873	29,141
15	19,311	22,307	24,996	28,259	30,578

Наиболее значимыми по мнению экспертов являются следующие показатели: X_3 – прогрессивность модели, X_1 – уровень обработки изделия, X_2 – качество материалов.

Критическое (табличное) значение величины $\chi^2_{\text{табл}}$ можно определить в Excel с помощью функции ХИ2ОБР из категории *Статистические*, задав вероятность допустимой ошибки и число степеней свободы (рис. 33).

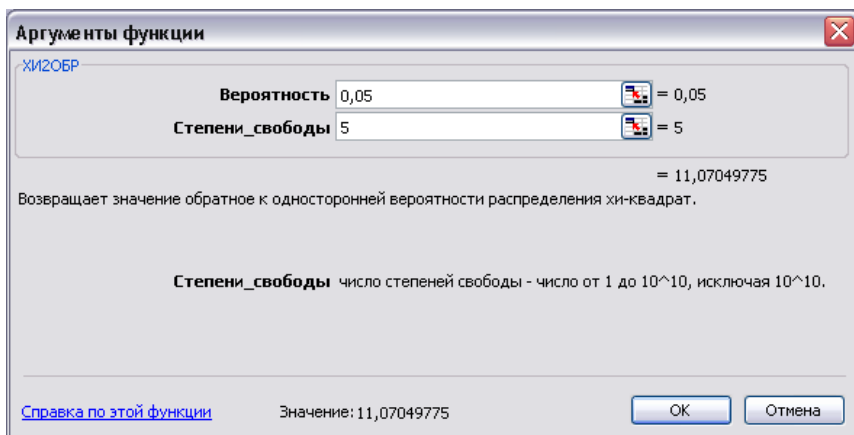


Рис. 33. Диалоговая форма функции ХИ2ОБР

Энтропийный коэффициент конкордации (коэффициент согласия) определяется формулой :

$$Kk = 1 - \frac{H}{H_{\max}},$$

где H – энтропия, вычисляемая по формуле

$$H = - \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n p_{ij} \log p_{ij},$$

а $H_{\max}$ - максимальное значение энтропии. В формуле для энтропии p_{ij} - оценки вероятностей j -го ранга, присваиваемого i -му объекту. Эти оценки вероятностей вычисляются в виде отношения количества экспертов n_{ij} , приписавших объекту O_i ранг j к общему числу экспертов n

$$p_{ij} = \frac{n_{ij}}{n}.$$

Максимальное значение энтропии достигается при равновероятном распределении рангов для всех m оцениваемых объектов, т. е. когда $n_{ij} = n/m$. Тогда

$$p_{ij} = \frac{n}{mn} = \frac{1}{m}.$$

Подставляя это соотношение в формулу энтропии, получаем

$$H_{\max} = -\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \log_2 \frac{1}{m} = \sum_{j=1}^n \log_2 m = n \cdot \log_2 m.$$

Коэффициент согласия изменяется от нуля до единицы. При $Kk = 0$ расположение объектов по рангам равновероятно, поскольку в этом случае $H = H_{\max}$. Данный случай может быть обусловлен либо невозможностью ранжировки объектов по сформулированной совокупности показателей, либо полной несогласованностью мнений экспертов. При $Kk = 1$, что достигается при нулевой энтропии ($H=0$), все эксперты дают одинаковую ранжировку. Действительно, в этом случае для каждого фиксированного объекта O_i все эксперты присваивают ему один и тот же ранг j , следовательно, $p_{ij} = 1$, а $p_{kj} = 0$ ($k \neq j, k = 1, 2, \dots, m$). Поэтому и $H=0$.

Сравнительная оценка дисперсионного и энтропийного коэффициентов конкордации показывает, что эти коэффициенты дают примерно одинаковую оценку согласованности экспертов при близких ранжировках. Однако если, например, вся группа экспертов разделилась во мнениях на две подгруппы, причем ранжировки в этих подгруппах противоположные (прямая и обратная), то дисперсионный коэффициент конкордации будет равен нулю, а энтропийный коэффициент конкордации будет равен 0,7. Таким образом, энтропийный коэффициент конкордации позволяет зафиксировать факт деления мнений на две противоположные группы. Объем вычислений для энтропийного коэффициента конкордации несколько больше, чем для дисперсионного коэффициента конкордации.

Вначале необходимо определить количество экспертов, присвоивших оцениваемым объектам соответствующий ранг (табл. 9).

Таблица 9

Количество экспертов, присвоивших соответствующий ранг

Объекты	Экспертные оценки (ранги)				
	1	2	3	4	5
1	0	1	4	4	1
2	0	2	4	4	0
3	0	0	0	3	7
4	3	4	3	0	0
5	3	4	2	1	0
6	4	4	2	0	0

Затем определим вероятность присвоения соответствующих рангов оцениваемым объектам (табл. 10).

$$p_{12} = \frac{n_{12}}{n} = \frac{1}{10} = 0,1; \quad p_{13} = \frac{n_{13}}{n} = \frac{4}{10} = 0,4 \quad \text{и т.д.}$$

Таблица 10

Оценки вероятностей присвоения рангов объектам p_{ij}

Объекты	Экспертные оценки (ранги)				
	1	2	3	4	5
1	0	0,1	0,4	0,4	0,1
2	0	0,2	0,4	0,4	0
3	0	0	0	0,3	0,7
4	0,3	0,4	0,3	0	0
5	0,3	0,4	0,2	0,1	0
6	0,4	0,4	0,2	0	0

Определим энтропийный коэффициент конкордации (табл. 11):

$$-0,1 \cdot \log_2 0,1 = 0,332; \quad -0,4 \cdot \log_2 0,4 = 0,529 \quad \text{и т.д.}$$

$$0,332 + 0,529 + 0,529 + 0,332 = 1,772;$$

$$1,772 + 1,522 + 0,881 + 1,571 + 1,846 + 1,522 = 9,06;$$

$$H_{\max} = n \cdot \log_2 m = 10 \cdot \log_2 6 = 10 \cdot 2,585 = 25,85;$$

$$Kk = 1 - 9,06 / 25,85 = 0,649.$$

Таблица 11

Расчёт энтропии и коэффициента конкордации

Объекты	Экспертные оценки (ранги)					
	1	2	3	4	5	Σ
1	–	0,332	0,529	0,529	0,332	1,722
2	–	0,464	0,529	0,529	–	1,522
3	–	–	–	0,521	0,360	0,881
4	0,521	0,529	0,521	–	–	1,571
5	0,521	0,529	0,464	0,332	–	1,846
6	0,529	0,529	0,464	–	–	1,522
Kk = 1 – H/Hmax=	0,649	Hmax=	25,85	H =	9,06	

Энтропийный коэффициент конкордации **Kk** = 0,649, что согласуется с полученным ранее дисперсионным коэффициентом конкордации Кендалла и свидетельствует о согласованности мнений экспертов выше средней.

При расчёте энтропии можно воспользоваться функцией Excel из категории *Статистические LOG*, задав число для которого берется логарифм и основание логарифма (рис. 34).

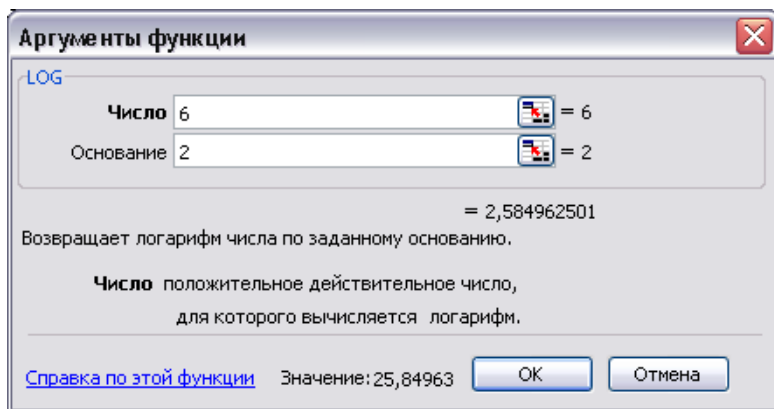


Рис. 34. Диалоговая форма функции LOG

При низкой согласованности оценок экспертов возможно провести исследование на наличие подгрупп экспертов,

имеющих высокую согласованность мнений внутри подгрупп. Что может объясняться, например, принадлежностью к различным научным школам. Для этого необходимо вычислить *коэффициенты парной корреляции Спирмена* для каждой возможной пары экспертов. Затем, для каждой выявленной подгруппы провести повторную оценку согласованности мнений экспертов с помощью коэффициента конкордации Кендалла и критерия Пирсона – *XII-квадрат*.

При нестрогом ранжировании коэффициент Спирмена вычисляют по формуле:

$$\rho = 1 - \frac{6 \cdot \sum_{i=1}^m (r_{i1} - r_{i2})^2}{m(m^2 - 1) - 0,5(s_1 - s_2)}; \quad s_j = \sum_{t_j} (t_j^3 - t_j),$$

где i – номер оцениваемого объекта; r_{i1} , r_{i2} – оценки (ранги), присвоенные i -му объекту двумя сравниваемыми экспертами; s_1 , s_2 – показатели повторяемости оценок (рангов) для двух сравниваемых экспертов; t_j – количество повторений каждой оценки (ранга) для j -го эксперта; m – количество оцениваемых объектов.

Результаты расчёта коэффициентов ранговой корреляции для всех попарных сочетаний экспертов представлен в табл. 12.

Таблица 12

Коэффициенты ранговой корреляции для всех пар экспертов

Ранговая корреляция Спирмена									
эксперт	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0,63	0,64	0,61	0,47	0,63	0,7	0,74	0,55	0,76
2		0,55	0,54	0,42	1	0,48	0,81	0,59	0,96
3			0,6	0,86	0,56	0,79	0,79	0,99	0,68
4				0,61	0,58	0,2	0,87	0,66	0,59
5					0,4	0,54	0,56	0,84	0,41
6						0,48	0,81	0,59	0,96
7							0,54	0,72	0,67
8								0,83	0,88
9									0,7

Анализ парных коэффициентов ранговой корреляции показывает, что невысокая согласованность мнений экспертов связана с тем, что между мнениями, высказанными экспертами 2-м, 6-м, 8-м и 10-м существует тесная связь, между мнениями экспертов 3-го, 5-го, 9-го также имеется тесная зависимость, но между экспертами этих групп 5-м и 6-м связь слабая.

Для повышения согласованности мнений экспертов возможно применение метода Дельфи.

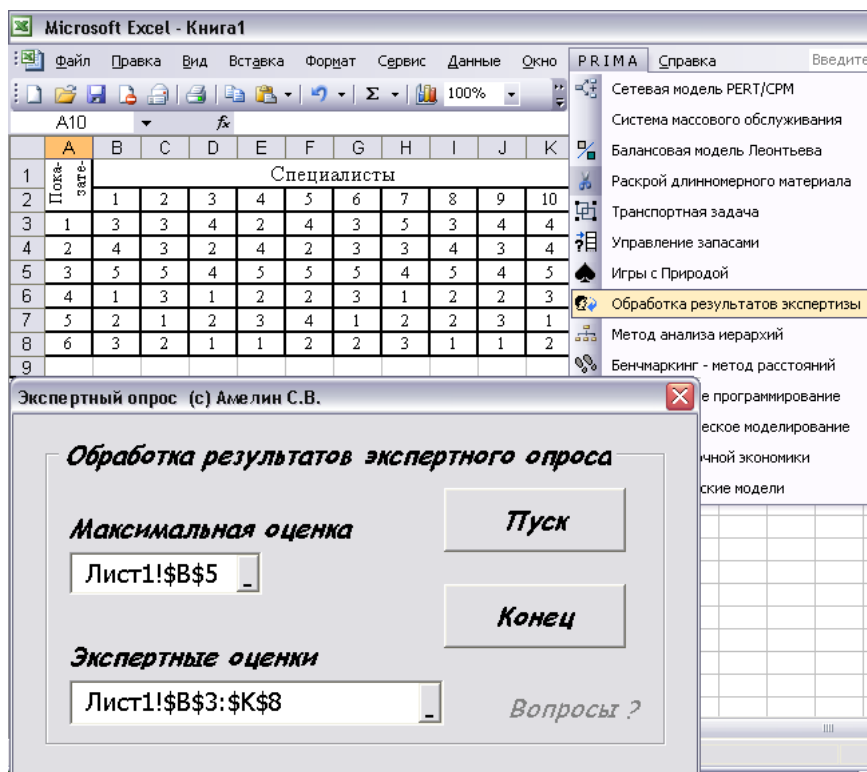


Рис. 35. Заполнение диалоговой формы программы
Обработка результатов экспертизы

Ввод исходных данных и результаты расчёта по программе Обработка результатов экспертизы из ППП PRIMA представлены соответственно на рис. 35 и 36.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
10	ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРТНОГО ОПРОСА													
11	МАТРИЦА ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНОК													
12		эксперт 1	эксперт 2	эксперт 3	эксперт 4	эксперт 5	эксперт 6	эксперт 7	эксперт 8	эксперт 9	эксперт 1	Xcp	sigma	V
13	объект 1	3	3	4	2	4	3	5	3	4	4	3,5	0,849837	0,24281
14	объект 2	4	3	2	4	2	3	3	4	3	4	3,2	0,788811	0,246503
15	объект 3	5	5	4	5	5	5	4	5	4	5	4,7	0,483046	0,102776
16	объект 4	1	3	1	2	2	3	1	2	2	3	2	0,816497	0,408248
17	объект 5	2	1	2	3	4	1	2	2	3	1	2,1	0,994429	0,473538
18	объект 6	3	2	1	1	2	2	3	1	1	2	1,8	0,788811	0,438228
19														
20	ПРЕОБРАЗОВАННАЯ МАТРИЦА РАНГОВ													
21		эксперт 1	эксперт 2	эксперт 3	эксперт 4	эксперт 5	эксперт 6	эксперт 7	эксперт 8	эксперт 9	эксперт 1	абс знач	относ знач	
22	объект 1	3,5	4	5,5	2,5	4,5	4	6	4	5,5	4,5	44	0,209524	
23	объект 2	5	4	3,5	5	2	4	3,5	5	3,5	4,5	40	0,190476	
24	объект 3	6	6	5,5	6	6	6	5	6	5,5	6	58	0,27619	
25	объект 4	1	4	1,5	2,5	2	4	1	2,5	2	3	23,5	0,111905	
26	объект 5	2	1	3,5	4	4,5	1	2	2,5	3,5	1	25	0,119048	
27	объект 6	3,5	2	1,5	1	2	2	3,5	1	1	2	19,5	0,092857	

Рис. 36. Результаты расчётов по программе *Обработка результатов экспертизы*

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
28										
29	КОЭФФИЦИЕНТ КОНКОРДАЦИИ $W =$				0,671212					
30	КРИТЕРИЙ ПИРСОНА ХИ-КВАДРАТ $\chi^2 =$				33,56061					
31	Число степеней свободы $\nu =$				5					
32										
33	ЭНТРОПИЙНЫЙ КОЭФФ. КОНКОРДАЦИИ $K_k =$				0,649339					
34										
35	Ранговая корреляция Спирмена									
36		эксперт 2	эксперт 3	эксперт 4	эксперт 5	эксперт 6	эксперт 7	эксперт 8	эксперт 9	эксперт 10
37	эксперт 1	0,630137	0,638889	0,614286	0,472973	0,630137	0,728571	0,742857	0,549296	0,757143
38	эксперт 2		0,550725	0,537313	0,422535	1	0,477612	0,80597	0,588235	0,955224
39	эксперт 3			0,617647	0,861111	0,56338	0,794118	0,794118	0,985507	0,676471
40	эксперт 4				0,608108	0,575342	0,2	0,871429	0,661972	0,585714
41	эксперт 5					0,405797	0,545455	0,560606	0,835821	0,409091
42	эксперт 6						0,477612	0,80597	0,588235	0,955224
43	эксперт 7							0,542857	0,71831	0,671429
44	эксперт 8								0,830986	0,885714
45	эксперт 9									0,695652

Рис. 36. Продолжение

Порядок выполнения работы

1. Изучить методические указания
2. Получить у преподавателя исходные данные
3. Провести необходимые расчеты на ЭВМ
4. Определить оптимальные варианты решения
5. Сделать выводы и оформить отчет по выполненной работе

Отчет по работе должен содержать

1. Цель работы
2. Постановку задачи
3. Математические модели
4. Исходные данные
5. Порядок работы на ЭВМ при решении задачи
6. Результаты решения
7. Выводы.

Лабораторная работа № 5

Принятие решений на основе метода анализа иерархий

Цель работы: углубление знаний в области принятия управленческих решений в условиях многокритериальности в организации на основе эвристических методов.

Метод анализа иерархий (МАИ или АНР – англ.) предложен Т.Л. Саати (Saaty T.L. The Analytic Hierarchy Process. New York: McGraw-Hill International. 1980) для структурирования и анализа сложных ситуаций, а также подготовки решений проблем с несколькими целевыми функциями.

Метод предусматривает декомпозицию проблемы на отдельные части, обеспечивая её структурирование и упрощение с выделением иерархии, содержащей различные главные цели, подцели, критерии и уровни мероприятий (альтернативы решений), подлежащие оценке. Относительная значимость раз-

личных количественных и качественных критериев определяется путём их попарного сопоставления в отдельности для каждого вышестоящего элемента. Таким же образом в модели интегрируется фактор выгодности (полезности) мероприятий. Для частичных целевых функций типа альтернативы можно определить общий показатель, отражающий относительную значимость альтернатив в отношении совокупной иерархии и тем самым главной цели.

Алгоритм реализации метода включает в себя следующие этапы: а) формирование иерархии целей; б) определение приоритетов; в) расчёт локальных векторов приоритетов, или факторов взвешивания; г) проверка органичности оценки приоритетов; д) расчёт приоритетов целей и мероприятий для иерархии в совокупности. Некоторые из этапов могут выполняться многократно, особенно при неправильной оценке приоритетов.

При формировании иерархии целей производится декомпозиция проблемы принятия решений с выделением главных целей, подцелей и различных целевых функций (альтернатив). Элементы одинаковых уровней должны быть сопоставимыми друг с другом и обладать полнотой (учетом всех существенных альтернатив и целевых функций).

При определении приоритетов относительная значимость каждого элемента определяется в отношении каждого элемента вышестоящего уровня иерархии посредством сравнения альтернатив со всеми другими элементами того же уровня. Значимость при этом может интерпретироваться в отношении целевых критериев как вклад в достижение главной цели. Необходимым условием является то, что ЛПР может присвоить всем парам i и j из множества элементов A одного уровня одно измеренное на шкале относительных показателей значение V_{ij} , показывающее, во сколько раз i более значимо, чем j , в отношении определенного элемента следующего более высокого уровня. Этого необходимо добиться для всех элементов более высокого уровня и всех прочих уровней. При

этом должен действовать принцип обратной пропорциональности (относительное значение i и j должно соответствовать обратному значению этого показателя, получаемому при сравнении j с i . В отношении элемента следующего, более высокого уровня действует правило:

$$V_{ij} = 1 / V_{ji}, \quad \text{для всех } i, j \in A.$$

Относительная величина V_{ij} , не должна быть бесконечной, так как тогда соответствующие целевые критерии или альтернативы несопоставимы, обуславливая тем самым повтор анализа проблемы целей. В АНР-методе используется следующая шкала попарного сравнения альтернатив (табл. 13), с помощью которой преобразуются суждения о сопоставимости в количественные показатели таким образом, что измерения проводятся на шкале относительных показателей. При использовании данной шкалы сравнения могут проводиться по значениям как от 1 до 9, так и от 1/9 до 1.

Таблица 13

Шкала сравнительной оценки альтернатив

Оценка	Характеристика сравнительной полезности альтернатив
1	Оба элемента имеют одинаковую значимость для элемента более высокого уровня
3 (1/3)	Умеренное (слабое) предпочтение значимости одного элемента по сравнению с другим
5 (1/5)	Существенное (заметное) превосходство одного элемента по сравнению с другим
7 (1/7)	Значительное (очевидное) предпочтение значимости одного элемента по сравнению с другим
9 (1/9)	Абсолютное доминирование значимости одного элемента по сравнению с другим
2 (1/2), 4 (1/4), 6 (1/6), 8 (1/8) – промежуточные значения	

Результаты попарного сравнения альтернатив в отношении элементов более высокого уровня можно представить в форме матрицы V размером $n \times n$, содержащей оценки V_{ij} . Элементы главной диагонали этой матрицы равны 1.

Для составления матрицы попарных сравнений необходимо провести $0,5n(n-1)$ сравнений пар альтернатив для каждого уровня иерархии. Остальные значения таблицы оценок

рассчитываются как обратно пропорциональные величины $V_{ij} = 1 / V_{ji}$.

При расчете локальных векторов приоритетов (факторов взвешивания) для каждой матрицы попарного сравнения альтернатив (целевых критериев) определяется сравнительная их значимость, представляемая в форме вектора приоритетов. Каждая составляющая этого вектора указывает, какой сравнительной значимостью обладает данный элемент в отношении рассматриваемого элемента более высокого уровня.

Расчет векторов приоритетов P можно проводить на основе метода определения максимального собственного значения и собственного вектора матрицы.

При решении многоцелевой проблемы оценки приоритетов часто неорганичны (несогласованны). Тогда существует несколько собственных значений и векторов. При применении АНР-метода определяется максимальное собственное значение $\lambda_{\max}$ матрицы попарного сравнения и соответствующего ей собственного вектора (его необходимо составить так, чтобы сумма его компонентов равнялась 1, причем он может рассматриваться как вектор взвешивания P):

$$V \cdot P = \lambda \cdot P \text{ или } (V - \lambda \cdot E) \cdot P = 0$$

где V – матрица оценок $n \times n$; P – вектор приоритетов размера n ; λ – собственные значения матрицы V ; E – единичная матрица $n \times n$.

Для собственных значений λ действует правило, что определитель матрицы $(V - \lambda \cdot E)$ равен нулю, т. е.

$$\det(V - \lambda \cdot E) = 0.$$

Максимальное значение λ , соответствующее данному условию, является максимальным собственным значением $\lambda_{\max}$. После подстановки этого значения в приведенное выше уравнение может быть рассчитан искомый собственный вектор или вектор взвешивания:

$$(V - \lambda_{\max} \cdot E) \cdot P = 0, \quad \sum_{i=1}^n p_i = 1$$

Точный расчет максимального собственного значения и вектора взвешивания связан с объемными вычислениями, из-за чего используют ряд методов приближительного их решения.

Проверка органичности оценок приоритетов производится для всех матриц попарного сравнения. Эта процедура необходима, так как не всегда можно исходить из органичности всех оценок. Если при органичной оценке максимальное собственное значение соответствует значению n , то при неорганичности их характера получается более высокое максимальное собственное значение $\lambda_{\max}$. Разница между $\lambda_{\max}$ и n возрастает с растущей неорганичностью в такой мере, что подходит в качестве меры определения степени согласованности оценок.

Проведя дополнительное нормирование, можно определить индекс согласованности (коэффициент инконсистентности - KI)

$$KI = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1).$$

При оценке органичности матрицы учитывается, как степень отклонений зависит от величины матрицы, рассчитывается отношение согласованности

$$OC = KI / C_s,$$

где C_s – средний показатель случайной согласованности для обратно пропорциональных матриц размера n (табл. 14).

Таблица 14

Значения средних показателей C_s для матриц размера n

n	1;2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
C_s	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,4	1,45	1,49	1,51	1,53	1,56	1,57	1,59

Критическое значение показателя органичности составляет 0,1, при этом матрицы попарного сравнения с $KI \leq 0,1$ и $OC \leq 0,1$ рассматриваются в качестве достаточно органичных, а для матриц с $KI > 0,1$ или $OC > 0,1$ следует проводить проверку и пересмотр оценок попарного сравнения альтернатив.

При определении приоритетов целей и мероприятий для всей иерархии необходимо обобщить векторы взвешивания в отношении всех элементов вышестоящего уровня и всех последующих уровней, что является условием для оценки глобального приоритета (значимости отдельных целевых критериев или полезности определенных альтернатив в отношении главной цели).

