

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Пермский государственный аграрно-технологический университет
имени академика Д. Н. Прянишникова»

Факультет экономики, финансов и коммерции
Кафедра менеджмента

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Лабораторный практикум

Составитель: Е.А. Муратова

Пермь
ИПЦ «ПрокростЪ»
2018

УДК 004
ББК 65.053
К 637

Рецензенты:

Б.Л. Смородин, доктор физико-математических наук, профессор, начальник научно-исследовательской части ФГБОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет».

В.Э. Серогодский, кандидат экономических наук, зав. кафедрой организации производства и предпринимательства в АПК ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ.

К637 Компьютерное моделирование в профессиональной деятельности : лабораторный практикум / сост. Е.А. Муратова; М-во с.-х. РФ, федеральное гос. бюджетное образов. учреждение высшего образования «Пермский гос. аграрно-технологический ун-т. им. акад. Д.Н. Прянишникова», фак. экон. фин. и коммерции; каф. менеджмента. – Пермь : ИПЦ «ПрокростЪ», 2018. – 71 с.

В лабораторном практикуме раскрыт процесс проведения лабораторных занятий по дисциплине «Компьютерное моделирование в профессиональной деятельности»: представлены задания, которые выполняются обучающимися на лабораторных занятиях; методические указания по выполнению заданий; список рекомендуемой литературы по дисциплине; перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет».

Лабораторный практикум предназначен для студентов очной и заочной форм обучения, обучающихся по направлению подготовки 38.03.01 Экономика (уровень бакалавриата).

**УДК 004
ББК 65.053**

Лабораторный практикум «Компьютерное моделирование в профессиональной деятельности» рекомендован к изданию методической комиссией факультета экономики, финансов и коммерции ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ, протокол № 13 от 14 июня 2017 г.

© ИПЦ «ПрокростЪ», 2018
© Муратова Е.А., 2018

Содержание

Введение	4
Лабораторное занятие 1. Технология решения задач линейного программирования с использованием табличного процессора MICROSOFT EXCEL.....	7
Лабораторное занятие 2. Оптимальное планирование и распределение ресурсов средствами табличного процессора MICROSOFT EXCEL	9
Лабораторное занятие 3. Анализ результатов расчетов по компьютерной модели, созданной в Excel.....	13
Лабораторное занятие 4. Расчет оптимальной производственной программы.....	18
Лабораторное занятие 5. Дискретная оптимизация средствами EXCEL.....	22
Лабораторное занятие 6. Поиск оптимального решения транспортной задачи средствами табличного процессора	26
Лабораторное занятие 7. Моделирование оптимального кормового рациона сельскохозяйственных животных	29
Лабораторное занятие 8. Оптимизация структуры посевных площадей средствами EXCEL.	34
Лабораторное занятие 9. Решение матричных игр в смешанных стратегиях. Игры с природой.....	37
Лабораторное занятие 10. Оптимизация сетевого графика. Определение и расчет резерва времени	45
Лабораторное занятие 11. Решение задачи управления запасами в MICROSOFT EXCEL	52
Лабораторное занятие 12. Моделирование систем массового обслуживания средствами EXCEL.....	54
Лабораторное занятие 13. Решение задач корреляционного анализа в среде MICROSOFT EXCEL	57
Лабораторное занятие 14. Построение линейного уравнения парной регрессии и линейной модели множественной регрессии средствами табличного процессора MICROSOFT EXCEL	61
Лабораторное занятие 15. Прогнозирование с использованием метода скользящего среднего, линии тренда средствами EXCEL.....	65
Заключение.....	69
Рекомендуемая литература.....	70
Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»	70

Введение

Лабораторный практикум предназначен для проведения лабораторных занятий по дисциплине «Компьютерное моделирование в профессиональной деятельности» у обучающихся по направлению подготовки 38.03.01 Экономика, обеспечивает реализацию требований Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 12 ноября 2015 г. № 1327.

Изучение материала, представленного в лабораторном практикуме, направлено на формирование общепрофессиональной и профессиональной компетенций, предусмотренных ФГОС ВО по направлению подготовки 38.03.01 Экономика, учебным планом и рабочей программой дисциплины «Компьютерное моделирование в профессиональной деятельности»:

- способность решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности (ОПК-1);

- способность использовать для решения аналитических и исследовательских задач современные технические средства и информационные технологии (ПК-8).

В процессе проведения лабораторных занятий по дисциплине «