Результатом сравнения пар является вектор взвешивания для уровня, непосредственно подчиненного главной цели, который характеризует относительную значимость соответствующих целевых критериев относительно главной цели, представляющей собой глобальный приоритет. Этот вектор взвешивания - начало определения глобальных приоритетов для элементов последующих уровней. Он умножается на матрицу весов, составляемую из вектора взвешивания последующих уровней. Результатом этого также является вектор взвешивания, представляющий для элементов последующего уровня их глобальный приоритет. Последовательное продолжение данной операции ведет к определению глобального приоритета для альтернатив, учтённых на самом нижнем уровне иерархии целей. Процесс определения глобальных приоритетов для альтернатив A_i можно интерпретировать как величину полезности NA_i , рассчитываемую по формуле:

$$N_{A_i} = \sum_{j=1}^n P_j \cdot \rho_{ij},$$

где индекс i означает альтернативы нижестоящего уровня, а j означает элементы следующего вышестоящего уровня, которые должны представлять собой целевые критерии; P_j - глобальный приоритет этих целевых критериев; ρ_{ij} - относительная значимость (выгодность) альтернативы A_i по j -му критерию.

Таким образом, глобальный приоритет (аналогично показателю полезности при анализе полезности) определяется как сумма частичных приоритетов. Определенные в итоге глобальные приоритеты представляют собой веса в отношении целевых критериев. Для учитываемых на низшем уровне

альтернатив они характеризуют то, как они по оценке ЛПР способствуют достижению главной цели. Для оценки относительной выгодности альтернатив для достижения главной цели действует следующее правило: объект относительно выгоден, если его приоритет выше, чем приоритет любого другого объекта.

В процессе определения целевых критериев сформирована иерархия целей (рис. 37). Главная цель уровня I иерархии – обеспечение конкурентоспособности продукции (ОКП). Подцель уровня II иерархии – поиск новых рынков сбыта продукции (РС) связана с тремя критериями выбора альтернатив – объёмом рынка сбыта (ОР), затратами на освоение новой продукции (ЗО), затратами на продвижение продукции на рынок и рекламу (ПР). Подцель уровня II иерархии – повышение эффективности работы персонала предприятия (П) связана с двумя критериями выбора альтернатив – потенциалом персонала (ПП) и конкуренцией на рынке рабочей силы (КР). Подцель уровня II иерархии – оптимизация поставок материальных ресурсов и транспортного обслуживания (МТ) связана с четырьмя критериями выбора альтернатив – развитостью транспортной инфраструктуры (ТИ), наличием транспортно-экспедиторских фирм (ТЭ), потенциалом и близостью поставщиков (ПБ), предложением банковских услуг (БУ). Подцель уровня II иерархии – использование влияния государства на деятельность отрасли (ВГ) связана с двумя критериями выбора альтернатив – мерами стимулирования (МС) и ставками налогов на деятельность (СН). Необходимо проанализировать полезность и относительную полезность (выгодность) трёх альтернатив освоения производства новой продукции: противопожарное оборудование – A_1 , ёмкости для сбора токсичных отходов – A_2 , оборудование для водопроводной сети – A_3 .

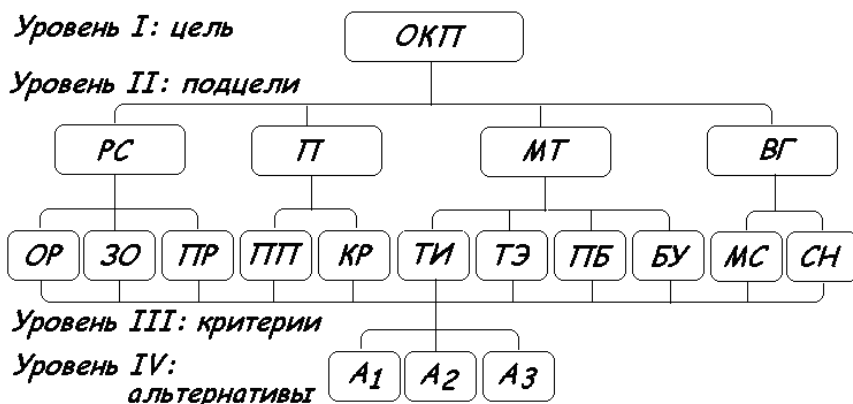


Рис. 37. Структура иерархии целей и альтернатив

Используя структуру иерархии целей и альтернатив, проведём оценивание значимости подцелей I уровня (табл. 15), используя программу *Метод анализа иерархий* из ППП PRIMA (рис. 38). Для каждой таблицы сравнения критериев и альтернатив определим коэффициенты согласованности (инконсистентности) KI и отношения согласованности OC.

Таблица 15

Оценка значимости подцелей I уровня иерархии

СРП	PC	П	MT	BГ	Вектор приоритетов	
PC	1	1/8	1/3	2	P(1) =	0,08714
П	8	1	4	6	P(2) =	0,623797
MT	3	1/4	1	5	P(3) =	0,228078
BГ	1/2	1/6	1/5	1	P(4) =	0,060986
$\lambda_{\max} = 4,166895$		KI = 0,055632			OC = 0,061813	

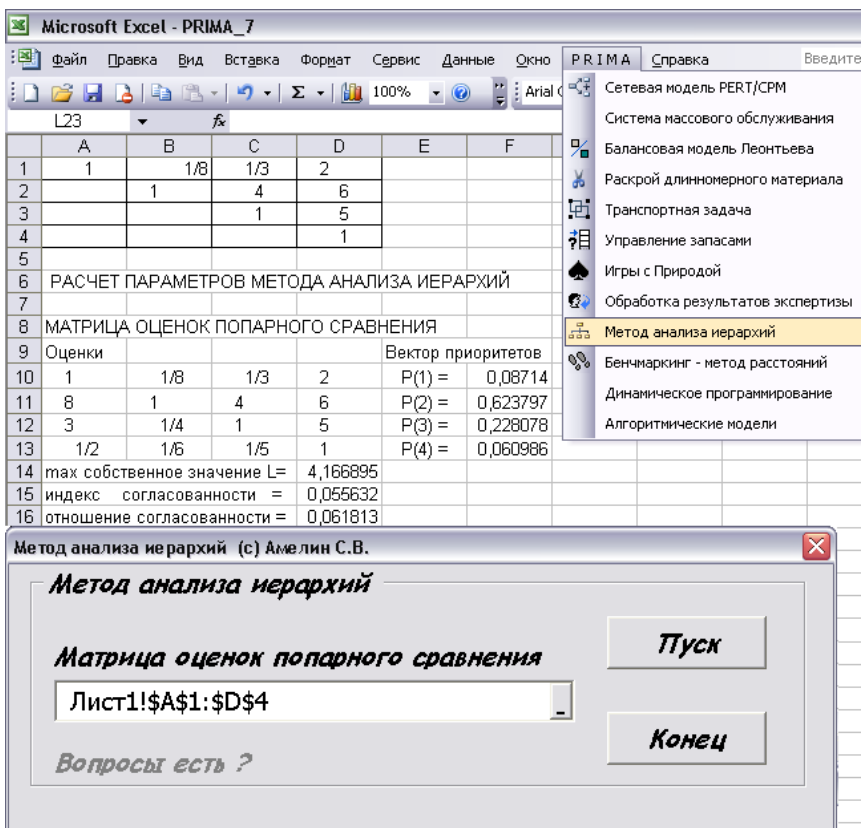


Рис. 38. Диалоговое окно программы *Метод анализа иерархий* из ППП PRIMA

Определение глобальных взвешенных приоритетов для критериев K_j как величины их важности P_j (табл. 16):

$$P_j = P_k \cdot \rho_{kj}, \quad j = 1, 2, \dots, n, k = 1, 2, \dots, h$$

где индекс j означает критерии нижестоящего уровня, а k означает элементы следующего вышестоящего уровня - подцели; P_k - приоритет подцелей; ρ_{kj} - относительная значимость критерия K_j для k -ой подцели.

Таблица 16

Оценка важности критериев III уровня иерархии

РС (0,08714)	ОР	ЗО	ПР	Вектор приоритетов	
ОР	1	8	4	P(1) =	0,716644
ЗО	1/8	1	1/3	P(2) =	0,078261
ПР	¼	3	1	P(3) =	0,205094
$\lambda_{\max} = 3,018295$		KI = 0,009148		OC = 0,015772	

Взвешенные приоритеты			
ОР	0,716644		0,062448
ЗО	0,078261	× 0,08714 =	0,00682
ПР	0,205094		0,017872

П (0,623797)	ПП	КР	Вектор приоритетов	
ПП	1	5	P(1) =	0,833333
КР	1/5	1	P(2) =	0,166667
$\lambda_{\max} = 2$		KI = 0		OC = 0

Взвешенные приоритеты			
ПП	0,833333	× 0,623797 =	0,51983
КР	0,166667		0,103966

МТ (0,228078)	ТИ	ТЭ	ПБ	БУ	Вектор приоритетов	
ТИ	1	7	5	9	P(1) =	0,650415
ТЭ	1/7	1	1/4	3	P(2) =	0,08719
ПБ	1/5	4	1	5	P(3) =	0,217578
БУ	1/9	1/3	1/5	1	P(4) =	0,044817
$\lambda_{\max} = 4,231335$		KI = 0,077112			OC = 0,08568	

Взвешенные приоритеты			
ТИ	0,650415		0,148345
ТЭ	0,08719	× 0,228078 =	0,019886
ПБ	0,217578		0,049625
БУ	0,044817		0,010222

ВГ (0,060986)	МС	СН	Вектор приоритетов	
МС	1	3	P(1) =	0,75
СН	1/3	1	P(2) =	0,25
$\lambda_{\max} = 2$		KI = 0		OC = 0

Взвешенные приоритеты			
МС	0,75	× 0,060986 =	0,045739
СН	0,25		0,015246

Оценка полезности альтернативных вариантов освоения производства продукции по отношению к целевым критериям представлена в таблице 17.

Таблица 17

Оценка полезности альтернатив IV уровня иерархии

ОР (0,062448)	A ₁	A ₂	A ₃	Вектор приоритетов	
A ₁	1	1/2	1/2	P(1) =	0,2
A ₂	2	1	1	P(2) =	0,4
A ₃	2	1	1	P(3) =	0,4
$\lambda_{\max} = 3$		KI = 0		OC = 0	

ЗО (0,00682)	A ₁	A ₂	A ₃	Вектор приоритетов	
A ₁	1	3	1/4	P(1) =	0,217648
A ₂	1/3	1	1/6	P(2) =	0,091401
A ₃	4	6	1	P(3) =	0,690951
$\lambda_{\max} = 3,053622$		KI = 0,026811		OC = 0,046226	

ПР (0,017872)	A ₁	A ₂	A ₃	Вектор приоритетов	
A ₁	1	7	3	P(1) =	0,658626
A ₂	1/7	1	1/4	P(2) =	0,078617
A ₃	1/3	4	1	P(3) =	0,262757
$\lambda_{\max} = 3,032367$		KI = 0,016183		OC = 0,027902	

ПП (0,51983)	A ₁	A ₂	A ₃	Вектор приоритетов	
A ₁	1	1/4	1/9	P(1) =	0,063249
A ₂	4	1	1/5	P(2) =	0,193903
A ₃	9	5	1	P(3) =	0,742848
$\lambda_{\max} = 3,071266$		KI = 0,035633		OC = 0,061436	

КР (0,103966)	A ₁	A ₂	A ₃	Вектор приоритетов	
A ₁	1	1/5	1/7	P(1) =	0,071925
A ₂	5	1	1/3	P(2) =	0,278978
A ₃	7	3	1	P(3) =	0,649097
$\lambda_{\max} = 3,064888$		KI = 0,032444		OC = 0,055938	

ТИ (0,148345)	A ₁	A ₂	A ₃	Вектор приоритетов	
A ₁	1	8	4	P(1) =	0,716644
A ₂	1/8	1	1/3	P(2) =	0,078261
A ₃	1/4	3	1	P(3) =	0,205094
$\lambda_{\max} = 3,018295$		KI = 0,009148		OC = 0,015772	

Продолжение табл. 17

ТЭ (0,019886)	A ₁	A ₂	A ₃	Вектор приоритетов	
A ₁	1	8	4	P(1) =	0,716644
A ₂	1/8	1	1/3	P(2) =	0,078261
A ₃	1/4	3	1	P(3) =	0,205094
$\lambda_{\max} = 3,018295$		KI = 0,009148		OC = 0,015772	

ПБ (0,049625)	A ₁	A ₂	A ₃	Вектор приоритетов	
A ₁	1	3	3	P(1) =	0,6
A ₂	1/3	1	1	P(2) =	0,2
A ₃	1/3	1	1	P(3) =	0,2
$\lambda_{\max} = 3$		KI = 0		OC = 0	

БУ (0,010222)	A ₁	A ₂	A ₃	Вектор приоритетов	
A ₁	1	1/7	1/2	P(1) =	0,090507
A ₂	7	1	6	P(2) =	0,758245
A ₃	2	1/6	1	P(3) =	0,151249
$\lambda_{\max} = 3,032367$		KI = 0,016183		OC = 0,027902	

МС (0,045739)	A ₁	A ₂	A ₃	Вектор приоритетов	
A ₁	1	6	4	P(1) =	0,690951
A ₂	1/6	1	1/3	P(2) =	0,091401
A ₃	1/4	3	1	P(3) =	0,217648
$\lambda_{\max} = 3,053622$		KI = 0,026811		OC = 0,046226	

СН (0,015246)	A ₁	A ₂	A ₃	Вектор приоритетов	
A ₁	1	1/2	1/2	P(1) =	0,2
A ₂	2	1	1	P(2) =	0,4
A ₃	2	1	1	P(3) =	0,4
$\lambda_{\max} = 3$		KI = 0		OC = 0	

Определим глобальные приоритеты для альтернатив A_i как величину полезности NA_i (табл. 18):

$$N_{A_i} = \sum_{j=1}^n P_j \cdot \rho_{ij},$$

где индекс i означает альтернативы нижестоящего уровня, а j означает элементы следующего вышестоящего уровня, представляющие собой целевые критерии; P_j - глобальный приоритет

(вес) этих целевых критериев; ρ_{ij} - относительная значимость (выгодность) альтернативы A_i по j -му критерию.

Для альтернативы A_1 получим:

$$0,2 \cdot 0,062448 + 0,217648 \cdot 0,00682 + \dots + 0,2 \cdot 0,015246 = 0,252016$$

для альтернативы A_2 :

$$0,4 \cdot 0,062448 + 0,091401 \cdot 0,00682 + \dots + 0,4 \cdot 0,015246 = 0,197929$$

для альтернативы A_3 :

$$0,4 \cdot 0,062448 + 0,690951 \cdot 0,00682 + \dots + 0,4 \cdot 0,015246 = 0,550054$$

Таблица 18

Определение общей полезности альтернатив

Целевые критерии	Вес критерия	Значимость альтернатив		
		A_1	A_2	A_3
ОР	0,062448	0,2	0,4	0,4
ЗО	0,00682	0,217648	0,091401	0,690951
ПР	0,017872	0,658626	0,078617	0,262757
ПП	0,51983	0,063249	0,193903	0,742848
КР	0,103966	0,071925	0,278978	0,649097
ТИ	0,148345	0,716644	0,078261	0,205094
ТЭ	0,019886	0,716644	0,078261	0,205094
ПБ	0,049625	0,6	0,2	0,2
БУ	0,010222	0,090507	0,758245	0,151249
МС	0,045739	0,690951	0,091401	0,217648
СН	0,015246	0,2	0,4	0,4
		0,252016	0,197929	0,550054

Анализ относительной полезности трёх альтернатив освоения производства новой продукции (противопожарное оборудование – A_1 , ёмкости для сбора токсичных отходов – A_2 , оборудование для водопроводной сети – A_3) показал, что наибольший приоритет, равный 0,550054 получила альтернатива A_3 , следующей по значимости с весом 0,252016 - является альтернатива A_1 , и наименьший вес – 0,197929 имеет альтернатива A_2 . Окончательно следует выбрать в качестве приоритетной области деятельности предприятия – освоение производства оборудования для водопроводной сети, получившего

наибольшее значение оценки конкурентоспособности продукции. Но для повышения устойчивости работы предприятия возможно диверсифицировать направления его деятельности и направить 55% ресурсов на реализацию альтернативы A_3 , более 25% - на альтернативу A_1 и около 20% - на альтернативу A_2 .

Порядок выполнения работы

1. Изучить методические указания
2. Получить у преподавателя исходные данные
3. Провести необходимые расчеты на ЭВМ
4. Определить оптимальные варианты решения
5. Сделать выводы и оформить отчет по выполненной работе

Отчет по работе должен содержать

1. Цель работы
2. Постановку задачи
3. Математические модели
4. Исходные данные
5. Порядок работы на ЭВМ при решении задачи
6. Результаты решения
7. Выводы.

Лабораторная работа № 6

Принятие решений на основе метода расстояний

Цель работы: углубление знаний в области принятия управленческих решений в условиях многокритериальности в организации на основе метода расстояний (смещённого эталона).

В процессе своей деятельности предприятие сталкивается с необходимостью оценки конкурентоспособности производимой продукции. При этом имеется ряд товаров, из которых необходимо выбрать наиболее конкурентоспособный. Выбор такого товара представляет собой достаточно сложную задачу, требующую для разрешения проведение системного ана-

лиза структуры каждого варианта и оценки его потенциальной конкурентоспособности.

Обоснование и выбор конкурентоспособного варианта товара может быть сформулирован в виде многокритериальной задачи, постановка которой описывается матрицами, в зависимости от имеющихся условий неопределенности и типа лица, принимающего решения.

Рассмотрим постановку многокритериальных задач принятия решений по выбору наиболее конкурентоспособного товара. Многокритериальными называются задачи принятия решений количество критериев достижения цели у которых более, чем два $K = (k_1, k_2, \dots, k_m)$, а сами задачи характеризуются несколькими альтернативами $Y = (Y_1, Y_2, \dots, Y_n)$.

Такого рода задачи обычно описываются матрицей представленной в табл. 19.

Таблица 19

Матрица описания многокритериальной задачи выбора конкурентоспособного товара

Критерии оценки товаров	Альтернативы товаров			
	Y_1	Y_2	$\dots$	Y_n
k_1	f_{11}	f_{12}	$\dots$	f_{1n}
k_2	f_{21}	f_{22}	$\dots$	f_{2n}
$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$
k_m	f_{m1}	f_{m2}	$\dots$	f_{mn}

Математическая интерпретация многокритериальной задачи состоит в том, что объекты (товары) отображаются точкой в критериальном пространстве $\{k_1, k_2, \dots, k_m\}$. Такие задачи, для которых значения критериев изменяются дискретно, относятся к классу дискретных задач принятия решений. Если значения критериев изменяются непрерывно, то такая задача относится к классу задач векторной оптимизации. При этом графическая интерпретация такой задачи отображается в виде некоторой области в пространстве критериев.

В общем виде зависимости от требуемого пользователю решения многокритериальные задачи можно разделить на следующие классы:

- задачи выбора (выделение наиболее предпочтительного объекта);
- задачи оценивания (оценка объекта по интегральному критерию);
- определение Парето-оптимальной области.

Для решения задач обоснования и выбора конкурентоспособного варианта продукции (задачи 1 и 2) адекватными методами решения являются 3 основные группы методов: лексикографические; интерактивные; аксиоматические методы.

Методы решения, относящиеся к первой группе, базируются на предположении о доминировании критериев. Задача решается за несколько циклов, в каждом из которых выполняются следующие этапы: ранжирование критериев; выбор объекта по самому важному критерию.

Ко второй группе относятся в основном методы и алгоритмы выбора наиболее предпочтительного объекта (решения), которые представляют в основном интерактивные процедуры, зависящие от специфики решаемой задачи.

Методы третьей группы (аксиоматические) используют положения, разработанные в теории полезности. Здесь необходимо определить и задать свойства неявной функции предпочтения, т.е. необходимо задать структуру предпочтения, которой оперирует ЛППР при выборе и оценке объекта. На основании выявленных свойств выбирается некоторая аналитическая функция (функция полезности), описывающая структуру предпочтений ЛППР. При этом ЛППР должен хорошо ориентироваться в содержании задачи, данный метод наиболее трудоемок по сравнению с предыдущими, но позволяет получить более обоснованные оценки объектов.

Рассмотрим некоторые из указанных методов подробнее.

Лексикографические методы. При решении многокритериальных задач этим методом, проводится доминирование кри-

териев $\{k_1, k_2, \dots, k_m\}$, т.е. они ранжируются по степени важности таким образом, чтобы индекс 1 (ранг) приписывался наиболее важному критерию. И далее процедура выбора объектов осуществляется по этому наиболее важному критерию. При этом на остальные критерии $\{k_2, k_3, \dots, k_m\}$ накладываются выявленные на основании анализа структуры задачи ограничения следующего типа:

$$a_2 \leq k_2 \leq b_2; \quad a_m \leq k_m \leq b_m.$$

Если при анализе альтернатив какой-либо вариант не удовлетворяет критериальным ограничениям, он исключается из рассмотрения. В результате анализа альтернатив, таким образом, формируется множество допустимых объектов (альтернатив).

Если по выбранному важному критерию k_1 , не удастся однозначно осуществить выбор оптимального варианта $Y_{\text{опт}} = Y^* \subseteq \{Y_1, Y_2, \dots, Y_n\}$, то на следующем шаге выбирается следующий по степени важности критерий, по которому и производится процедура выбора, с учетом ограничений на другие критерии, т.е. по k_2 и т.д. процедура повторяется пока, в допустимом множестве альтернатив не останется единственного варианта - оптимального.

Условие доминирования содержательно обозначает следующее: если упорядочить проекты по критерию k_1 , то этот порядок не изменится при учете критериев $k_2, k_3, \dots, k_m$, и т.д., т.е. критерий k_1 настолько важен, что он превосходит по важности все остальные.

Методы выбора предпочтительного объекта (наиболее часто используется группа методов под общим названием “смещенный идеал”). Одним из наиболее предпочтительных методов для решения дискретных задач принятия решений является метод смещенного идеала. Данный метод включает в себя большую группу алгоритмов, реализующих решение задач этим методом. К общим признакам, объединяющим методику решения, можно отнести следующие: наличие “идеального объекта”; наличие метрики измерения расстояния от анализи-

руемого объекта до идеального; наличие процедур отсеивания неэффективных альтернатив.

При формировании идеального объекта вполне возможно, что образ такого объекта может не принадлежать реальному множеству объектов $Y = (Y_1, Y_2, \dots, Y_n)$ или даже вообще не существовать. При этом объекты из допустимого множества $Y = (Y_1, Y_2, \dots, Y_n)$ сравниваются с моделью сформированного идеального объекта на основе некоторой метрики расстояния и проводится процедура отсеивания.

При построении модели идеального объекта важно использовать знания и опыт специалиста-пользователя (ЛПР) так как он лучше понимает свойства и параметры, взятые из лучших реальных объектов и составляющие содержание идеального объекта.

Процедура отсеивания характеризуется исключением из исходного допустимого множества проектов $Y = (Y_1, Y_2, \dots, Y_n)$ подмножества проектов, не содержащего наиболее предпочтительного проекта.

В общем виде процедура поиска наиболее предпочтительного объекта состоит из следующих этапов:

1. Формирование идеального объекта (ИДО).
2. Анализ множества объектов на соответствие идеальному объекту.
3. Интерактивное исключение из дальнейшего анализа тех объектов из исходного множества $Y = (Y_1, Y_2, \dots, Y_n)$, которые признаны при анализе заведомо не наилучшими.
4. Переход к п. 1 для сокращенного множества объектов.

Процедура поиска наиболее предпочтительного объекта продолжается до тех пор, пока на некотором этапе итерации в сокращенном множестве объектов не останется наиболее предпочтительный объект.

Стратегия выбора на основании метода смещенного идеала.

Рассмотрим автоматизированное решение задачи принятия решений по методу смещенного идеала на следующем примере (табл. 20).

Считаем, что на предварительном этапе анализа вариантов продукции были сформированы критериальные ограничения и часть товаров, удовлетворяющая им, представлена в виде допустимого множества альтернатив, которые и отражены в табл. 20).

На следующем шаге решения необходимо на основании данных, приведенных в исходной матрице (табл. 20), сформировать идеальный объект, значения критериев которого будут равны максимальным значениям показателей эффективности (критериев выбора), полезность по которым возрастает, и минимальным - полезность по которым убывает. Таким образом, получаем идеальный объект, вектор значений которого составлен следующим образом

$$Y^+ = \{k_1^+, k_2^+, \dots, k_8^+\},$$

где $Y^+ \notin \{Y_1, Y_2, Y_3\}$ может не принадлежать ко множеству допустимых или даже реально существующих объектов.

Кроме идеального объекта сформируем также модель наихудшего объекта, т.е. проекта, вариант которого по своим значениям параметров однозначно не является эффективным.

Значения критериев такого наихудшего объекта будут равны минимальным значениям показателей эффективности (критериев выбора), полезность по которым возрастает, и максимальным, полезность по которым убывает. Таким образом, получаем наихудший объект, вектор значений которого составлен следующим образом

$$Y^- = \{k_1^-, k_2^-, \dots, k_8^-\}.$$

Значения идеального и наихудшего объектов приведены в двух последних графах табл. 20.

Таблица 20

**Матрица значений альтернатив идеального и
наихудшего объектов**

Показатель	Варианты продукции			Идеальный объект	Наихудший объект
	Y_1	Y_2	Y_3	Y^+	Y^-
1. Цена приобретения, тыс. руб. (k_1)	972	970	994	970	994
2. Эксплуатационные расходы, тыс. руб. (k_2)	50	52	52	50	52
3. Работоспособность, % от рабочего времени (k_3)	80	85	82	85	80
4. Вес изделия, кг. (k_4)	60	67	69	60	69
5. Срок службы, лет. (k_5)	15	15	15	15	15
6. Средняя наработка на отказ, час. (k_6)	4900	4890	4900	4900	4890
7. Уровень гарантийного и сервисного обслуживания, балл (k_7)	4	4	3	4	3
8. Дизайн, балл (k_8)	5	5	5	5	5

Реализация данного метода в ЭТ предполагает использование данных, приведенных в таблице на рис. 39. Построим таблицу исходных данных наилучшим и наихудшим вариантами. Для этого в диапазоне ячеек E6:E13 формируем значения, характеризующие наилучшие значения параметров проекта. Например, для критерия “Коммерческая прибыль” в ячейке E11 запишем формулу выбора максимального значения этого критерия =МАКС(B11:D11). В ячейке F11 запишем формулу выбора минимального значения параметра (значение данного критерия для формирования наихудшего объекта) =МИН(B11:D11). Структура ЭТ с исходными данными и параметрами наилучшего и наихудшего объектов приведена на рис. 36.

Таким образом, построенные идеальный и наихудший объекты задают шкалу, на которой можно рассматривать и оценивать текущие объекты с точки зрения удаления или приближения к идеальному (наихудшему) объекту.

Анализ значений полученных объектов показывает, что критерии, по которым значения наилучшего и наихудшего объектов совпадают (или мало различаются), можно удалить из рассмотрения. К ним можно отнести критерии k_1 , k_2 , k_3 .

F10 fx =МИН(B10:D10)

	A	B	C	D	E	F
2	Затраты по вариантам производства					
3	Показатель	Варианты			Идеальный объект	Наихудший объект
4		Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ⁺	Y ⁻
5						
6	1. Затраты на мастерскую, тыс. руб. (k_1)	972	972	972	972	972
7	2. Цеховые расходы, тыс. руб. (k_2)	1061,2	1062,2	1061,2	1062,2	1061,2
8	3. Покупка запасных частей, тыс. руб. (k_3)	6900	6904,3	6900	6900	6904,3
9	4. Всего затрат на ремонт и ТО, тыс. руб. (k_4)	11202	10790,7	10450	10450	11202
10	5. Выручка за услуги, тыс. руб. (k_5)	11704	10306	12560	12560	10306
11	6. Коммерческая прибыль, тыс. руб. (k_6)	502	920	1254	1254	502
12	7. Размер инвестиций, тыс. руб. (k_7)	230	350	573	230	573
13	8. Степень риска (k_8)	0,15	0,35	0,5	0,15	0,5

Рис. 39. Исходные данные, идеальные и наихудшие объекты

Таким образом, снижаем размерность пространства критериев и получаем матрицу значений, представленную в табл. 21.

Таблица 21

Матрица значений идеального и наихудшего объектов для усеченного пространства критериев

Показатель	Варианты			Идеальный объект	Наихудший объект
	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ⁺	Y ⁻
4. Всего затрат на ремонт и ТО, тыс. руб. (k_4)	11202,0	10790,7	10450,0	10450,0	11202,0
5. Выручка за услуги, тыс. руб. (k_5)	11704,0	10306,0	12560,0	12560,0	10306,0
6. Коммерческая прибыль, тыс. руб. (k_6)	502,0	920,0	1254,0	1254,0	502,0
7. Размер инвестиций, тыс. руб. (k_7)	230,0	350,0	573,0	230,0	573,0
8. Степень риска (k_8)	0,15	0,35	0,5	0,15	0,5

Для сопоставления значений критериев необходимо перейти к нормированным единицам, преобразуя их значения по формуле

$$Z_{ij}^I = \frac{(k_i^+ - x_{ij})}{(k_i^+ - k_i^-)},$$

где x_{ij} - текущее значение i -го критерия сравниваемого j -го объекта, k_i^+ - идеальное значение по i -му критерию, k_i^- - худшее значение по i -му критерию.

Тогда, переходя к относительным значениям критериев, получим следующую матрицу (табл. 22).

Таблица 22

Матрица вариантов проектов в относительных единицах

Показатель	Варианты		
	Y ₁	Y ₂	Y ₃
4. Всего затрат на ремонт и ТО, тыс. руб. (k_4)	1,00	0,45	0,00
5. Выручка за услуги, тыс. руб. (k_5)	0,38	1,00	0,00
6. Коммерческая прибыль, тыс. руб. (k_6)	1,00	0,44	0,00
7. Размер инвестиций, тыс. руб. (k_7)	0,00	0,35	1,00
8. Степень риска (k_8)	0,00	0,57	1,00

В ячейках записываем формулы нормирования значений:

B20: (E9-B9)/(E9-F9);

C20: (E9-C9)/(E9-F9);

B20: (E9-D9)/(E9-F9).

Далее следует скопировать формулы по соответствующей графе, перетаскив маркер заполнения вниз по графе.

Структура ЭТ, содержащей матрицу нормированных значений критериев приведена на рис. 40.

C21		fx =(\$E10-C10)/(\$E10-\$F10)		
	A	B	C	D
16				
17		Варианты		
18	Нормированные значения показателей			
19		Y ₁	Y ₂	Y ₃
20	4. Всего затрат на ремонт и ТО, тыс. руб. (k ₄)	1	0,453059	0
21	5. Выручка за услуги, тыс. руб. (k ₅)	0,379769	1	0
22	6. Коммерческая прибыль, тыс. руб. (k ₆)	1	0,444149	0
23	7. Размер инвестиций, тыс. руб. (k ₇)	0	0,349854	1
24	8. Степень риска (k ₈)	0	0,571429	1

Рис. 40. Матрица нормированных значений критериев

Значения критерия в относительных единицах Z_{ij}^I интерпретируются как расстояние от объекта Y_j по критерию k_i до идеального объекта.

Идеальный объект по исследуемому критерию имеет расстояние, равное $Z_{ij}^I = 0$, а наихудший – $Z_{ij}^I = 1$.

Для выявления худших объектов найдем расстояние каждого объекта до идеального объекта, используя следующую обобщенную метрику:

$$Lp = \sqrt[p]{\sum_{i=1}^m (1 - Z_{ij}^I)^p}$$

где p - некоторый коэффициент, характеризующий степень концентрации, позволяющая переходить к различным видам метрики для вычисления расстояния.

Для значений матрицы в относительных единицах найдем разность $(1 - Z_{ij}^I)$, и данные величины перепишем в таблицу метрики (рис. 41). Данная таблица занимает диапазон ячеек A26:E34, а значение ячеек матрицы вычисляется так: например, для ячейки B30 записываем формулу = 1 – B20.

C33	f _x =1-C23					
	A	B	C	D	E	F
26						
27		Варианты			Относит	Направл
28	Нормированные значения показателей				важность	эталона
29		Y ₁	Y ₂	Y ₃		
30	4. Всего затрат на ремонт и ТО, тыс. руб. (k ₄)	0	0,546941	1	0,11	0
31	5. Выручка за услуги, тыс. руб. (k ₅)	0,620231	0	1	0,14	1
32	6. Коммерческая прибыль, тыс. руб. (k ₆)	0	0,555851	1	0,2	1
33	7. Размер инвестиций, тыс. руб. (k ₇)	1	0,650146	0	0,14	0
34	8. Степень риска (k ₈)	1	0,428571	0	0,17	0

Рис. 41. Вычисление матрицы нормированных расстояний $(1 - Z_{ij}^I)$

Если для критериев можно сформулировать значения коэффициентов важности β , то в формулу обобщенной метрики вводится относительная важность критериев в виде вектора весов $\{\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n\}$ ($\sum \beta_i = 1$) и метрика расстояния характеризует взвешенную по важности меру близости к идеальному объекту

$$Lp = \sqrt[p]{\sum_{i=1}^m \beta_i (1 - Z_{ij})^p}$$

Воспользуемся значениями коэффициентов важности, вычисленными по матрице парных сравнений критериев (табл. 23), и перепишем их в матрицу (табл. 24). Если критерий k_i менее предпочтителен, чем критерий k_j , то в таблицу заносится 0, в иных случаях – 1.

В программе “Метод расстояний – рейтинговая оценка” следует указать, что будут рассчитываться относительные коэффициенты значимости на основе введенной матрицы попарных оценок важности критериев оценки показателей (рис. 42).

Рейтинговая оценка (с) Амелин С.В.

Матрица показателей по объектам

Пример!\$B\$3:\$D\$7

Важность показателей

Пример!\$K\$3:\$N\$6

Направление эталона max-1 min-0

Пример!\$F\$3:\$F\$7

Пуск

Конец

Абсол. Относ.

Понятно ?

Рис. 42. Диалоговая форма программы Бенчмаркинг из ППП PRIMA

Таблица 23

Матрица парных сравнений критериев выбора

Критерии выбора	Критерии выбора								сумма баллов	относит. важность
	k ₁	k ₂	k ₃	k ₄	k ₅	k ₆	k ₇	k ₈		
k ₁	1	1	0	0	0	0	0	1	3	3/36=0,083
k ₂	0	1	0	1	0	0	0	0	2	0,056
k ₃	1	1	1	0	1	0	0	0	4	0,111
k ₄	1	0	1	1	0	0	0	1	4	0,111
k ₅	1	1	0	1	1	0	1	0	5	0,139
k ₆	1	1	1	1	1	1	1	0	7	0,194
k ₇	1	1	1	1	0	0	1	0	5	0,139
k ₈	0	1	1	0	1	1	1	1	6	0,167
Итого:									36	1,0

Таблица 24

Ранжированный список критериев

Критерий выбора	Относительная важность, β
k_6	0,194
k_8	0,167
k_7	0,139
k_5	0,139
k_4	0,111
k_3	0,111
k_1	0,083
k_2	0,056

Тогда ранжирование критериев по рассчитанным значениям важности имеет вид:

$$k_6 \phi k_8 \phi k_7 \approx k_5 \phi k_4 \approx k_3 \phi k_1 \phi k_2$$

Таблица 25

Вектор степеней важности критериев

Критерий выбора	Относительная важность, β
k_4	0,11
k_5	0,14
k_6	0,2
k_7	0,14
k_8	0,17

Вводим значение коэффициентов важности в таблицу (рис. 41), в диапазон ячеек E30:E34.

Чем больше значение метрики L , тем дальше коэффициент отстоит от наихудшего и соответственно ближе находится к идеальному. При различных значениях коэффициента концентрации p получим различные виды метрик.

Например, для $p = 1$ получаем взвешенную линейную метрику

$$L_1 = \sum_{i=1}^m \beta_i (1 - Z_{ij}) .$$

При $p = 2$ получаем функцию L - евклидово расстояние:

$$L_2 = \sqrt[2]{\sum_{i=1}^m \beta_i (1 - Z_{ij})^2}$$

Максимальное значение метрики L говорит о наибольшей близости объекта к идеальному. Таким образом, присваивая p разные значения, получаем различные стратегии формирования предпочтений и выбора. Вычислим для рассматриваемого примера разные метрики, соответствующие различным стратегиям выбора, и значения запишем в табл. 26.

Таблица 26

Матрица расстояний при различных коэффициентах концентрации метрики

Коэффициент	Значения меры расстояния		
	Y_1	Y_2	Y_3
p_1	0,397	0,335	0,450
p_2	0,603	0,430	0,671
p_4	0,758	0,494	0,819

Данная таблица реализуется так. В диапазоне ячеек A36:D42 строим таблицу вычисления метрики расстояния при различных степенях концентрации p (рис. 43).

На основании полученных мер близости сформулируем ранжированные по метрике расстояния предпочтения в соответствии со значением коэффициента концентрации.

На основании полученных значений расстояний сформулируем предпочтения вариантов.

B42		=КОРЕНЬ(КОРЕНЬ(СУММПРОИЗВ(B30:B34;B30:B34;B30:B34;B30:B34;E30:E34)))				
	A	B				
35						
36	Значения меры расстояния при различных коэффициентах p					
37	Коэффициент	Значения меры расстояния				
38	концентрации	П1	П2	П3		
39	метрики					
40	$p = 1$	0,396832	0,335211	0,45		
41	$p = 2$	0,603205	0,430234	0,67082		
42	$p = 4$	0,758341	0,494272	0,819036		

Рис. 43. Матрица расстояния при различных степенях концентрации

Получаем следующие ранжировки предпочтений:

$p = 1$: $Y_3 \phi Y_1 \phi Y_2$

$p = 2$: $Y_3 \phi Y_1 \phi Y_2$

$p = 4$: $Y_3 \phi Y_1 \phi Y_2$.

Худшие решения в данном случае - это те, которые всегда доминируются, т.е. это альтернативные проекты Y_2 , Y_1 , являющиеся наименее предпочтительными для всех используемых метрик.

Исключая их из дальнейшего рассмотрения, получим сокращенное множество альтернатив, состоящее в нашем случае из одной альтернативы Y_3 . Таким образом, в качестве оптимального варианта выбираем проект 3.

Если сокращенное множество альтернатив состоит более чем из одного объекта, процедура повторяется, начиная с построения нового идеального объекта. Процесс “отсеивания” худших решений повторяется до тех пор, пока не выявится один доминирующий объект или не станут ясны предпочтения лица, принимающего инвестиционные решения.

Использование метода выделения наиболее важного критерия и метода смещенного идеала показывает одинаковые результаты, а именно в качестве оптимального решения выбирается вариант 3 (ПЗ).

Другим часто используемым при оценке проектов способом обоснования и выбора оптимального проекта из множества допустимых, учитывающим также непосредственные инвестиционные риски, является группа методов, базирующихся на принципах сопоставимости показателей инвестиционных проектов к различным моментам времени. Оценочные показатели, служащие основой для принятия управленческих решений, можно условно подразделить на две группы:

- основанные на дисконтированных оценках;
- основанные на учетных оценках.

Автоматизация расчётов с помощью ППП PRIMA представлена на рис. 44 – 46.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1									
2		Затраты по вариантам производства							
3	Показатель	Варианты			Идеальный объект	Наихудший объект	Приоритеты показателя	Направление Эталона max-1 min-0	
4		Y_1	Y_2	Y_3	Y^*	Y^-			
5									
9	4. Всего затрат на ремонт и ТО, тыс. руб. (k_4)	11202	10790,7	10450	10450	11202	0,11	0	
10	5. Выручка за услуги, тыс. руб. (k_5)	11704	10306	12560	12560	10306	0,14	1	
11	6. Коммерческая прибыль, тыс. руб. (k_6)	502	920	1254	1254	502	0,2	1	
12	7. Размер инвестиций, тыс. руб. (k_7)	230	350	573	230	573	0,14	0	
13	8. Степень риска (k_8)	0,15	0,35	0,5	0,15	0,5	0,17	0	

Рис. 44. Исходные данные для расчёта по программе Бенчмаркинг по методу расстояний в ППП PRIMA

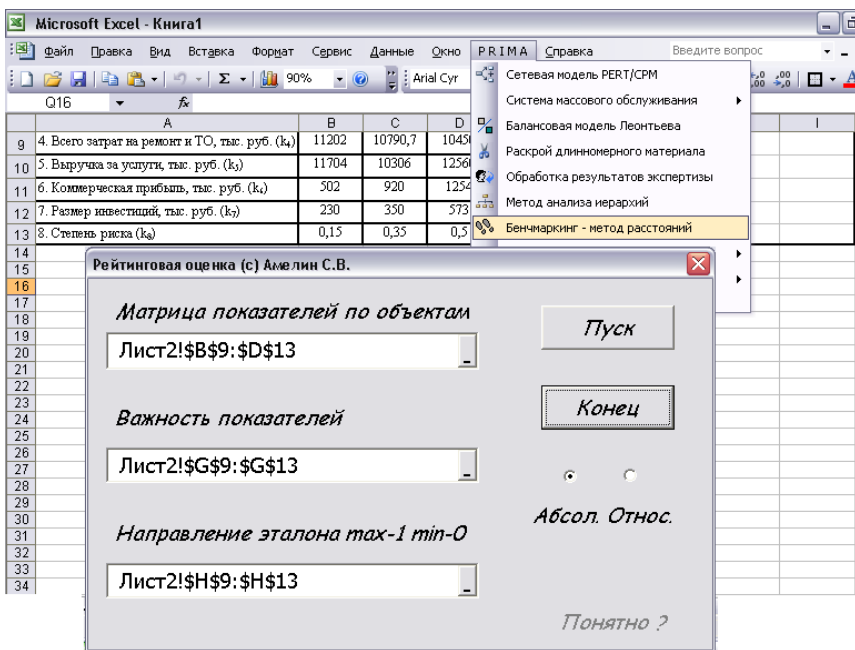


Рис. 45. Заполнение диалоговой формы программы Бенчмаркинг

	K	L	M	N	O	P	Q	R	
7		МАТРИЦА ПОКАЗАТЕЛЕЙ							
8		1 объект	2 объект	3 объект	Эталон	Аутсайдер	Приоритеты показателей		
9	1 показате	11202	10790,7	10450	10450	11202	0,11		
10	2 показате	11704	10306	12560	12560	10306	0,14		
11	3 показате	502	920	1254	1254	502	0,2		
12	4 показате	230	350	573	230	573	0,14		
13	5 показате	0,15	0,35	0,5	0,15	0,5	0,17		
	K	L	M	N	O	P			
14		Нормированные значения показателей (I)							
15		1 объект	2 объект	3 объект					
16	1 показате	1	0,453059	0					
17	2 показате	0,379769	1	0					
18	3 показате	1	0,444149	0					
19	4 показате	0	0,349854	1					
20	5 показате	0	0,571429	1					
21		Ранжирование в порядке возрастания оценок							
22		Расчет пространственных удалений от эталона							
23		Для ненормированных показателей							
24		1 объект	2 объект	3 объект					
25	dl =	1365,19	2307,065	343,0002					
26		Для ненормированных показателей							
27		с приоритетом							
28		1 объект	2 объект	3 объект					
29	dnl =	527,152	865,0826	128,3389					
	K	L	M	N	O	P			
30		Значимость оцениваемых объектов							
31		Для нормированных показателей							
32		1 объект	2 объект	3 объект					
33	dsl =	1,544243	1,102034	1,732051					
34		Для нормированных показателей							
35		с приоритетом							
36		1 объект	2 объект	3 объект					
37	dpl =	0,603205	0,430234	0,67082					

Рис. 46. Результаты решения задачи в ППП PRIMA

	K	L	M	N	O	P
39		Нормированные значения показателей (II)				
40		1 объект	2 объект	3 объект		
41	1 показатель	1,071962	1,032603	1		
42	2 показатель	0,931847	0,820541	1		
43	3 показатель	0,400319	0,733652	1		
44	4 показатель	1	1,521739	2,491304		
45	5 показатель	1	2,333333	3,333333		
46		Ранжирование в порядке убывания оценок				
47		Удаление от начала координат				
48		Для ненормированных показателей				
49		1 объект	2 объект	3 объект		
50	dll =	16210,28	14953,99	16396,86		
	K	L	M	N	O	P
51		Для ненормированных показателей				
52		с приоритетом				
53		1 объект	2 объект	3 объект		
54	dnll =	5747,942	5278,698	5870,115		
55		Близость к эталонному объекту				
56		Для нормированных показателей				
57		1 объект	2 объект	3 объект		
58	dsll =	0,607816	1,467719	2,769194		
59		Для нормированных показателей				
60		с приоритетом				
61		1 объект	2 объект	3 объект		
62	dpll =	0,27045	0,599288	1,112166		
	K	L	M	N	O	P
64						
65		Нормированные значения показателей (III)				
66		1 объект	2 объект	3 объект	Эталон	
67	1 показатель	1,029783	-0,0625	-0,96729	-0,96729	
68	2 показатель	0,158785	-1,06989	0,911108	0,911108	
69	3 показатель	-1,03508	0,074314	0,96077	0,96077	
70	4 показатель	-0,88668	-0,19725	1,083927	-0,88668	
71	5 показатель	-1,04407	0,094916	0,949158	-1,04407	
72		Ранжирование в порядке возрастания оценок				
73		Расчет пространственных удалений от эталона				
74		Для нормированных показателей				
75		1 объект	2 объект	3 объект		
76	dsIII =	2,921935	2,702113	2,8029		
77		Для нормированных показателей				
78		с приоритетом				
79		1 объект	2 объект	3 объект		
80	dpIII =	1,315213	1,194122	1,266504		

Рис. 46. Продолжение

Нормированные значения показателей по i -му критерию для j -го объекта

$$Z_{ij}^I = \frac{(k_i^+ - x_{ij})}{(k_i^+ - k_i^-)},$$

пространственные удаления от эталона для ненормированных показателей (чем меньше расстояние, тем выше полезность объекта)

$$d_i' = \sqrt{(x_{1j} - k_i^+)^2 + (x_{2j} - k_i^+)^2 + \dots + (x_{mj} - k_i^+)^2} = \sqrt{\sum_{i=1}^m (x_{ij} - k_i^+)^2},$$

пространственные удаления от эталона для ненормированных показателей с учётом коэффициентов приоритетов

$$dn_i' = \sqrt{\beta_1(x_{1j} - k_i^+)^2 + \beta_2(x_{2j} - k_i^+)^2 + \dots + \beta_m(x_{mj} - k_i^+)^2} = \sqrt{\sum_{i=1}^m \beta_i(x_{ij} - k_i^+)^2},$$

значимость оцениваемых объектов для нормированных показателей (чем больше значимость, тем выше полезность объекта)

$$ds_j' = \sqrt{(1 - Z_{1j})^2 + (1 - Z_{2j})^2 + \dots + (1 - Z_{mj})^2} = \sqrt{\sum_{i=1}^m (1 - Z_{ij})^2},$$

значимость оцениваемых объектов для нормированных показателей с учётом коэффициентов приоритетов

$$dp_j' = \sqrt{\beta_1(1 - Z_{1j})^2 + \beta_2(1 - Z_{2j})^2 + \dots + \beta_m(1 - Z_{mj})^2} = \sqrt{\sum_{i=1}^m \beta_i(1 - Z_{ij})^2},$$

Второй способ нормирования значений показателей по i -му критерию для j -го объекта

$$Z_{ij}^{II} = \frac{x_{ij}}{k_i^+}$$

пространственные удаления от начала координат для ненормированных показателей

$$d_j'' = \sqrt{x_{1j}^2 + x_{2j}^2 + \dots + x_{mj}^2} = \sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2},$$

пространственные удаления от начала координат для ненормированных показателей с учётом коэффициентов приоритетов

$$dn_j'' = \sqrt{\beta_1 x_{1j}^2 + \beta_2 x_{2j}^2 + \dots + \beta_m x_{mj}^2} = \sqrt{\sum_{i=1}^m \beta_i x_{ij}^2},$$

близость к эталонному объекту для нормированных показателей

$$ds_j'' = \sqrt{(1 - z_{1j})^2 + (1 - z_{2j})^2 + \dots + (1 - z_{mj})^2} = \sqrt{\sum_{i=1}^m (1 - z_{ij})^2},$$

близость к эталонному объекту для нормированных показателей с учётом коэффициентов приоритетов

$$dp_j'' = \sqrt{\beta_1 (1 - z_{1j})^2 + \beta_2 (1 - z_{2j})^2 + \dots + \beta_m (1 - z_{mj})^2} = \sqrt{\sum_{i=1}^m \beta_i (1 - z_{ij})^2}.$$

Другие способы стандартизации значений показателей по i -му критерию для j -го объекта

$$Z_{ij}^{III} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_i}{\sigma_i}, \quad Z_{ij}^{IV} = \frac{x_{ij}}{\bar{x}_i}, \quad Z_{ij}^V = \log x_{ij}, \quad Z_{ij}^{VI} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_i}{x_{i\max} - x_{i\min}}, \quad j = 1, \dots, n$$

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_i)^2} - \text{среднее квадратическое отклонение показателей по } i\text{-му критерию.}$$

$$d_i''' = \sqrt{(Z_{1j} - Z_i^+)^2 + (Z_{2j} - Z_i^+)^2 + \dots + (Z_{mj} - Z_i^+)^2} = \sqrt{\sum_{i=1}^m (Z_{ij} - Z_i^+)^2},$$

$$dn_i''' = \sqrt{\beta_1 (Z_{1j} - Z_i^+)^2 + \beta_2 (Z_{2j} - Z_i^+)^2 + \dots + \beta_m (Z_{mj} - Z_i^+)^2} = \sqrt{\sum_{i=1}^m \beta_i (Z_{ij} - Z_i^+)^2}$$

Порядок выполнения работы

1. Изучить методические указания
2. Получить у преподавателя исходные данные
3. Провести необходимые расчеты на ЭВМ
4. Определить оптимальные варианты решения
5. Сделать выводы и оформить отчет по выполненной работе

Отчет по работе должен содержать

1. Цель работы
2. Постановку задачи
3. Математические модели
4. Исходные данные
5. Порядок работы на ЭВМ при решении задачи
6. Результаты решения
7. Выводы.

Лабораторная работа № 7

Принятие решений на основе статистических игр

Цель работы: углубление знаний в области принятия управленческих решений в условиях многокритериальности в организации на основе эвристических методов.

Математический аппарат для выбора стратегии в конфликтной ситуации дает *теория игр*, позволяющая предпринимателю или менеджеру лучше понимать конкурентную обстановку и сводящая к минимуму степень риска.

Анализ с помощью приемов теории игр побуждает менеджера рассматривать как свои возможные действия, так и стратегии партнеров, конкурентов. Формализация данного процесса позволяет улучшить понимание проблемы в целом. Таким образом, теория игр – это наука о риске. Теория игр позволяет решать многие экономические проблемы, связанные с выбором, определением наилучшего положения, подчиненного только некоторым ограничениям, вытекающим из условия самой проблемы.

Риск имеет математически выраженную вероятность наступления потери, которая опирается на статистические данные и может быть рассчитана с достаточно высокой степенью точности.

Чтобы качественно определить величину риска, необходимо знать все возможные последствия отдельного действия и вероятность их возникновения. Вероятность означает возможность получения определенного результата.

Применительно к экономическим задачам методы теории вероятности сводятся к определению значений вероятности наступления событий и к выбору из возможных событий самого предпочтительного исходя из наибольшей величины математического ожидания. Математическое ожидание какого-либо события равно абсолютной величине этого события, умноженной на вероятность его наступления.

При обосновании принимаемых управленческих решений ЛПР необходимо обладать достоверной информацией в достаточном объеме. Связь между специалистами, принимающими решение, и источниками информации будет эффективной, если сообщение верно, если расчеты проведены правильно и по моделям, достаточно адекватным объекту–оригиналу, если доступны управленческие коммуникационные каналы, если лицо, принимающее решения, готово принять информацию и способно ее интерпретировать. Аргументированное обоснование решений требует оценки того, как рассматриваемые варианты могут решить вопросы стратегии и тактики, в какой степени удастся реализовать экономические, социальные, политические цели. Провести такую оценку возможно, располагая знаниями о методах моделирования, расчетами важных для анализа показателей, что является необходимым фактором успешной деятельности для любого предприятия.

Для принятия обоснованных решений необходима информация о доходах и издержках, изменяющихся в результате реализации каждой из возможных альтернатив, необходимо оценить вероятность каждого из возможных результатов применяемых решений, вероятности возникновения ситуаций, соответствующих худшим (пессимистическим), наиболее вероятным и лучшим (оптимистическим) вариантам развития.

Лицо, принимающее решения, может найти поддержку при их обосновании в применении методов моделирования, использования различных критериев выбора решений. Математический аппарат «теории игр и статистических решений» позволяет использовать различные критерии выбора в условиях неопределенности и риска в соответствии с предпочтениями ЛПР.

При использовании данного метода учитываются польза, затраты, прибыль и убытки при условии, что с вероятностью q_j возникла ситуация «природы» P_j . Под «природой» понимается обстановка, складывающаяся на производстве под воздействием внутренних и внешних факторов, ситуации на рынке. Сумма вероятностей всех возможных для рассмотрения ситуаций должна составлять единицу: $\sum q_j = 1$. Для определения наилучшего решения (стратегии поведения) необходимо учитывать среднюю величину ожидаемого результата при условии выбора стратегии C_i при состоянии среды P_j с учетом вероятности возникновения различных ситуаций во внешней среде или в производственных условиях.

Например, руководство предприятия должно определить стратегию выпуска продукции и предоставления услуг на некоторый период времени, так, чтобы удовлетворить потребности клиентов. Точная величина спроса на продукцию и услуги неизвестна, но ожидается, что в зависимости от соотношения сил на рынке товаров, действий конкурентов и погодных условий спрос может принять одно из четырех возможных значений. Маркетинговые исследования позволили определить возможные вероятности возникновения этих ситуаций, которые соответственно составили 0,225; 0,35; 0,275; 0,15. Для каждого из возможных значений спроса существует наилучший уровень предложения, с точки зрения возможных затрат и прибыли, отклонение от этих уровней связано с риском и может привести к дополнительным затратам либо из-за превышения предложения над спросом, либо из-за неполного удовлетворения спроса. В первом случае это связано с необходимостью хранения нереализованной продукции и потерями при реализации ее по сниженным ценам, во втором – с дополнительными затратами по оперативному выпуску недостающей продукции, т.к. иначе это будет связано с

риском потери клиентов. Данную ситуацию можно представить в виде матрицы игры (табл. 27).

Таблица 27

Анализ стратегий производства при неопределенной
рыночной конъюнктуре

Варианты решений	Возможные состояния внешней среды				$\min_j a_{ij}$
	Π_1	Π_2	Π_3	Π_4	
	Вероятности состояния среды				
	$q_1 = 0,225$	$q_2 = 0,35$	$q_3 = 0,275$	$q_4 = 0,15$	
	Размер прибыли (убытков) в зависимости от состояния среды (a_{ij})				
C_1	15	11	8	4	$4 \max_i$
C_2	3	21	14	12	3
C_3	-7	8	25	18	-7
C_4	-19	-5	17	28	-19
$\max_i a_{ij}$	15	21	25	28	

Для выбора наилучшего варианта решения существуют различные критерии, среди которых можно назвать критерии: Байеса, Лапласа, Вальда, Сэвиджа, максимакса, а также расширенные и производные критерии, например, Гурвица, Гермейера, Ходжа-Лемана и другие.

По критерию Байеса, в ситуации вероятностной определенности наилучшая стратегия C_{i^*} определяется выражением:

$$C_{i^*}(B) = \max_i \sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot q_j, \quad \sum_{j=1}^n q_j = 1,$$

где a_{ij} – размер «выигрыша» (если $a_{ij} < 0$, то проигрыша) при выборе i -й стратегии при j -м состоянии «природы» - внешней среды, q_j - вероятность возникновения j -го состояния «природы».

$$C_1(B) = 15 \cdot 0,225 + 11 \cdot 0,35 + 8 \cdot 0,275 + 4 \cdot 0,15 = 10,025,$$

$$C_2(B) = 3 \cdot 0,225 + 21 \cdot 0,35 + 14 \cdot 0,275 + 12 \cdot 0,15 = 13,675 \max_i,$$

$$C_3(B) = -7 \cdot 0,225 + 8 \cdot 0,35 + 25 \cdot 0,275 + 18 \cdot 0,15 = 10,8,$$

$$C_{1\backslash4}(B) = -19 \cdot 0,225 - 5 \cdot 0,35 + 17 \cdot 0,275 + 28 \cdot 0,15 = 2,85.$$

Наилучшее решение $C_2(B)$ дает максимальное математическое ожидание «выигрыша» равное 13,675.

По критерию Лапласа, в ситуации неопределенности все состояния «природы» являются равновероятными, тогда:

$$C_i^*(L) = \max_i \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n a_{ij} ,$$

$$C_1(L) = (15 + 11 + 8 + 4)/4 = 9,5 ,$$

$$C_2(L) = (3 + 21 + 14 + 12)/4 = 12,5 \max_i ,$$

$$C_3(L) = (-7 + 8 + 25 + 18)/4 = 11 ,$$

$$C_4(L) = (-19 - 5 + 17 + 28)/4 = 5,25 .$$

Наилучшее решение $C_2(L)$ дает максимальный средний «выигрыш» величиной 12,5.

По критерию Вальда, характерного для осторожного, пессимистического руководителя (см. табл. 9):

$$C_i^*(W) = \max_i \min_j a_{ij} ,$$

$$\max_i C_1(W) = 4; \quad C_2(W) = 3; \quad C_3(W) = -7; \quad C_4(W) = -19.$$

Наилучшее решение $C_1(W)$ дает максимальный из минимальных «выигрыш» величиной 4.

По критерию Сэвиджа наилучшая стратегия соответствует минимальному риску из максимальных:

$$C_i^*(S) = \min_i \max_j r_{ij} ; \quad r_{ij} = \max_i a_{ij} - a_{ij} ,$$

где r_{ij} – размер риска (упущенной возможности получить максимальный «выигрыш» при отсутствии точной информации о состоянии «природы») при выборе i -го решения при j -м состоянии «природы»

$$r_{11} = 15 - 15 = 0;$$

$$r_{12} = 21 - 11 = 10;$$

$r_{21} = 15 - 3 = 12$ и т.д., в результате получаем матрицу рисков (табл. 28).

Таблица 28

Матрица рисков

Варианты решений	Состояния внешней среды				$\max_j r_{ij}$
	Π_1	Π_2	Π_3	Π_4	
C_1	0	10	17	24	24
C_2	12	0	11	16	$16 \min_i$
C_3	22	13	0	10	22
C_4	34	26	8	0	34

$$C_1(S) = 24; \quad C_2(S) = 16 (\min_i); \quad C_3(S) = 22; \quad C_4(S) = 34.$$

Наилучшее решение $C_2(S)$ дает минимальный из максимальных рисков величиной 16.

По критерию Гурвица, учитывающего соотношение пессимизма и оптимизма у ЛПР, выбор производится исходя из следующего выражения:

$$C_i^*(G) = \max_i \{k \cdot \min_j a_{ij} + (1-k) \cdot \max_j a_{ij}\},$$

где k – коэффициент «пессимизма», например $k = 0,6$.

$$C_1(G) = 0,6 \cdot 4 + 0,4 \cdot 15 = 8,4,$$

$$C_2(G) = 0,6 \cdot 12 + 0,4 \cdot 21 = 15,6 \max_i,$$

$$C_3(G) = 0,6 \cdot (-7) + 0,4 \cdot 25 = 14,$$

$$C_4(G) = 0,6 \cdot (-19) + 0,4 \cdot 28 = -0,1.$$

Наилучшее решение $C_2(G)$ дает «выигрыш» величиной 15,6.

По критерию максимакса, характерного для руководителя, который несмотря на малую вероятность и значительный риск, рассчитывает во что бы то ни стало на максимальный «выигрыш»:

$$C_i^*(M) = \max_i \max_j a_{ij},$$

$$C_1(M) = 15 \quad C_2(M) = 21; \quad C_3(M) = 25; \quad C_4(M) = 28 \max_i.$$

Лучшее, по мнению ЛПР, решение $C_4(M)$ может дать «выигрыш» величиной 28, но этому решению соответствует и наибольший риск, равный 34.

Расширением максимального критерия является возможность использования вероятностей состояний внешних условий q_j и оценки лицом, принимающим решения вероятности реализуемости различных вариантов решений P_i на основе анализа предшествующего опыта, оценки степени готовности к реализации решения, компетентности исполнителей, степени поддержки вариантов решений исполнителями и ресурсной поддержки и т.п. Тогда критерий имеет следующий вид:

$$C_i^*(Wg) = \max_i \min_j a_{ij} \cdot p_i \cdot q_j.$$

Допустим, $P_1 = 0,1$; $P_2 = 0,3$; $P_3 = 0,4$; $P_4 = 0,2$.

Тогда $15 \cdot 0,1 \cdot 0,225 = 0,3375$; $11 \cdot 0,1 \cdot 0,35 = 0,385$;

$3 \cdot 0,3 \cdot 0,225 = 0,2025$ и т.д.

Рассчитаем таблицу «выигрышей» с учетом вероятностей реализации решений и вероятностей состояний внешней среды (табл. 29).

Таблица 29

Преобразованная таблица «выигрышей»

	Π_1	Π_2	Π_3	Π_4	$\min_j$
C_1	0,3375	0,385	0,22	0,06	0,06
C_2	0,2025	2,205	1,155	0,54	0,2025 $\max_i$
C_3	-0,63	1,12	2,75	1,08	-0,63
C_4	-0,855	-0,35	0,935	0,84	-0,855

$C_1(W_g) = 0,06$; $C_2(W_g) = 0,2025 \max_i$; $C_3(W_g) = -0,63$;

$C_4(W_g) = -0,855$.

Наилучшим решением является $C_2(W_g)$.

Критерий выбора Гермейера описывается следующим выражением:

$$C_{i*}(G_m) = \max_i \min_j a_{ij} \cdot q_j .$$

При использовании критерия для величин потерь (затрат) значения всех a_{ij} должны быть отрицательными. Если среди величин a_{ij} есть положительные, то необходимо применить преобразование a_{ij} – а для перехода к отрицательным значениям. Величина смещения $a > 0$ выбирается таким образом, чтобы все значения a_{ij} были строго отрицательными. Возможно использование в качестве величины смещения a постоянных затрат (табл. 30).

Таблица 30

Матрица выигрышей для критерия Гермейера

3,375	3,85	2,2	0,6	0,6
0,675	7,35	3,85	1,8	0,675 $\max_i$
-1,575	2,8	6,875	2,7	-1,575
-4,275	-1,75	4,675	4,2	-4,275

$$C_1(G_m) = 0,6; C_2(G_m) = 0,675 \max_i; C_3(G_m) = -1,575;$$

$$C_4(G_m) = -4,275 .$$

Наилучшим решением является $C_2(G_m)$.

Расширением критериев Байеса и Лапласа может служить следующее выражение:

$$C_{i*}(BL) = \max_i \sum_{j=1}^n a_{ij} p_i q_j ,$$

$$C_1(BL) = 0,3375 + 0,385 + 0,22 + 0,06 = 1,0025,$$

$$C_2(BL) = 0,2025 + 2,205 + 1,55 + 0,54 = 4,305 ,$$

$$C_3(BL) = -0,63 + 1,12 + 2,75 + 1,08 = 4,32 \max_i ,$$

$$C_4(BL) = -0,855 - 0,35 + 0,935 + 0,84 = 0,57 .$$

Наилучшим решением будет $C_3(BL)$.

Критерий Ходжа-Лемана использует степень доверия $d(0 \leq d \leq 1)$ к используемому распределению вероятностей:

$$C_{i*}(HL) = \max_i \{ d \sum_{j=1}^n a_{ij} * q_j + (1-d) \min_j a_{ij} \} .$$

Допустим $d = 0,55$

$$C_1(HL) = 0,55 \cdot (3,375 + 3,85 + 2,2 + 0,6) + 0,45 \cdot 4 = 10,025$$

$\max_i$,

$$C_2(HL) = 0,55 \cdot (0,675 + 7,35 + 3,85 + 1,8) + 0,45 \cdot 3 = 9,32 ,$$

$$C_3(HL) = 0,55 \cdot (-1,575 + 2,8 + 6,875 + 2,7) + 0,45 \cdot (-7) = 2,79 ,$$

$$C_4(HL) = 0,55 \cdot (-4,275 - 1,75 + 4,675 + 4,2) + 0,45(-19) = -6,9825.$$

Наилучшим решением является $C_1(HL)$.

Для получения гибкого критерия, хорошо приспособляющегося к сложившейся ситуации, можно использовать составные критерии. В качестве исходного берется максиминный критерий:

$$C_i(W) = \max_i \min_j a_{ij} = \alpha_{i*}.$$

Символом (*) обозначается альтернатива, соответствующая максимальному критерию выбора. Необходимо задаться уровнем допустимого риска $\epsilon_{\text{доп}} > 0$ и в результате определяется некоторое множество согласия, удовлетворяющее следующему уровню:

$$\gamma_i = \alpha_{i*} - \min_j a_{ij} \leq \epsilon_{\text{доп}} .$$

Величина γ_i характеризует наибольшие возможные потери по сравнению с величиной α_{i*} . Возможности для увеличения выигрыша определяются следующим соотношением:

$$\delta_i = \max_j a_{ij} - \max_{j*} a_{ij*} \geq \gamma_i.$$

Здесь символом (*) обозначаются элементы строки, в которой находится величина α_{i*} . Для окончательного выбора берутся те варианты, которые удовлетворяют приведенным условиям и имеют наибольшее математическое ожидание выигрыша:

$$C_{i*}(BW) = \max_i \sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot q_j \text{ при } \gamma_i \leq \varepsilon_{\text{доп}} \text{ и } \delta_i \geq \gamma_i.$$

Допустим, $\varepsilon_{\text{доп}} = 3$. Тогда данные для выбора решения представим в табл. 31.

Таблица 31

Данные для выбора решения согласно гибкому критерию

$C_i(W)$	γ_i	$\max_i a_{ij}$	δ_i	$C_i(BW)$
4	0	15	0	10.025
3	1	21	6	13.675 $\max_i$
-7	11	25	10	-
-19	23	28	13	-

Наилучшим решением из удовлетворяющих условиям, являются $C_2(BW) = 13,675$.

Возможна комбинация критерия Байеса с критерием Сэвиджа (последний берется в качестве исходного):

$$C_i(S) = \min_i \max_j r_{ij} = R_{i*}.$$

Условия отбора допустимого множества решений:

$$\mu_i = \max_j r_{ij} - R_{i*} \leq \varepsilon_{\text{доп}}; \quad \varepsilon_{\text{доп}} > 0;$$

$$\eta_i = \min_{j^*} r_{ij} - \min_j r_{ij} \geq \mu_i.$$

Для решений, удовлетворяющих этим условиям, применяется критерий Байеса для величин рисков

$$C_{i*}(BS) = \max_i \sum_{j=1}^n r_{ij} \cdot q_j.$$

Тогда для комбинированного критерия получаем следующие данные для выбора решения (табл. 32).

Таблица 32

Данные для выбора решения по комбинированному критерию

$C_i(S)$	μ_i	$\max_i r_{ij}$	η_i	$C_i(BS)$
24	8	0	0	-
16	0	0	0	8.125
22	6	0	0	-
34	18	0	0	-

$$12 \cdot 0,225 + 0 \cdot 0,35 + 11 \cdot 0,275 + 16 \cdot 0,15 = 8,125.$$

В данной ситуации единственным допустимым решением, удовлетворяющим приведенным условиям, является решение $C_2(BS)$.

Поскольку большинство критериев указывают на предпочтительность второго варианта решения, то это необходимо учитывать ЛПР при окончательном выборе.

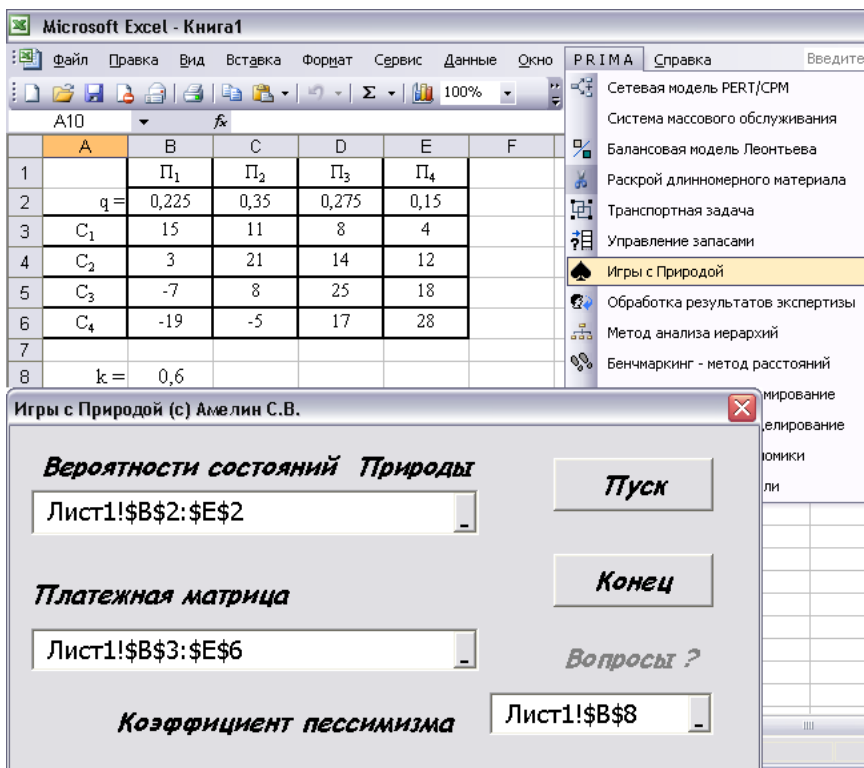


Рис. 47. Ввод исходных данных в программе
Игры с Природой

	A	B	C	D	E	F	G	H
10	ТЕОРИЯ СТАТИСТИЧЕСКИХ ИГР - РИСКИ В ПРИНЯТИИ РЕШЕНИЙ							
11	МАТРИЦА <<ВЫИГРЫШЕЙ>>							
12	15	11	8	4				
13	3	21	14	12				
14	-7	8	25	18				
15	-19	-5	17	28				
16								
17								
18	ПО КРИТЕРИЮ БАЙЕСА							
19	ПРИ АПРИОРНЫХ ВЕРОЯТНОСТЯХ СОСТОЯНИЯ <<ПРИРОДЫ>>							
20	0,225	0,35	0,275	0,15				
21	1-Я СТРАТЕГИЯ ДЛЯ ИГРОКА <<А>> ДАЕТ <<ВЫИГРЫШ>> A1 = 10,025							
22	2-Я СТРАТЕГИЯ ДЛЯ ИГРОКА <<А>> ДАЕТ <<ВЫИГРЫШ>> A2 = 13,675							
23	3-Я СТРАТЕГИЯ ДЛЯ ИГРОКА <<А>> ДАЕТ <<ВЫИГРЫШ>> A3 = 10,8							
24	4-Я СТРАТЕГИЯ ДЛЯ ИГРОКА <<А>> ДАЕТ <<ВЫИГРЫШ>> A4 = 2,85							
25	ЛУЧШАЯ СТРАТЕГИЯ ДЛЯ ИГРОКА <<А>> ДАЕТ <<ВЫИГРЫШ>> A2 = 13,675							
26								
27								
28	ПО КРИТЕРИЮ ЛАПЛАСА							
29	1-Я СТРАТЕГИЯ ДЛЯ ИГРОКА <<А>> ДАЕТ <<ВЫИГРЫШ>> A1 = 9,5							
30	2-Я СТРАТЕГИЯ ДЛЯ ИГРОКА <<А>> ДАЕТ <<ВЫИГРЫШ>> A2 = 12,5							
31	3-Я СТРАТЕГИЯ ДЛЯ ИГРОКА <<А>> ДАЕТ <<ВЫИГРЫШ>> A3 = 11							
32	4-Я СТРАТЕГИЯ ДЛЯ ИГРОКА <<А>> ДАЕТ <<ВЫИГРЫШ>> A4 = 5,25							
33	ЛУЧШАЯ СТРАТЕГИЯ ДЛЯ ИГРОКА <<А>> ДАЕТ <<ВЫИГРЫШ>> A2 = 12,5							
34								
	A	B	C	D	E	F	G	
36	ПО КРИТЕРИЮ ВАЛЬДА							
37	1-Я СТРАТЕГИЯ ДЛЯ ИГРОКА <<А>> ДАЕТ <<ВЫИГРЫШ>> A1 = 4							
38	2-Я СТРАТЕГИЯ ДЛЯ ИГРОКА <<А>> ДАЕТ <<ВЫИГРЫШ>> A2 = 3							
39	3-Я СТРАТЕГИЯ ДЛЯ ИГРОКА <<А>> ДАЕТ <<ВЫИГРЫШ>> A3 = -7							
40	4-Я СТРАТЕГИЯ ДЛЯ ИГРОКА <<А>> ДАЕТ <<ВЫИГРЫШ>> A4 = -19							
41	ЛУЧШАЯ СТРАТЕГИЯ ДЛЯ ИГРОКА <<А>> ДАЕТ <<ВЫИГРЫШ>> A1 = 4							
42								
43								
44	МАТРИЦА <<РИСКОВ>>							
45	0	10	17	24				
46	12	0	11	16				
47	22	13	0	10				
48	34	26	8	0				
49								
50								
51	ПО КРИТЕРИЮ СЭВИДЖА							
52	1-Я СТРАТЕГИЯ ДЛЯ ИГРОКА <<А>> ДАЕТ <<ВЫИГРЫШ>> A1 = 24							
53	2-Я СТРАТЕГИЯ ДЛЯ ИГРОКА <<А>> ДАЕТ <<ВЫИГРЫШ>> A2 = 16							
54	3-Я СТРАТЕГИЯ ДЛЯ ИГРОКА <<А>> ДАЕТ <<ВЫИГРЫШ>> A3 = 22							
55	4-Я СТРАТЕГИЯ ДЛЯ ИГРОКА <<А>> ДАЕТ <<ВЫИГРЫШ>> A4 = 34							
56	ЛУЧШАЯ СТРАТЕГИЯ ДЛЯ ИГРОКА <<А>> ДАЕТ <<ВЫИГРЫШ>> A2 = 16							

Рис. 48. Результаты расчёта при выборе стратегии

	A	B	C	D	E	F	G	
59	ПО КРИТЕРИЮ ГУРВИЦА							
60	ПРИ КОЭФФИЦИЕНТЕ <<ПЕССИМИЗМА>> $k = 0,6$							
61	1-Я СТРАТЕГИЯ ДЛЯ ИГРОКА <<А>> ДАЕТ <<ВЫИГРЫШ>> $A1 = 8,4$							
62	2-Я СТРАТЕГИЯ ДЛЯ ИГРОКА <<А>> ДАЕТ <<ВЫИГРЫШ>> $A2 = 10,2$							
63	3-Я СТРАТЕГИЯ ДЛЯ ИГРОКА <<А>> ДАЕТ <<ВЫИГРЫШ>> $A3 = 5,8$							
64	4-Я СТРАТЕГИЯ ДЛЯ ИГРОКА <<А>> ДАЕТ <<ВЫИГРЫШ>> $A4 = -0,19999999$							
65	ЛУЧШАЯ СТРАТЕГИЯ ДЛЯ ИГРОКА <<А>> ДАЕТ <<ВЫИГРЫШ>> $A2 = 10,2$							
66								
67								
68	ПО КРИТЕРИЮ МАКСИМАКСА							
69	1-Я СТРАТЕГИЯ ДЛЯ ИГРОКА <<А>> ДАЕТ <<ВЫИГРЫШ>> $A1 = 15$							
70	2-Я СТРАТЕГИЯ ДЛЯ ИГРОКА <<А>> ДАЕТ <<ВЫИГРЫШ>> $A2 = 21$							
71	3-Я СТРАТЕГИЯ ДЛЯ ИГРОКА <<А>> ДАЕТ <<ВЫИГРЫШ>> $A3 = 25$							
72	4-Я СТРАТЕГИЯ ДЛЯ ИГРОКА <<А>> ДАЕТ <<ВЫИГРЫШ>> $A4 = 28$							
73	ЛУЧШАЯ СТРАТЕГИЯ ДЛЯ ИГРОКА <<А>> ДАЕТ <<ВЫИГРЫШ>> $A4 = 28$							

Рис. 48. Продолжение

Порядок выполнения работы

1. Изучить методические указания
2. Получить у преподавателя исходные данные
3. Провести необходимые расчеты на ЭВМ
4. Определить оптимальные варианты решения
5. Сделать выводы и оформить отчет по выполненной работе

Отчет по работе должен содержать

1. Цель работы
2. Постановку задачи
3. Математические модели
4. Исходные данные
5. Порядок работы на ЭВМ при решении задачи
6. Результаты решения
7. Выводы.

Лабораторная работа № 8

Принятие решений на основе дерева решений

Цель работы: углубление знаний в области принятия управленческих решений в условиях многокритериальности в организации на основе дерева решений.

Исходные положения. Анализ вариантов управленческих решений предполагает использование таких понятий, как «вероятность» и «математическое ожидание случайной величины». Вероятность осуществления разрабатываемых вариантов решений зависит от вероятности выполнения различных этапов работ, их сочетаний и вариантов внешних условий. В таких случаях возникает сложная логическая ситуация, когда каждая работа является случайной величиной, а наступление каждого из ожидаемых событий сети зависит от вероятности осуществления предыдущих событий и от внешних условий.

Анализ таких ситуаций может быть выполнен с помощью деревьев решений, обеспечивающих моделирование логической структуры принятия решений в сложных ситуациях. Деревья решений позволяют представить в графическом виде позиционные игры, в которых задается многоэтапная последовательность принятия решений двумя и более игроками. В таких играх участники принимают решения, зная обо всех предыдущих решениях партнеров.

Дерево решений включает в себя варианты действий, а также возможные события и результаты действий, на которые оказывают влияние случайности и неконтролируемые лицом, принимающим решения, факторы.

С помощью дерева решений можно рассчитать условную вероятность достижения каждого из возможных результатов. Эти результаты при анализе проблем могут быть выражены в виде ожидаемой величины затрат на осуществление каждого из действий или возможных результатов, которые могут быть получены от каждого из вариантов решений.

Дерево решений – это графическое изображение последовательности решений и состояний среды с указанием соответствующих вероятностей и выигрышей для любых комбинаций альтернатив и состояний среды.

Принципы стохастических сетевых моделей, положенные в основу деревьев решений, разработаны С. Эльмаграби, Г.Эйснером.

Ветви таких деревьев являются дугами графа, соединяющими узлы двух типов. Узлы – это состояния, в которых возникают разветвления как вследствие выбора ЛПР, так и из-за влияния внешних, неуправляемых факторов («природы»). На схемах деревьев решений квадратами обозначаются узлы, где выбор производит ЛПР (пункты принятия решений), а кружками - вероятные события (узлы возникающей неопределенности), в которых дальнейшее развитие процесса зависит от влияния внешних условий. Дерево состоит слева направо, при этом ветви, исходящие из квадратных узлов, обозначают альтернативы решений, а ветви, исходящие из круглых узлов, обозначают возможные условия внешней среды. Для каждого разветвления неопределенности определяются вероятности, а в конце каждой финальной ветви указывается ожидаемая отдача.

Анализ дерева решений производится справа налево, т.е. с результатов последних из цепочки решений. Поэтому этот анализ называется обратным. Для каждого решения выбирается альтернатива с наибольшей величиной отдачи (или с наименьшими затратами). Лучшее решение выбирается по максимуму математического ожидания отдачи.

$$U(d) = \max_d \sum_s U(s)P(s/d, e)$$
 - полезность выбора из альтернатив,

где $U(s)$ - мера полезности состояния s ; $P(s/d, e)$ - распределение вероятностей перехода в состояние s при условии выбора решения d и данных наблюдения e .

Пример. Предприятие собирается выйти со своей продукцией на рынок, где уже продается подобная продукция конкурентов. Необходимо принять решение о ценовой стратегии при продвижении продукции на рынок для обеспечения её конкурентоспособности.

Анализ рынка показал, что на продукцию конкурентов сложилась цена 20 д.е. При внедрении на рынок рассматриваются две альтернативы: предложить такую же цену или снизить ее до 17 д.е. для привлечения покупателей. Если предложить цену в 20 д.е., тогда ожидается, что конкуренты с вероятностью 40 % сохранят свою цену и с вероятностью 60 % снизят ее до 17 д.е. Если конкурент удерживает прежнюю цену, то, предложив цену в 19 д.е., следует ожидать прибыль в размере 130 д.е., а при цене в 20 д.е. прибыль может составить только 60 д.е. Если конкурент снижает свою цену до 17 д.е., то, снизив свою цену до 16 д.е., фирма может получить прибыль в 65 д.е., а установив цену, как и конкуренты, на уровне 17 д.е., следует ожидать прибыль в размере 100 д.е.

Если будет принято решение о вхождении на рынок с ценой в 17 д.е., то с вероятностью 35 % конкуренты оставят свою прежнюю цену – 20 д.е. и с вероятностью 65 % снизят ее до 17 д.е. Если конкуренты собираются удерживать свою цену, то при цене также в 20 д.е. прибыль может составить 100 д.е., при цене в 18 д.е. можно ожидать 160 д.е. и при цене в 17 д.е. – 140 д.е. Если реакция конкурентов выразится в снижении цены до 17 д.е., то, установив такую же цену, можно получить 80 д.е. прибыли. Согласно этим данным строим дерево решений.

Проведем обратный анализ, вычеркивая двойными черточками невыгодные решения. Если при вхождении на рынок с ценой 20 д.е. конкуренты сохранили свою цену, то следует установить цену на уровне 19 д.е., тогда прибыль составит 130 д.е. против 60 д.е. при удерживании цены на уровне 20 д.е. Аналогичным образом прореживаются и остальные ветви дерева.

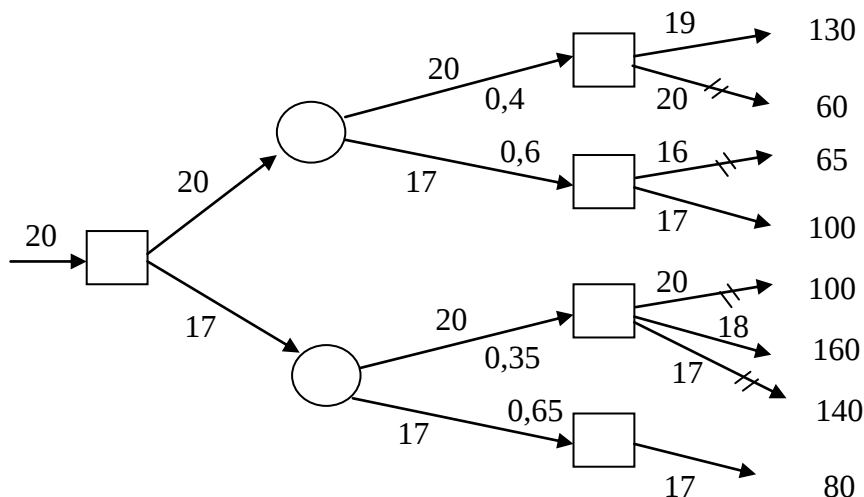
Для выбора окончательного решения необходимо определить математическое ожидание выигрыша при выборе того

или иного решения. Так, для цены вхождения на рынок в 20 д.е.:

$$U(d) = 130 \cdot 0,4 + 100 \cdot 0,6 = 112 \text{ д.е.},$$

а при цене в 17 д.е.:

$$U(d) = 160 \cdot 0,35 + 80 \cdot 0,65 = 108 \text{ д.е.}$$



Рыночная цена конкурентов	Принятие решения о цене при внедрении на рынок	Вероятная реакция кон- курентов	Решение о цене с учетом реакции	Ожидаемая прибыль от реализации продукции
---------------------------------	--	---------------------------------------	---------------------------------------	--

Рис. 49. Дерево решений

Следовательно, необходимо выбрать цену вхождения на рынок 20 д.е. Если конкуренты при этом не изменяют свою цену, то следует снизить свою до 19 д.е. Если же ответом конкурентов будет снижение цены до 17 д.е., необходимо также снизить цену до 17 д.е.

ЛПР принимает гибкие решения в зависимости от реакции конкурентов (состояния внешней среды).

Построение дерева решений в среде Excel. Выбрать из меню *Сервис* надстройку *Дерево решений* (Decision Tree). В появившемся диалоговом окне TreePlan (рис. 50) нажать кнопку *Новое дерево* (New Tree).

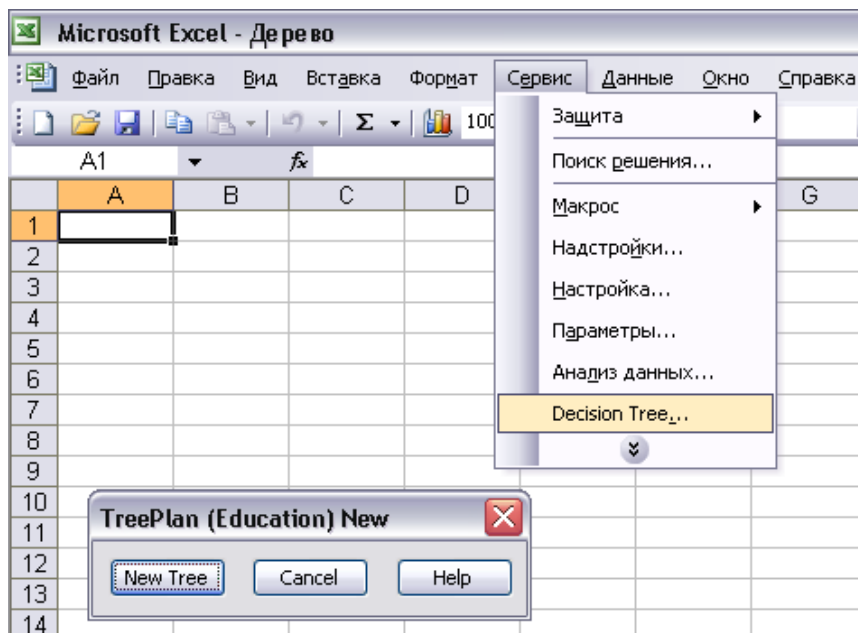


Рис. 50. Вызов программы Дерево решений

В результате получаем элементарную модель (рис. 51) в виде дерева с узлом – пунктом принятия решения в виде квадрата с двумя выходящими из этой вершины дерева ветвями – решениями (Decision 1 и Decision 2).

Выделив ячейку, в которой должна располагаться какая-либо вершина дерева, и вызвав программу Дерево решений, можно добавить новую вершину и ветви к Дереву решений, а при необходимости изменить вершину – *Принятие решений* на вершину – *Случайное событие* и наоборот (рис. 52).

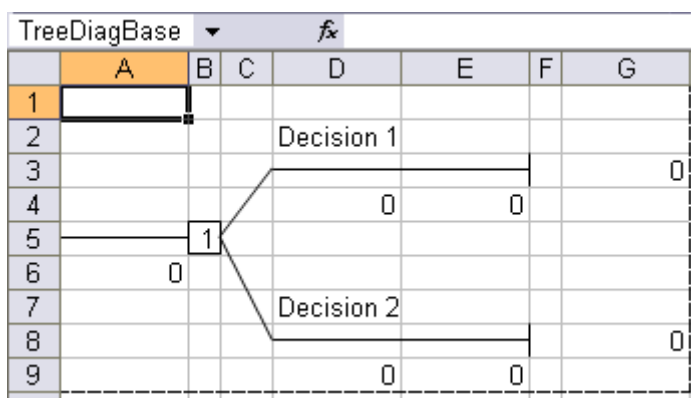


Рис. 51. Элементарное дерево решений

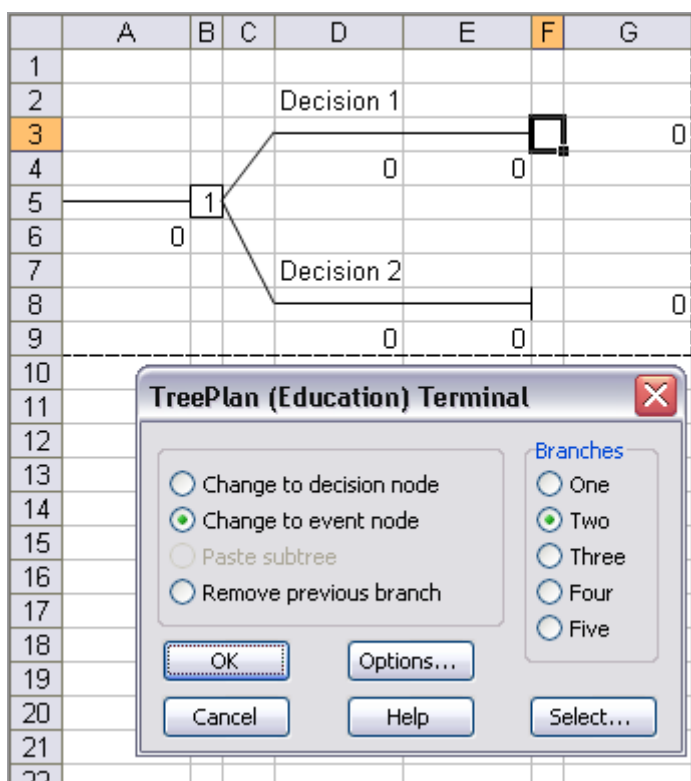


Рис. 52. Добавление вершины – Случайное событие

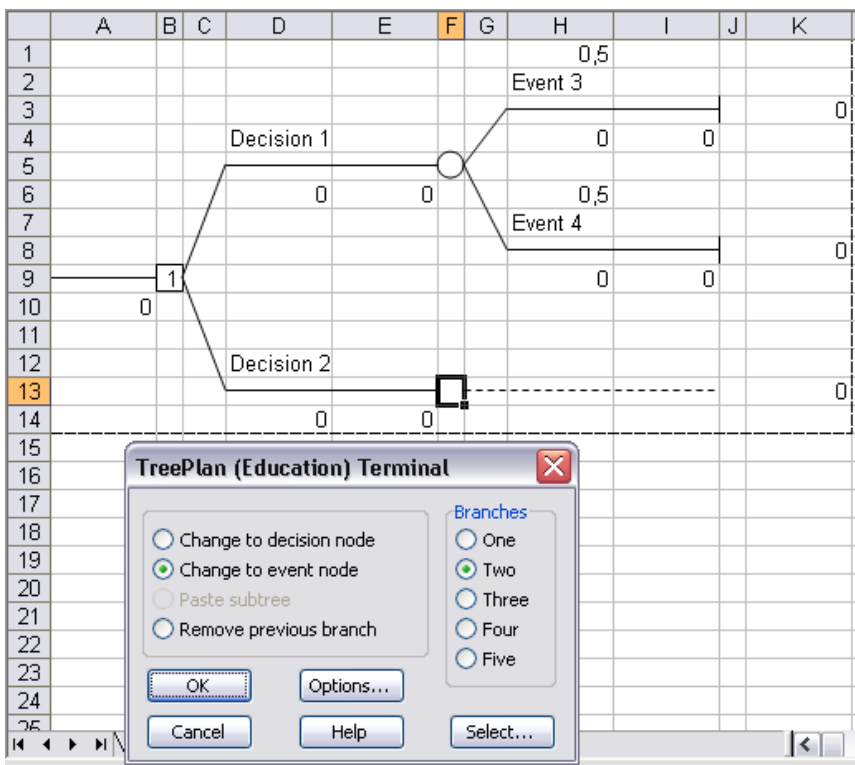


Рис. 53. Добавление Случайных событий с двумя ветвями

Выделим ячейку F5 в конце ветви решения (Decision 1) и вызовем программу Дерево решения. Выберем вставку вершины в виде Случайного события (Change to event mode) с двумя ветвями (Two) – возможными исходами (рис. 53). Продолжаем такую же операцию и с ячейкой F13. В результате получим Дерево решений, представленное на рис. 54. Возможные исходы для решения Decision 1 обозначены как Event 3 и Event 4, а для решения Decision 2, как Event 5 и Event 6. Над этими названиями выведены значения вероятностей исходов, которые по умолчанию равны между собой и в сумме должны быть равны единице (в данном случае они имеют значения по 0,5).

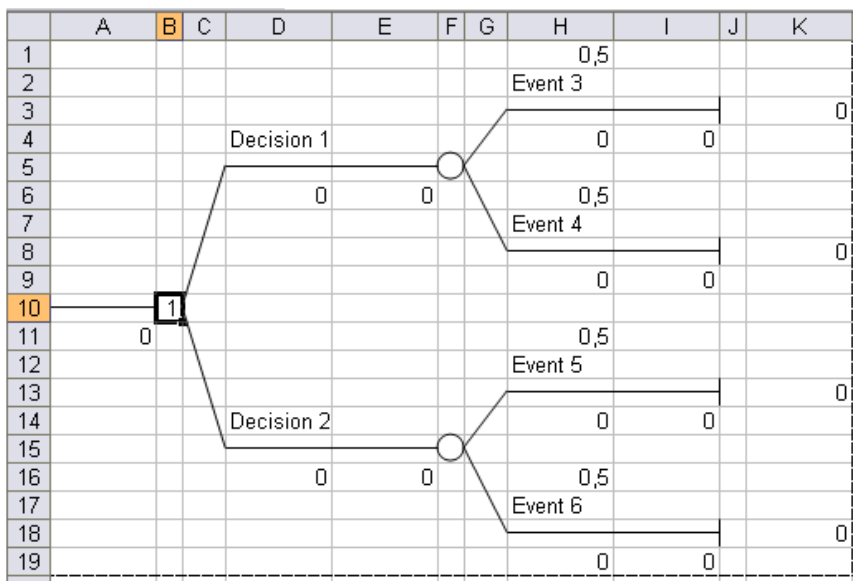


Рис. 54. Промежуточный результат построения дерева решений

Выделив ячейки J3, J8, J13 и J18 на концах ветвей – результатов свершения случайных событий, вставим узлы – пункты принятия решений (Change to decision mode) с двумя (Two), тремя (Three) или одной (One) ветвями (альтернативными вариантами решений), вызвав для этого программу Дерево решений (рис. 55).

Добавить дополнительную ветвь можно и другим способом. Выделив нужную вершину, необходимо вызвать программу Дерево решений (рис. 7) и выбрать в диалоговом окне опцию *Добавить ветвь* (Add branch). Убрать лишние ветви, можно выделив ячейку в конце удаляемой ветви и, вызвав программу Дерево решений (рис. 56), указать в диалоговом окне – Удалить предшествующую ветвь (Remove previous branch).

На рис. 57 представлена модель в виде Дерева решений, готовая к вводу исходных данных.

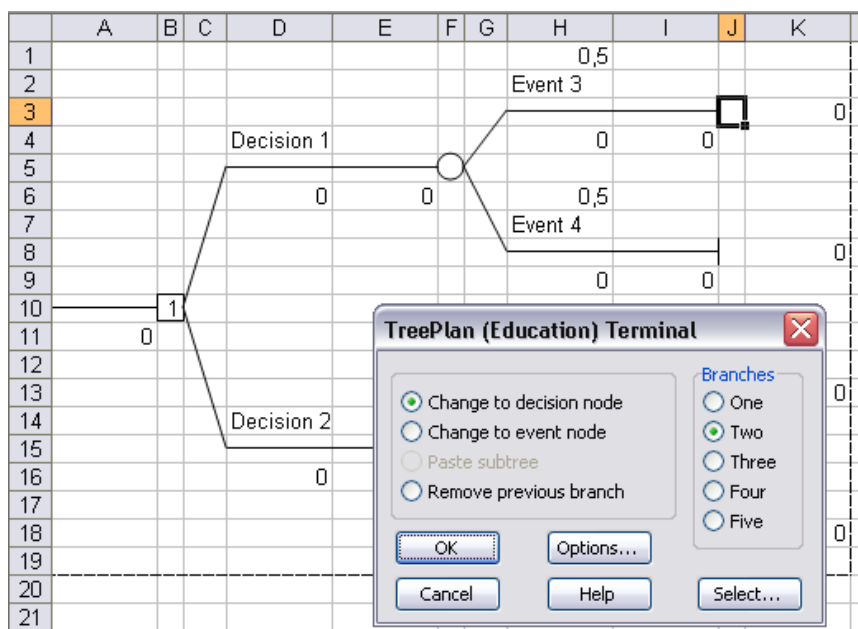


Рис. 55. Добавление вершин – пунктов принятия решений

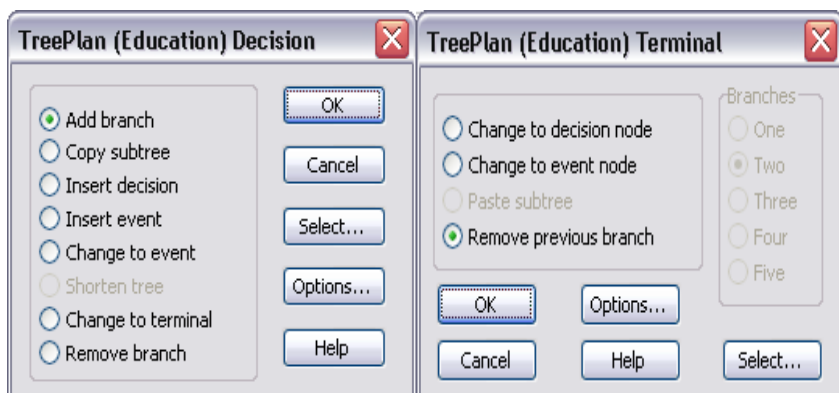


Рис. 56. Добавление и удаление ветвей на Дереве решений

Введём в ячейки L4, L9, L14, L19, L24, L29, L34, L39 значения предполагаемого дохода, а в ячейки H3, H13, H26 и H36 значения вероятностей исходов решений (рис. 58).

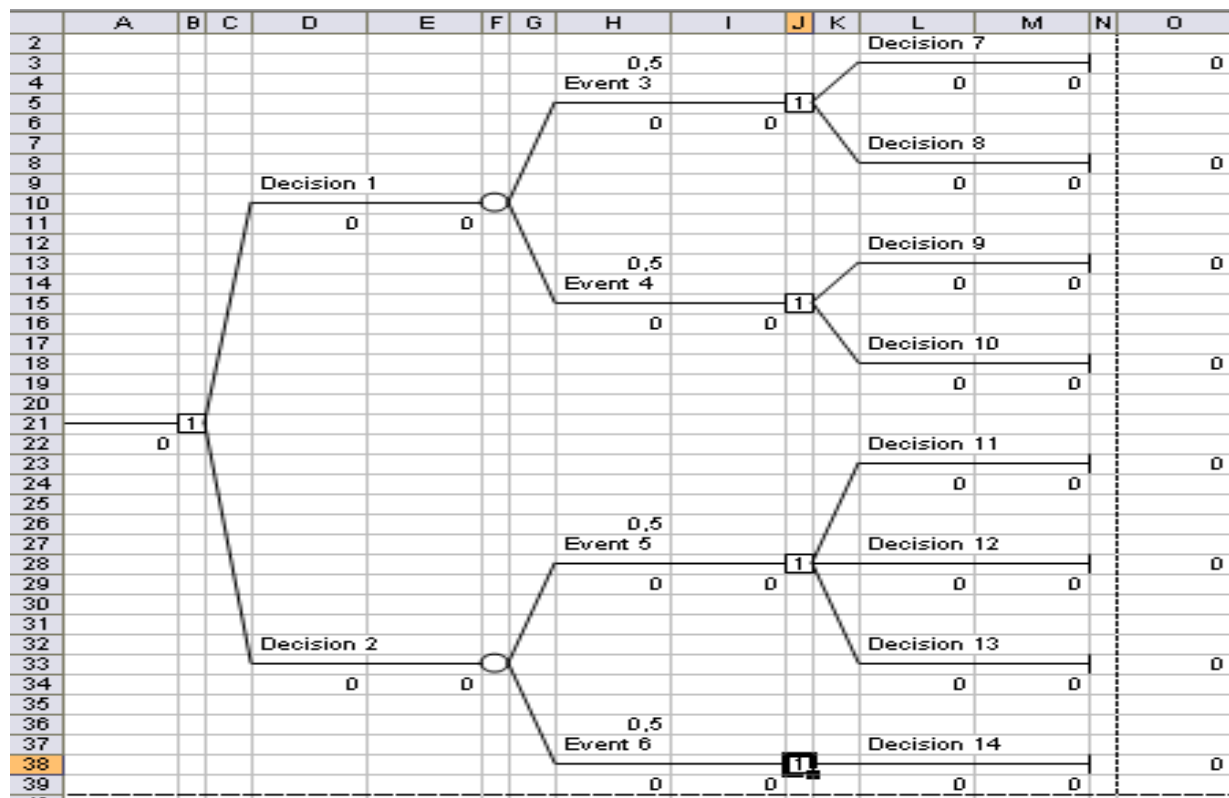


Рис. 57. Модель в виде Древа решений до ввода исходных данных

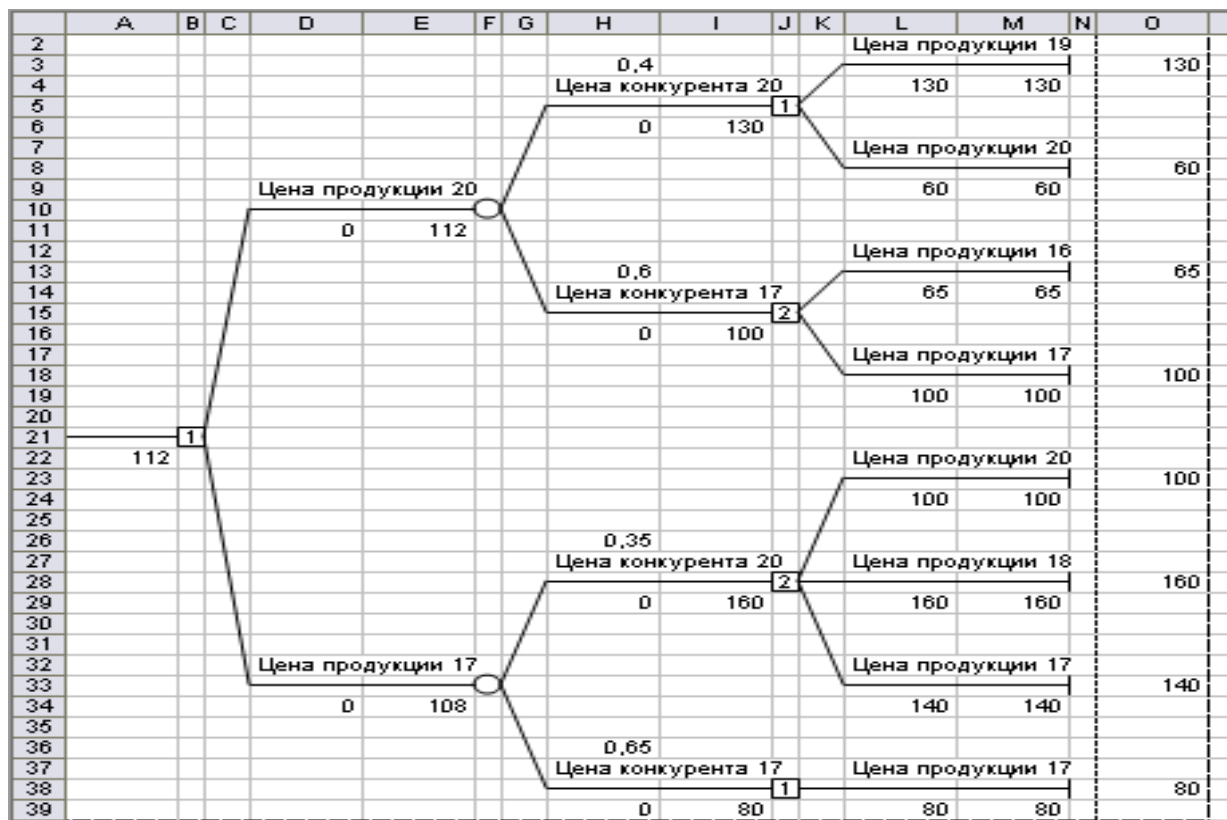


Рис. 58. Результат расчётов при выборе решения с помощью модели *Дерево решений*

Текстовые наименования вариантов решений следует ввести с клавиатуры так, как это показано на рис. 58. Так, в ячейку D9 вводится наименование решения о вхождении на рынок с ценой на продукцию, равной 20 д.е. В ячейку H4 вводится ответная реакция конкурентов по изменению (или не изменению) цены на свою продукцию, равной 20 д.е.. В ячейку L2 вводится наименование окончательного решения о цене на продукцию предприятия, равной 19 д.е. Аналогично вводятся наименования остальных решений и ответной реакции конкурентов.

В ячейках столбца O (например, O3) получим значения прибыли от реализации продукции при различных решениях и ситуациях. В ячейках столбца I (например, I6) получим максимальное значение прибыли при возможных вариантах решений. В квадратах столбца J показаны номера наиболее предпочтительных (полезных) вариантов решений (например, в ячейке J5 число 1 указывает на большую полезность верхнего варианта решения, ожидаемая прибыль при котором составит 130 д.е. против 60 при альтернативном варианте решения). В ячейках столбца E (например, E11) указана средняя величина ожидаемой прибыли с учётом вероятностей исходов решений. В ячейке A22 представлено значение ожидаемой прибыли (112 д.е.) при выборе наиболее полезного решения – верхней ветви на дереве решений (на это указывает единица в квадрате B21. Окончательный план действий – выйти на рынок с ценой на продукцию, равной 20 д.е. (решение 1). Если конкуренты оставят на свою продукцию так же цену в 20 д.е., снизить цену до 19 д.е. (решение 1). Если конкуренты снижат цены до 17 д.е., то следует так же установить цены на продукцию предприятия на уровне 17 д.е. (решение 2).

Методы анализа последствий событий и деревьев решения

Данные методы позволяют решать простые задачи, заданные с возможными гипотезами развития проблемы, и дают формальный аппарат для исследования и оценки возможных альтернатив решения.

Метод последствий событий представляется в виде матриц последствий, которые имеют вид таблиц, содержащих в компактной форме список возможных альтернатив и оценок последствий их внедрения при различных гипотезах развития проблемной ситуации. Данный метод нашел свое применение при решении задач выбора малорисковых вариантов и позволяет оценить интегральный риск выбранного решения.

Другой метод - *метод деревьев решений* по сравнению с матрицами последствий обладает двумя основными преимуществами. Во-первых, он позволяет графически отобразить структуру проблемы и, во-вторых - провести анализ структурно сложных проблемных ситуаций, представляя характеристики проблемной ситуации в компактной форме и интегральном виде. Метод также используется при оценке интегрального риска при выборе альтернатив решения.

Если проблемная ситуация относится к классу однокритериальных, то такую задачу удобно решать с использованием этих способов. Если задача многокритериальная и определяется значительным количеством гипотез, то целесообразно использовать для ее решения более сложные и эффективные методы, такие как *метод анализа иерархий*. Приведем несколько примеров использования указанных методов в практике управления фирмой.

Рассмотрим использование данных методов на примере конкретных задач.

1. *Метод построения матрицы последствий.* Значения, расположенные по строкам матрицы, интерпретируются как возможные альтернативы (стратегии) принятия решения, а по столбцам - как условия, в которых проходит процесс принятия решения. Условия задаются в результате прогноза гипотез

развития проблемной ситуации под воздействием внутренних и внешних факторов воздействия. Эти факторы получили название состояние природы. Они задают возможные ситуации, в которые может превратиться проблемная ситуация, и определяют параметры, которые оказывают влияние на последствия при принятии тех или иных решений.

Каждая клетка матрицы, представляющая собой пересечение строки и столбца (т.е. комбинацию выбора определенной стратегии и состояния природы), содержит оценку последствий такого выбора (например, в рублях, относительных единицах, рангах и пр.). Такая оценка называется значением функции полезности альтернативы по некоторой гипотезе. Если известно, какое состояние природы является преобладающим (т.е. вероятность его наступления максимальна), то лицо, принимающее решение, может просто выбрать стратегию, соответствующую максимальной оценке при этом состоянии природы.

Типовое представление задачи такого вида в табл. 33.

Таблица 33

Матрица исходных данных

Альтернативные решения, U_i	Возможные гипотезы развития проблемы (состояние среды S_j)			
	S_1	S_2	...	S_n
U_1	u_{11}	u_{12}	...	u_{1n}
U_2	u_{21}	u_{22}	...	u_{2n}
...			...	
U_n	u_{n1}	u_{n2}	...	u_{nn}
Вероятность наступления гипотезы	$P(S_1)$	$P(S_2)$	...	$P(S_n)$

Поясним смысл матрицы последствий на следующем примере, содержание которого приведено в табл. 34.

Пример. Постановка задачи. Владелец придорожного предприятия общественного питания на международной трассе должен принять решение и оценить последствия выбора одной из альтернатив стратегии поведения, которая зависит от наступающих событий (возникших состояний природы).

Владелец, он же ЛПР, может выбрать один из трех альтернативных вариантов:

- а) оставить все как есть;
- б) слегка подновить ресторан (текущий ремонт);
- в) полностью его перестроить (капитальный ремонт).

В силу возникновения внешних и внутренних факторов, повлиявших на состояние ресторана, формализованы три независимых условия (влияющих фактора), от которых зависит оценка выбора той или иной альтернативы:

1) изменится направление автострады в связи с длительным ремонтом федеральной трассы и переориентацией автомобильного потока по участку трассы в обход данного участка, что весьма сократит поток клиентов;

2) в связи с развитием инфраструктуры автотрассы и перевода его статуса к международному транзитному коридору конкурент откроет поблизости свой ресторан;

3) условия останутся старыми, т.е. факторы воздействия весьма малы.

Здесь и далее все оценки функции полезности и расчеты приводятся в условных денежных единицах (д. е.).

Таблица 34

Матрица последствий выбора альтернатив для владельца

Альтернативы решения	Состояние природы (наступающее с некоторой вероятностью)		
	Без изменений	Новый конкурент	Изменение стратегии
Ничего не менять	2	0	-1
Текущий ремонт	4	3	-3
Капитальный ремонт	7	2	-10
Вероятность события	0,5	0,2	0,3

Владелец провел подсчет возможной полезности каждого решения и сформулировал эти оценки в тысячах денежных единиц. Кроме того, анализ возможности наступления каждого допустимого события из множества гипотез позволил определить вероятность наступления каждой гипотезы. Таким об-

разом, в ячейках матрицы приведены значения функции полезности возможных комбинаций выбора стратегий и условий, которая определяется как величина потенциальной прибыли или потерь.

Так, например, решение провести текущий ремонт при неизменных условиях даст прибыль в размере 4000 д.е.; при появлении нового конкурента - 3000 д.е., а при изменении направления автострады возникнут убытки в размере 3000 д.е.

Если допустить, что условия эксплуатации ресторана не изменятся, лучшей альтернативой будет капитальный ремонт. Однако если известны вероятности того или иного состояния природы $p_1 = 0,5$; $p_2 = 0,2$; $p_3 = 0,3$, то ожидаемая ценность каждой стратегии определится суммой произведений оценок на их вероятность для каждой строки.

При этом для данных в табл. 35 используется формула взвешенной оценки полезности вида

$$u_i = \sum_{j=1}^n P(s_j) \cdot u_{ij}.$$

С учетом взвешенной оценки получим для каждой строки матрицы последствий выбора альтернатив следующую таблицу взвешенных по вероятности полезностей (табл. 35).

Таблица 35

Оценка альтернатив с учетом вероятности гипотез

Альтернативы решения	Расчёт ожидаемой полезности решения
Ничего не менять	$0,5 \times 2 + 0,2 \times 0 + 0,3 \times (-1) = 0,7$
Текущий ремонт	$0,5 \times 4 + 0,2 \times 3 + 0,3 \times (-3) = 1,7$
Капитальный ремонт	$0,5 \times 7 + 0,2 \times 2 + 0,3 \times (-10) = 0,9$

Как видно из таблицы, вторая стратегия максимизирует ожидаемую прибыль. Если владелец не в состоянии указать априорные вероятности Наступления тех или иных состояний природы, то целесообразно использовать методы принятия решений, ориентированные на работу в условиях полной не-

определенности, К ним следует отнести метод построения дерева решений.

2. *Метод построения дерева решений* может быть полезен в тех случаях, когда ЛПР должен последовательно принимать несколько связанных решений. Аналогия с деревом предполагает, что имеется некоторое исходное (корневое) решение, из которого, как ветви, расходятся другие (производные) решения. Поясним данный метод на следующем примере.

Пример Описание ситуации. Компания, владеющая сетью предприятий по всему миру, рассматривает вопрос о создании нового предприятия в одной из развивающихся стран. Решение, которое необходимо принять, заключается в выборе одной из альтернатив:

- строить новое предприятие;
- арендовать имеющееся в данной местности предприятие;
- выполнение вышеуказанных действий с помощью местного финансового партнера или без него - индивидуально.

Для каждой альтернативы проводится анализ проблемной ситуации в виде расчета экономической активности и прибыли с указанием вероятности возникновения той или иной гипотезы. Полный анализ, изображенный в графическом виде, представляется как дерево решений (на рис. 59 дерево показано слева направо).

В данном случае с точки зрения теории игр ЛПР «играет» против природы, состояние которой оценивается следующими факторами:

- решением правительства о статусе нового предприятия (свободное международное предприятие или выкуп его устроителем);
- уровнем экономической активности, определяющимся доходностью предприятия, справедливостью оценки затрат на строительство.

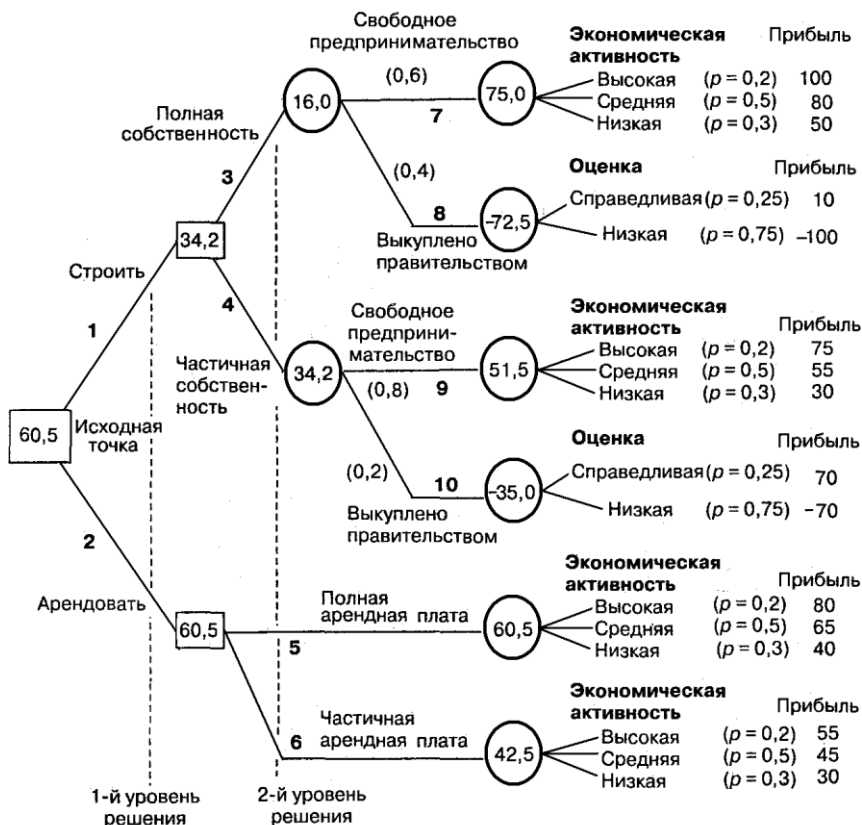


Рис. 59. Дерево решений о создании предприятия

Произвести расчёт показателей полезности исходов возможных альтернативных вариантов решений возможно с использованием табличного процессора Excel. Введя значения затрат, связанных с рассматриваемыми вариантами решений, вероятностей исходов и ожидаемых значений прибыли, и используя функции Excel (=МАКС) и (=СУММПРИЗВ) из категории *Математические*, получим реализацию модели в виде Дерева решений, представленную на рис. 60.

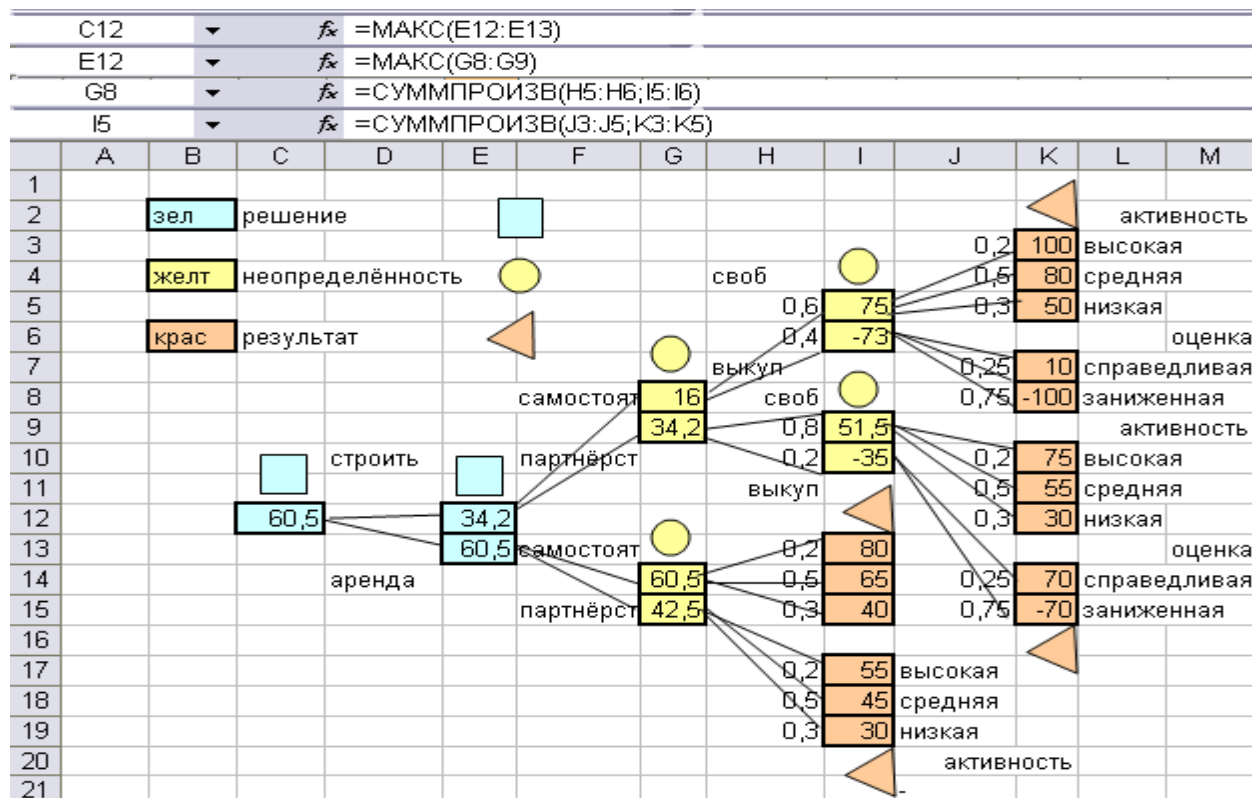


Рис. 60. Реализация модели в виде Древа решений в среде Excel

1. Анализ первой альтернативы. Анализ дерева решения начнем с верхней ветви (ветвь 7), а результаты исследования проблемы занесем в табл. 36.

Таблица 36

Оценка ветви 7

Вероятность гипотезы	Прибыль (расчётная)	Прибыль ожидаемая
0,2 ×	10 =	20
0,5 ×	80 =	40
0,3 ×	50 =	15
Итого		75

Для ветви 10 получим следующую матрицу расчета (табл. 37).

Таблица 37

Оценка ветви 8

Вероятность гипотезы	Прибыль (расчётная)	Прибыль ожидаемая
0,25 ×	10 =	2,5
0,75 ×	- 100 =	- 75
Итого		- 72,5

Далее для ветви 3, учитывая составляющие ветвей 7, 8, получим следующую матрицу (табл. 38).

Таблица 38

Оценка ветви 3

Ветвь дерева решения	Вероятность гипотезы	Прибыль (расчётная)	Прибыль ожидаемая
7	0,6 ×	75 =	45
8	0,4 ×	- 72,5 =	- 29
Итого			16

Оценка первой альтернативы. Итак, значение функции полезности в виде ожидаемой прибыли от реализации альтернативы: строить предприятие, полностью принадлежащее компании, составила 16 тыс. д.е.

2. Анализ второй альтернативы. Определим значение функции полезности для цепочки: 4 → (9, 10).

Для этого проведем анализ дерева решения начиная с ветви 9, а результаты исследования проблемы и оценки решения занесем в табл. 39.

Таблица 39

Оценка ветви 9

Вероятность гипотезы	Прибыль (расчётная)	Прибыль ожидаемая
0,2 ×	75 =	15
0,5 ×	55 =	27,5
0,3 ×	30 =	9
Итого		51,5

для ветви 10 получим матрицу расчета (табл. 40).

Таблица 40

Оценка ветви 10

Вероятность гипотезы	Прибыль (расчётная)	Прибыль ожидаемая
0,25 ×	70 =	17,5
0,75 ×	- 70 =	- 52,5
Итого		- 35

далее для ветви 4, учитывая составляющие ветвей 9, 10, получим следующую матрицу (табл. 41).

Таблица 41

Оценка ветви 4

Ветвь дерева решения	Вероятность гипотезы	Прибыль (расчётная)	Прибыль ожидаемая
9	0,8 ×	51,5 =	41,2
10	0,2 ×	- 35 =	- 7
Итого			34,2

Оценка второй альтернативы. Значение функции полезности в виде ожидаемой прибыли от реализации альтернативы: строить предприятие, если в долю инвестиции по строительству войдут местные организации, составит 34,2 тыс. д.е.

3. Анализ третьей и четвёртой альтернатив. Определим значение функции полезности для цепочки: 2 → (5, 6).

Для этого проведем анализ дерева решения, начиная с ветви 5, а результаты исследования проблемы и оценки решения занесем в табл. 42.

Таблица 42

Оценка ветви 5

Вероятность гипотезы	Прибыль (расчётная)	Прибыль ожидаемая
0,2 ×	80 =	16
0,5 ×	65 =	32,5
0,3 ×	40 =	12
Итого		60,5

Для ветви 6 получим матрицу расчета (табл. 43).

Таблица 43

Оценка ветви 6

Вероятность гипотезы	Прибыль (расчётная)	Прибыль ожидаемая
0,2 ×	55 =	11
0,5 ×	45 =	22,5
0,3 ×	30 =	9
Итого		42,5

Далее, для ветви 2, учитывая составляющие ветвей 5, 6, получим значение функции полезности в виде ожидаемой прибыли от реализации альтернативы: арендовать предприятие самостоятельно, результат составит 60,5 тыс. д.е., если в долю по аренде войдут местные организации, результат составит 42,5 тыс. д.е.

Оценка третьей альтернативы. Значение функции полезности в виде ожидаемой прибыли от реализации альтернативы: отказаться от строительства в пользу индивидуальной аренды, составит 60,5 тыс. д.е.

Итак, общая постановка задачи после анализа проблемы может быть описана следующей матрицей из табл. 44.

Таблица 44

Обобщенная постановка задачи

Альтернативы решения	Обобщённая функция полезности (ожидаемая прибыль, тыс. д.е.)
Y ₁ (строить предприятие, полностью принадлежащее компании)	16,0
Y ₁ (строить предприятие, полностью принадлежащее компании)	34,2
Y ₃ (полная аренда)	60,5
Y ₄ (аренда, если в долю войдут местные организации)	42,3

Таким образом, альтернативы решения представляют собой следующие варианты организации предприятия:

1. Ожидаемая прибыль от решения строить предприятие, полностью принадлежащий компании, составила 16 д.е., Y_1 .

2. В том случае, если в долю инвестиции по строительству войдут местные организации, что даст возможность рассчитывать на льготное налогообложение, ожидаемая прибыль - 34,2 д.е., Y_2 .

3. Если принято решение отказаться от строительства в пользу полной аренды своими силами, ожидаемая прибыль - 60,5 д. е., Y_3 .

4. Решение о совместной деятельности с местными организациями и разделении расходов по аренде и, соответственно, доходов, дает ожидаемую прибыль 42,5 д.е., Y_4 .

Используя принцип максимизации полезности, наилучшее решение ищем по следующему правилу:

$$Y^* = \max [16; 34,2; 60,5; 42,5] = 60,5.$$

Таким образом, наиболее рациональной альтернативой при полученных учетных показателях эффективности проектов является 3-й вариант, Y_3 .

Использование матриц последствий в качестве исходных данных предполагает оценку вероятностей. Объективные вероятности (статистические вероятности), требующие для своего определения анализа большого числа аналогичных ситуаций, здесь неприемлемы. Обычно для экономических проблемных ситуаций нет возможности выделить сложные типовые проблемы. Поэтому в таких случаях используются так называемые субъективные вероятности, или нечеткие оценки, наступления тех или иных событий.

Порядок выполнения работы

1. Изучить методические указания
2. Получить у преподавателя исходные данные
3. Провести необходимые расчеты на ЭВМ
4. Определить оптимальные варианты решения
5. Сделать выводы и оформить отчет по выполненной работе

Отчет по работе должен содержать

1. Цель работы
2. Постановку задачи
3. Математические модели
4. Исходные данные
5. Порядок работы на ЭВМ при решении задачи
6. Результаты решения
7. Выводы.

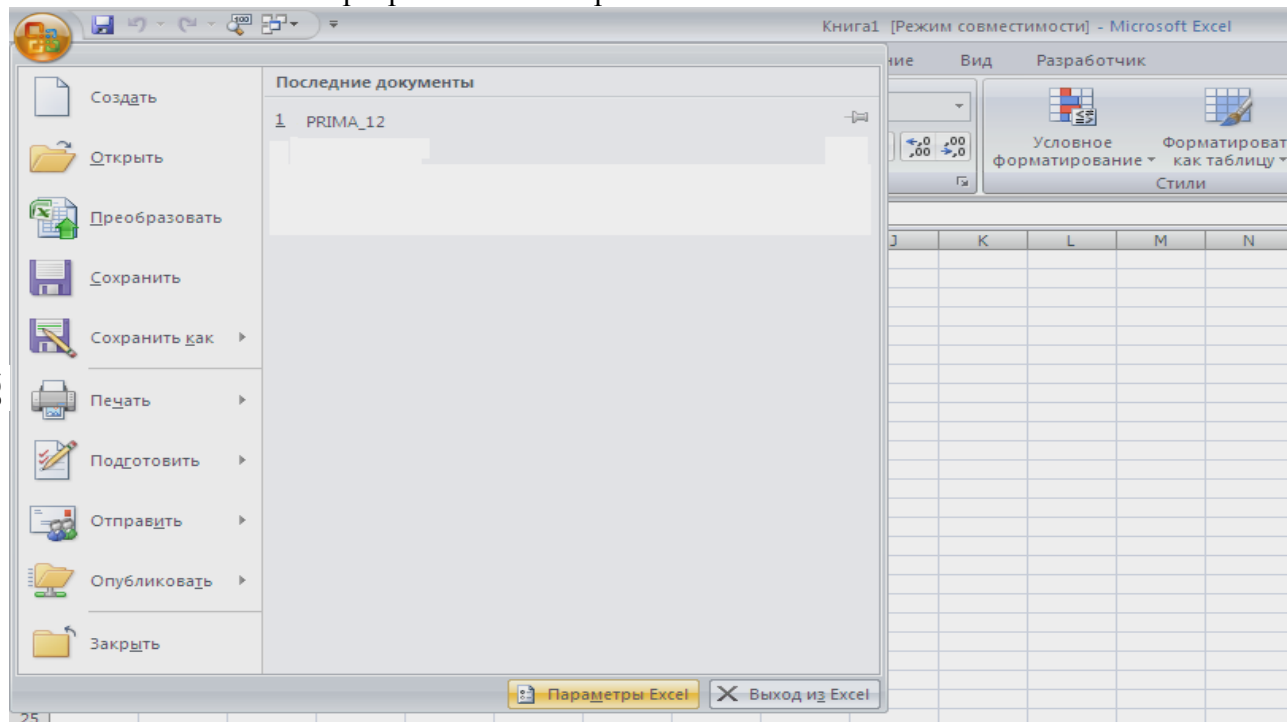
ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В пособии рассмотрены вопросы, посвященные активным методам обучения принятию управленческих решений в условиях неопределенности и риска, анализу альтернативных вариантов решений, контролю разработки и реализации управленческих решений в процессе лабораторных занятий при изучению курса “Методы принятия управленческих решений”. В лабораторном практикуме представлены задания, требующие использования компьютерного математического моделирования при обосновании управленческих решений, направленных на повышение конкурентоспособности продукции промышленных предприятий.

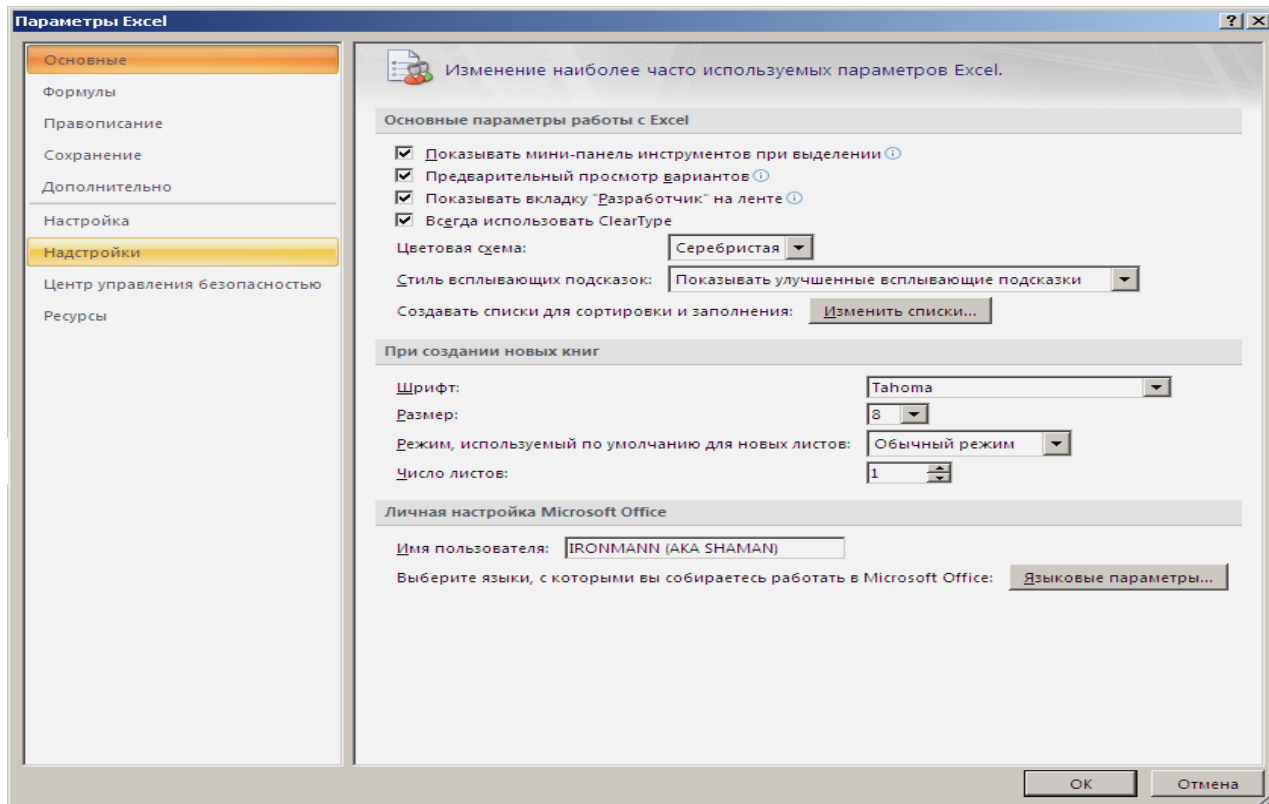
ПРИЛОЖЕНИЕ

Работа с программой Поиск решения и ППП PRIMA в Excel 2007

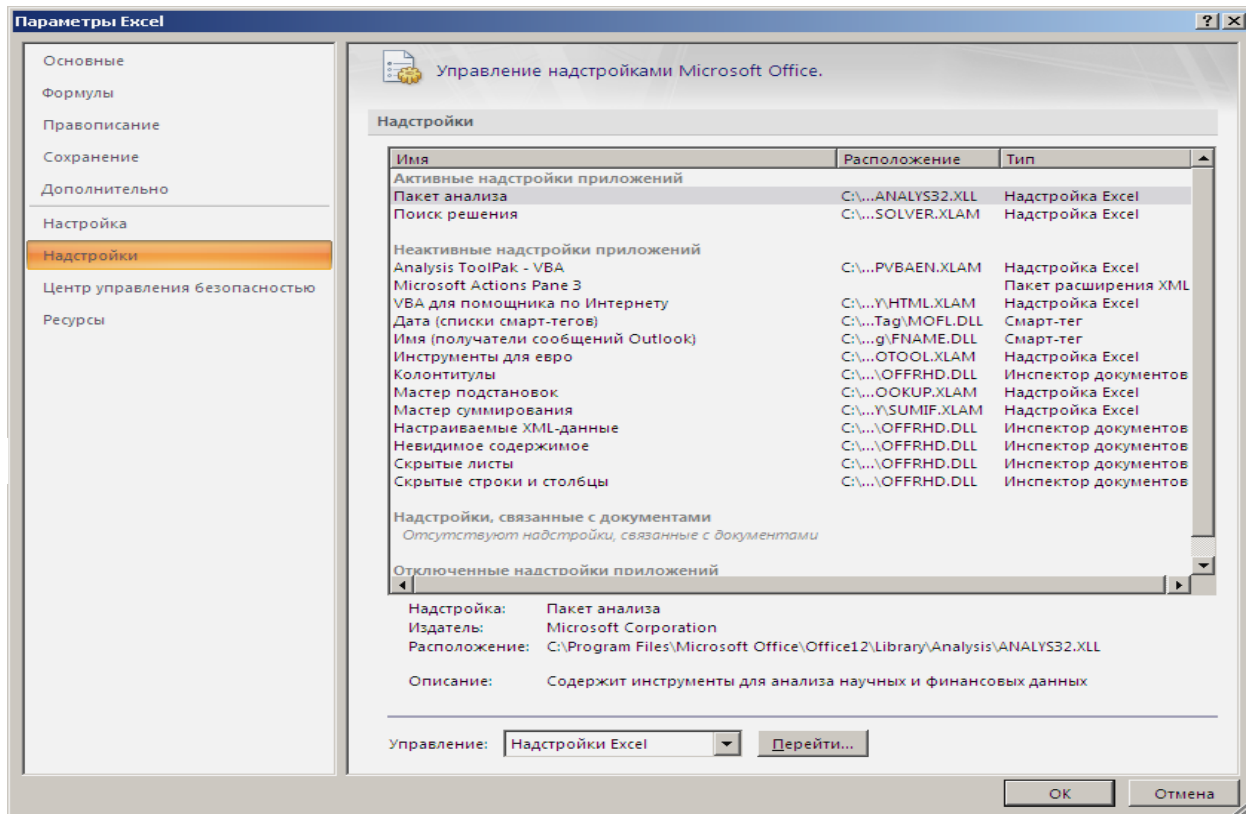
128



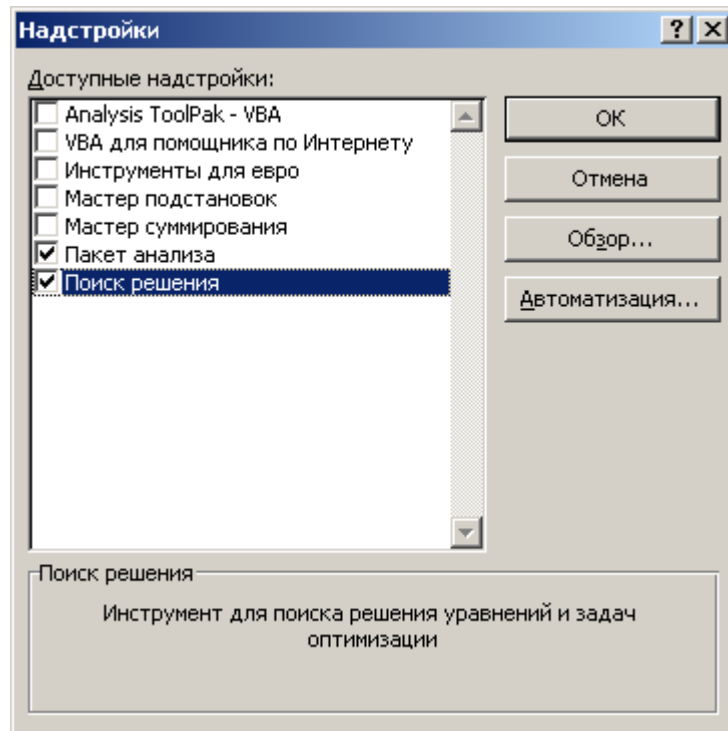
1. Нажать на значок *Office* и кнопку *Параметры Excel*



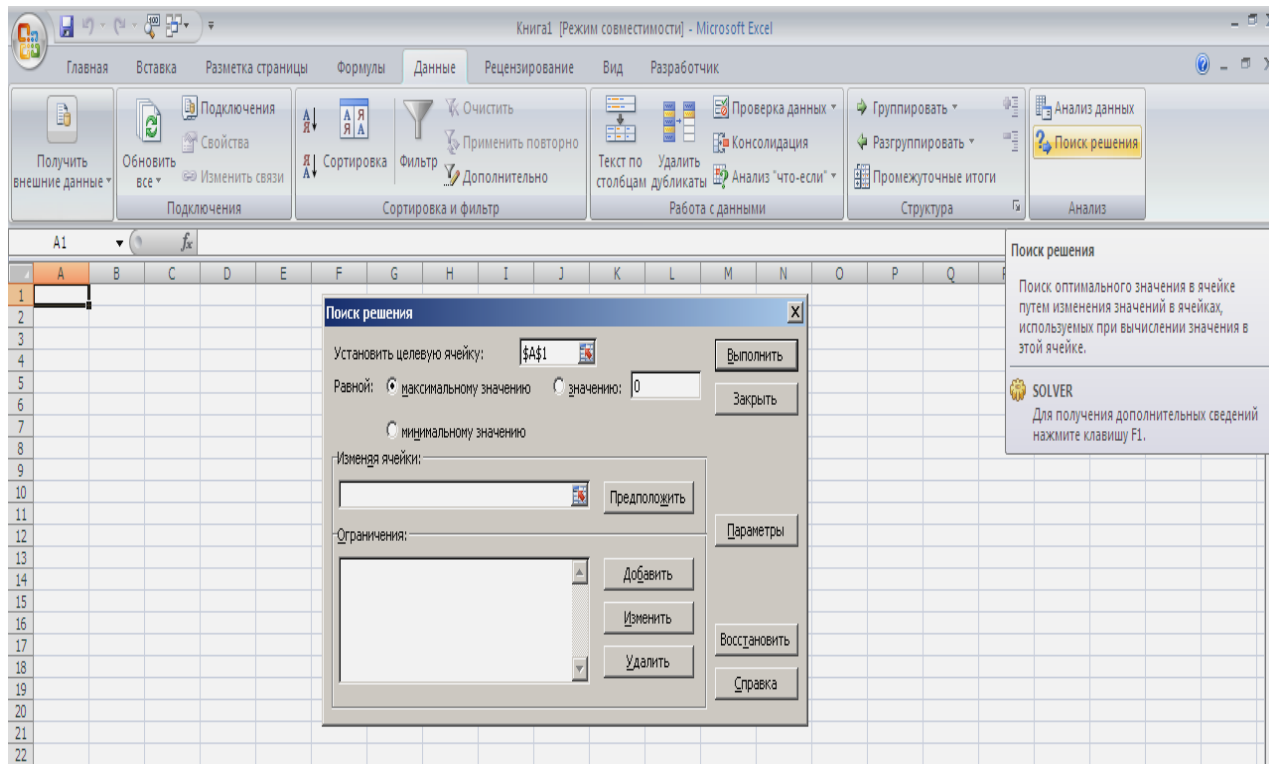
2. Выбрать из меню *Параметров* строку *Надстройки*



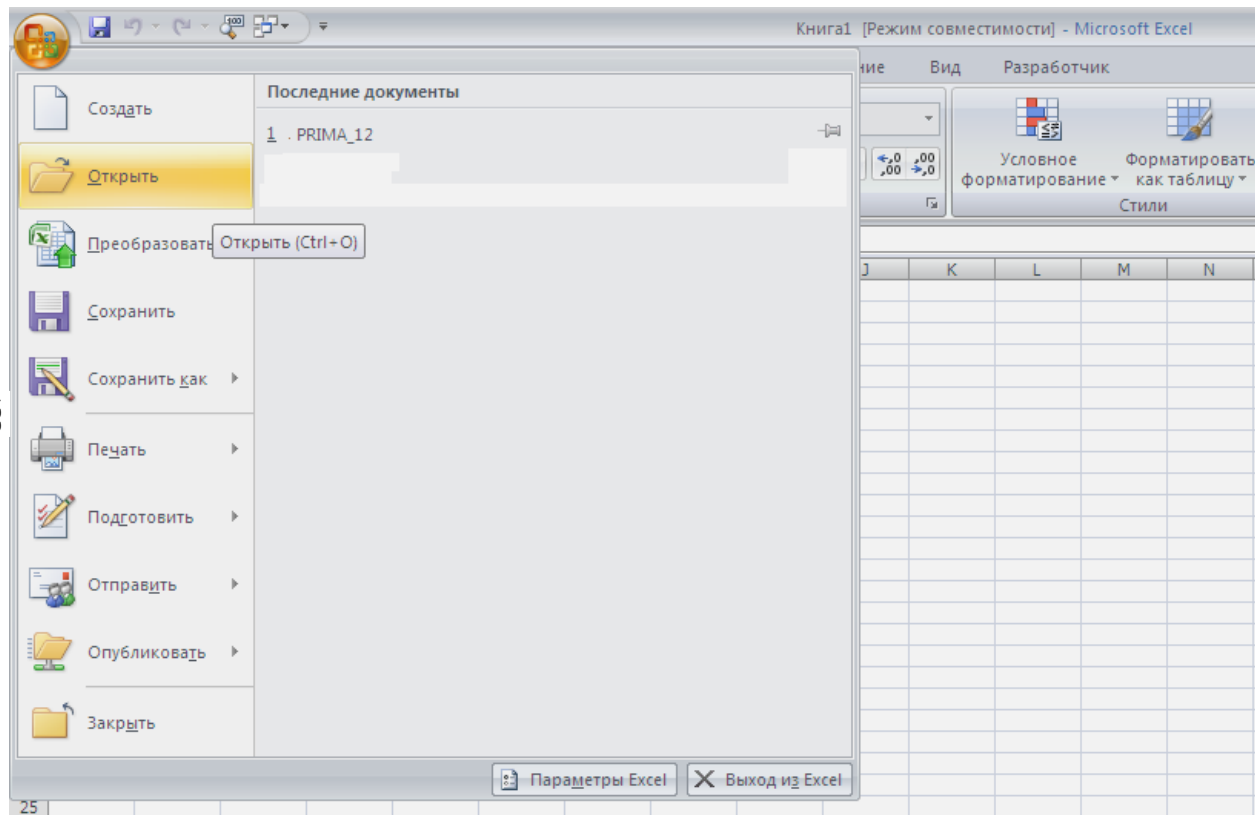
3. Нажать на кнопку *Перейти*



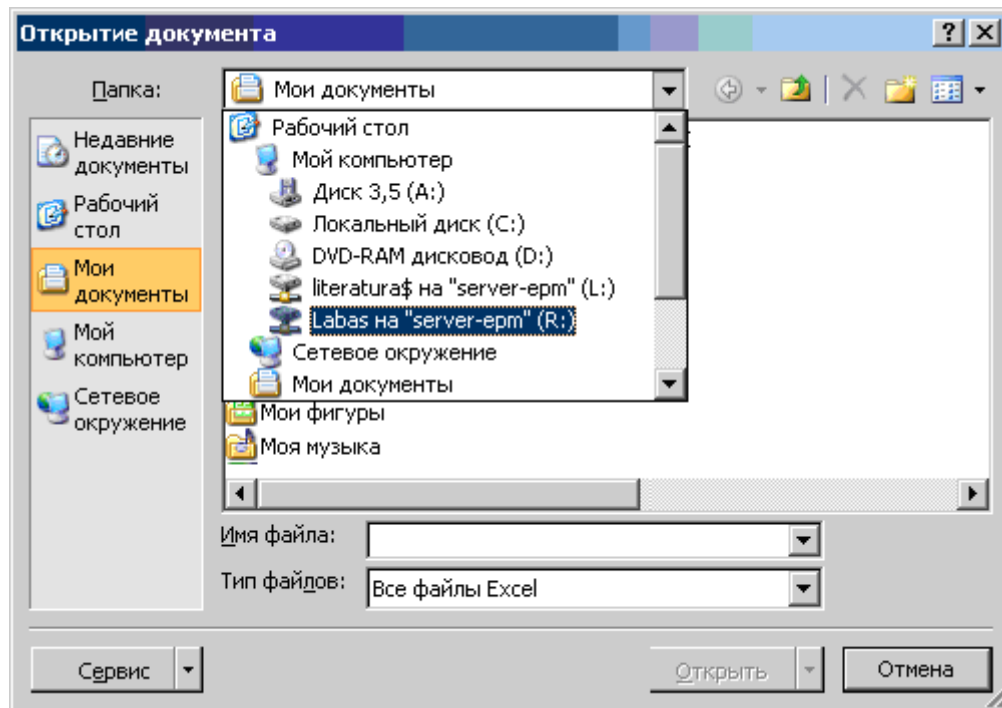
4. Выбрать надстройку Поиск решения



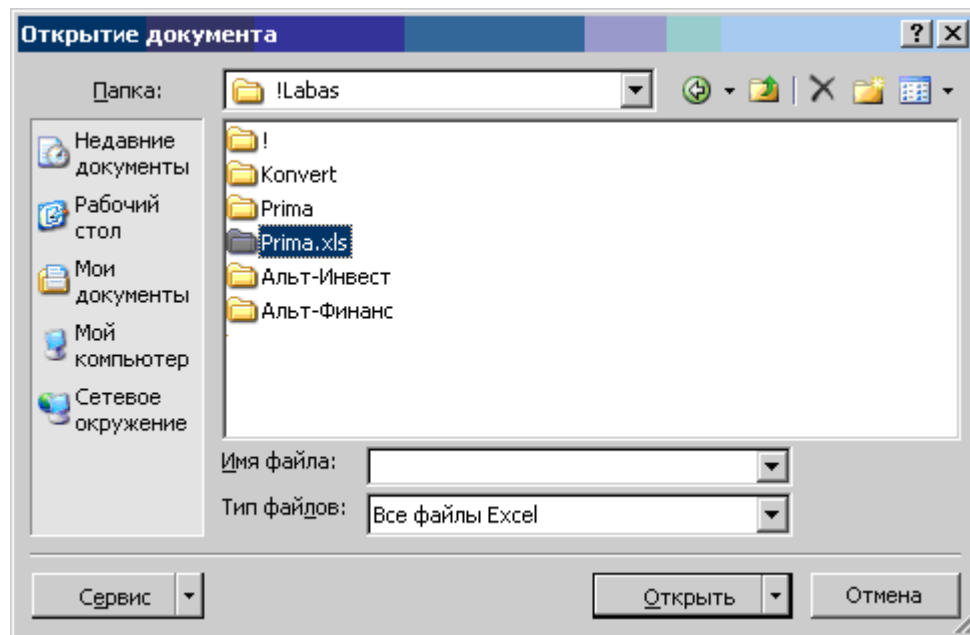
5. На ленте *Данные* появляется блок *Анализ*, содержащий программу *Поиск решения*



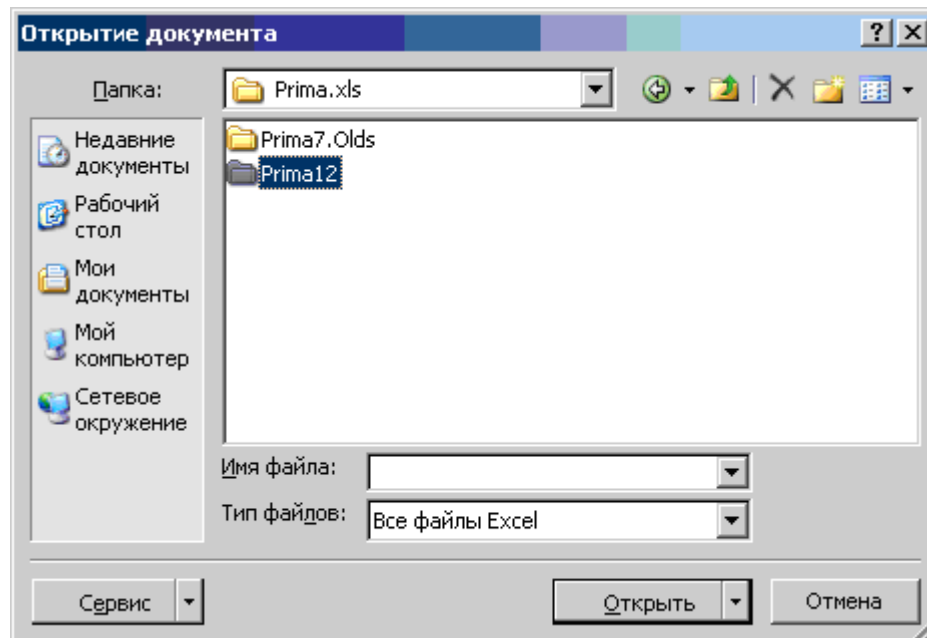
6. Нажать на значок *Office* и выбрать команду *Открыть*



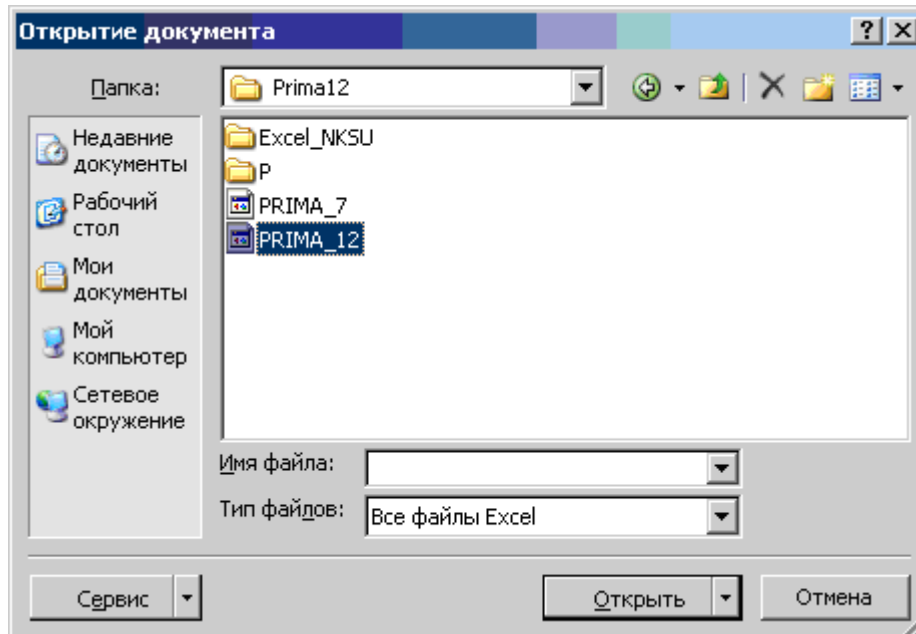
7. Определить месторасположение ППП PRIMA - Открыть содержимое диска R



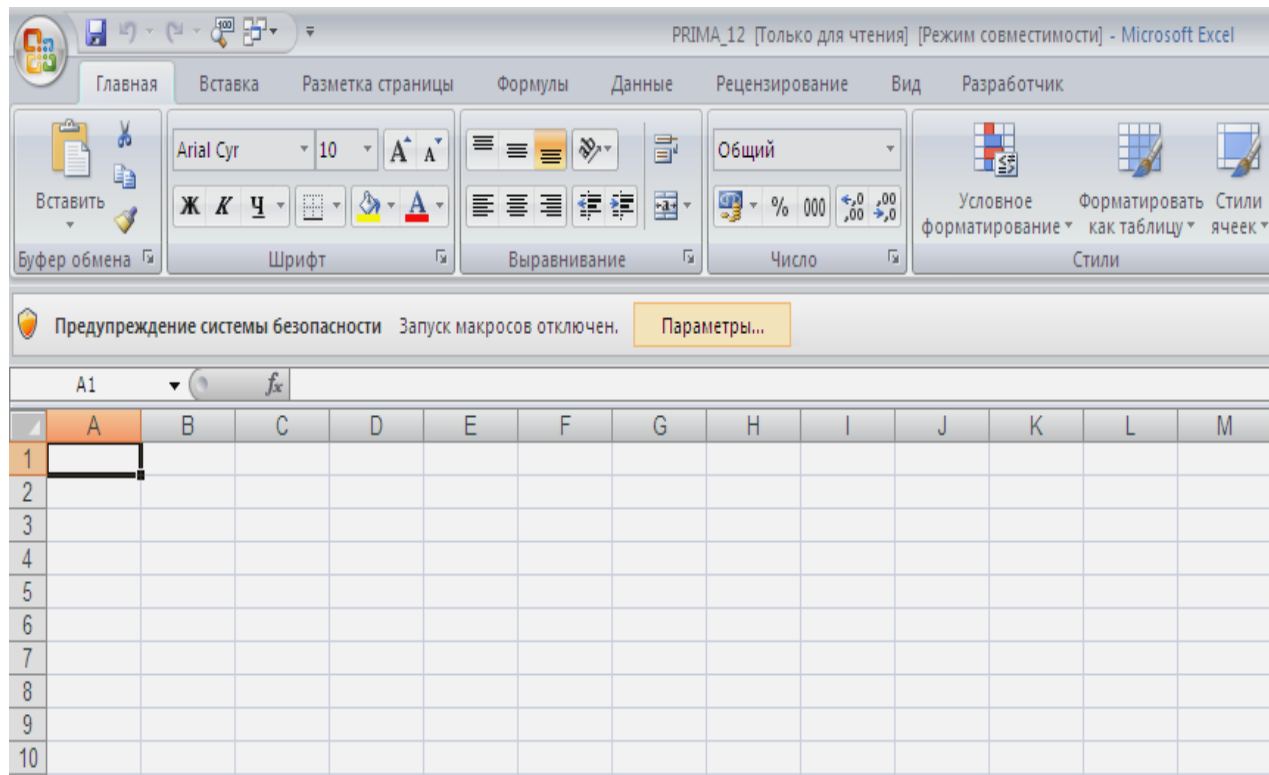
8. Открыть в папке !Labas содержимое папки Prima.xls



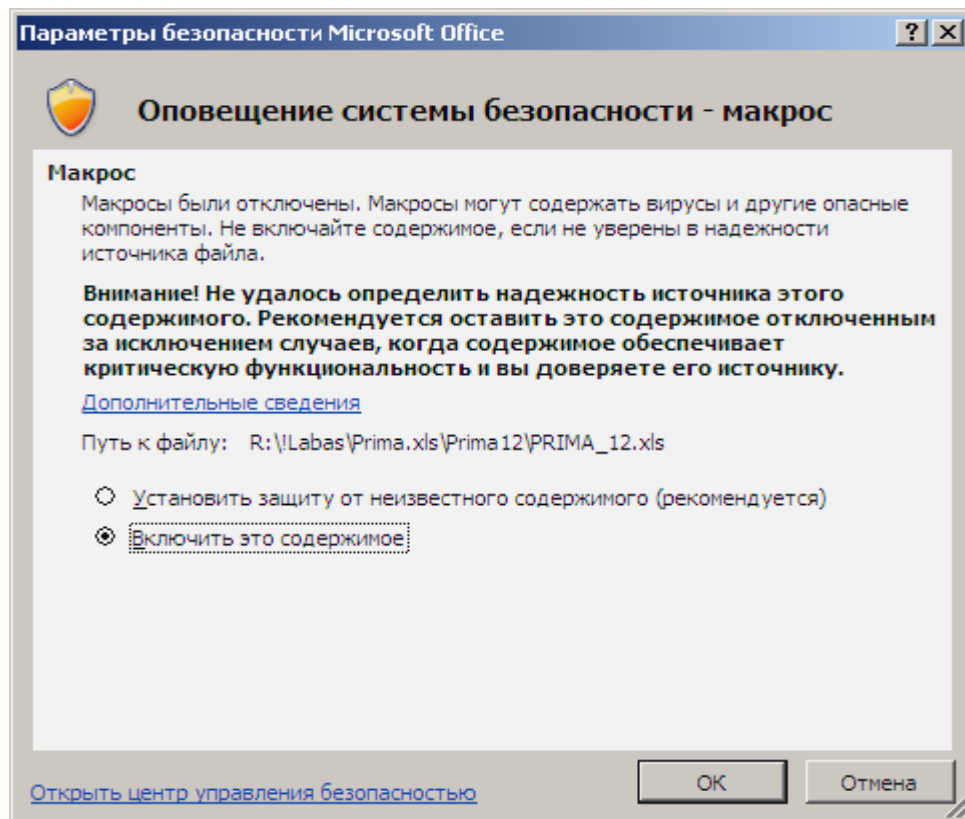
9. Открыть папку Prima12



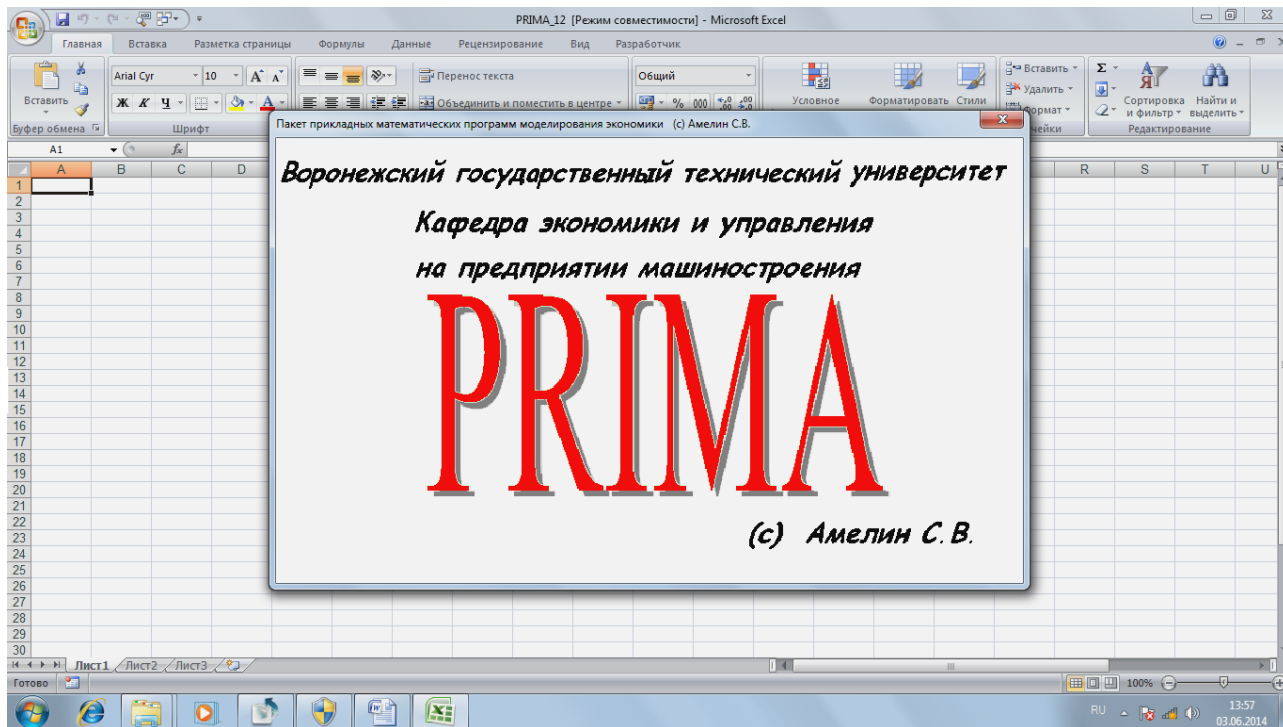
10. Открыть файл PRIMA_12 или PRIMA_7



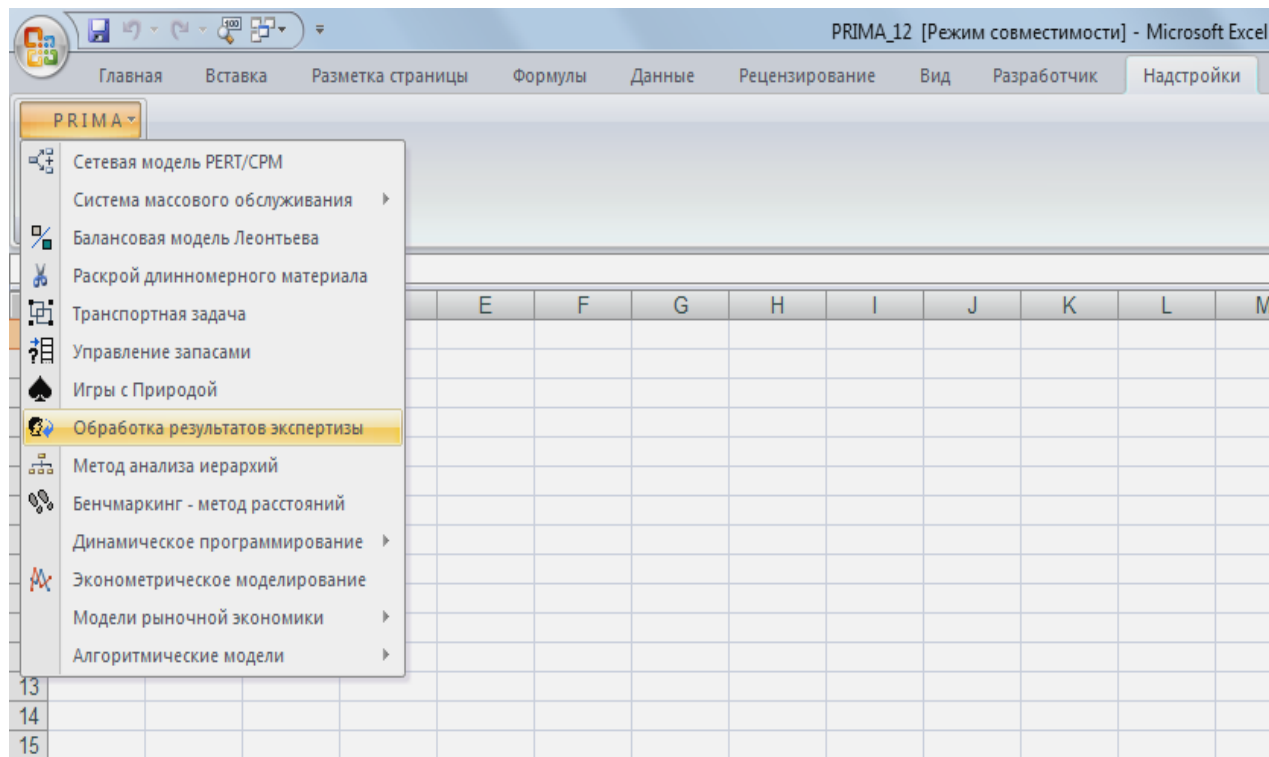
11. Нажать на кнопку *Параметры* для разрешения запуска макросов



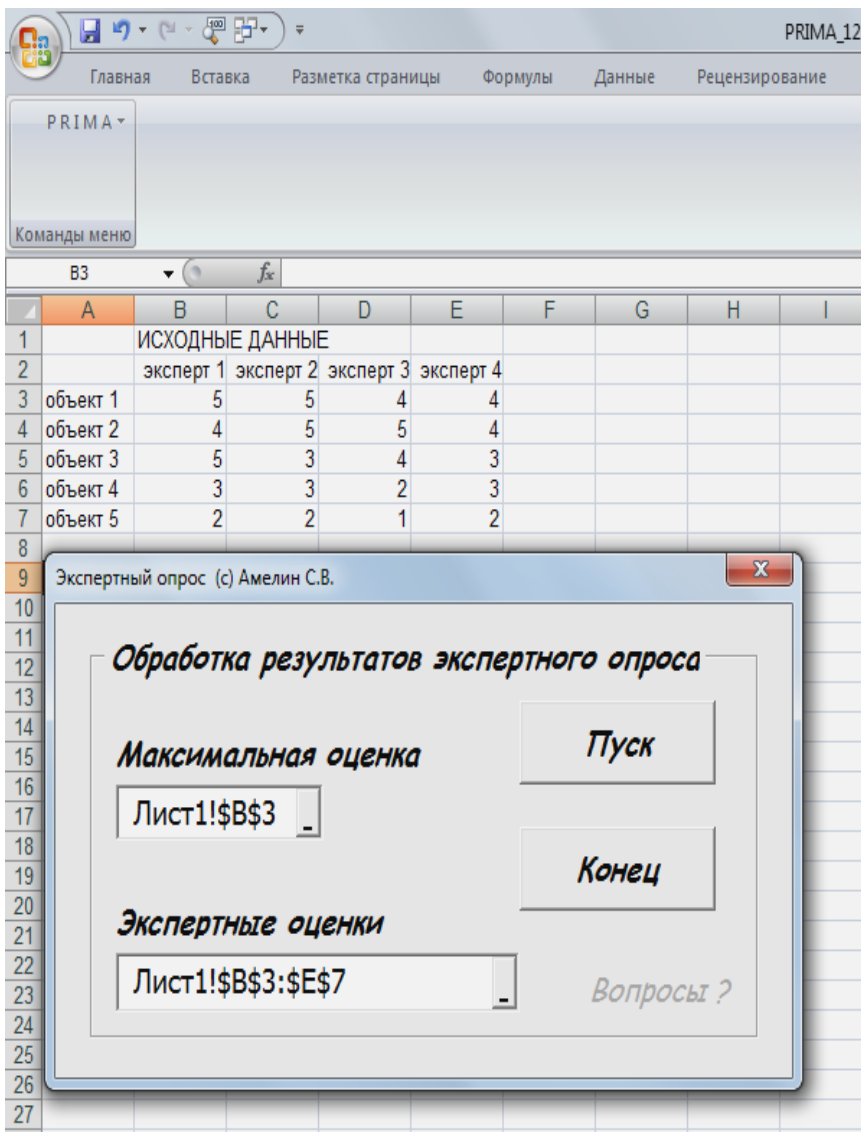
12. Установить точку в строке *Включить это содержимое*



13. Удалить заставку ППП PRIMA для работы с программами



14. В ленте *Настройки* выбрать из ППП PRIMA нужную программу



15. Работа программы Обработка результатов экспертного опроса

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Амелин С.В. Разработка производственных управленческих решений [Текст] : конспект лекций / С.В. Амелин. - Воронеж : ГОУВПО "Воронежский государственный технический университет", 2003. 103 с.

2. Амелин С.В. Разработка производственных управленческих решений [Текст] : учеб. пособие / С.В. Амелин. - Воронеж : ГОУВПО "Воронежский государственный технический университет", 2004. 106 с.

3. Амелин С.В. Практикум по курсу "Разработка производственных управленческих решений" [Текст] : учеб. пособие: практикум / С.В. Амелин. - Воронеж : ГОУВПО "Воронежский государственный технический университет", 2005. 122 с.

4. Амелин С.В. Разработка производственных управленческих решений [Текст] : учеб. пособие / С.В. Амелин. Изд. 2-е, перераб. и доп. Воронеж: ГОУВПО "Воронежский государственный технический университет", 2010. 205 с.

5. Методические указания по проведению практических занятий и лабораторных работ по курсу "Разработка и методы принятия управленческих решений" для всех форм обучения [Текст] / ГОУВПО "Воронежский государственный технический университет"; сост. С.В. Амелин. Воронеж, 1996. 31 с.

6. Арсеньев Ю.Н. Принятие решений. Интегрированные интеллектуальные системы [Текст] : учеб. пособие для вузов / Ю.Н. Арсеньев, С.И. Шелобаев, Т.Ю. Давыдова. - М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. 270 с.

7. Синюк В.Г. Использование информационно-аналитических технологий при принятии управленческих решений [Текст] : учеб. пособие / В.Г. Синюк, А.В. Шевырев. - М.: Экзамен, 2003. 160 с.

8. Афоничкин А.И. Управленческие решения в экономических системах [Текст] : учебник для вузов / А.И. Афоничкин. – СПб.: Питер, 2009. 480 с.

9. Амелин С.В. Организация управления производством на основе моделирования [Текст] / С.В. Амелин // Организатор производства. Теоретический и научно-практический журнал. - М.: Экономика и финансы, 2008. - № 2 (37). – С.93-96.

10. Амелин С.В. Использование моделирования как инструмента организации управления предприятием [Текст] / С.В. Амелин // Вестник Воронежского государственного технического университета. - 2008. - Т.4. - № 7. - С. 113-118.

11. Амелин С.В. Методические подходы к принятию организационных решений по созданию конкурентоспособной продукции [Текст] / С.В. Амелин, И.В. Щетинина // Вестник Воронежского государственного технического университета. - 2011. – Т. 7. - № 11.3. – С. 55-59.

12. Амелин С.В. Организационное моделирование как инструмент оценки конкурентоспособности продукции [Текст] / С.В. Амелин, И.В. Щетинина / Организатор производства. Теоретический и научно-практический журнал. - М.: Экономика и финансы, 2011. - № 4. - С. 102-105.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.	3
Лабораторная работа № 1	
Принятие решения о распределении работ между исполнителями.	6
Лабораторная работа № 2	
Принятие решения об оптимальном вложении денежных средств.	20
Лабораторная работа № 3	
Принятие решений в условиях многокритериальности на основе компромисса.	28
Лабораторная работа № 4	
Принятие решений на основе экспертного оценивания.	39
Лабораторная работа № 5	
Принятие решений на основе метода анализа иерархий.	56
Лабораторная работа № 6	
Принятие решений на основе метода расстояний.	69
Лабораторная работа № 7	
Принятие решений на основе статистических игр.	89
Лабораторная работа № 8	
Принятие решений на основе дерева решений.	103
Заключение.	127
Приложение	128
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.	143

Учебное издание

Амелин Станислав Витальевич
Щетинина Ирина Валериевна

МЕТОДЫ ПРИНЯТИЯ
УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ:
ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

В авторской редакции

Подписано в печать 15.05.2014.

Формат 60х84/16. Бумага для множительных аппаратов.

Усл. печ. л. 9,1. Уч. – изд. л. 7,4. Тираж 250 экз.

Заказ №

ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический
университет»

394026 Воронеж, Московский просп., 14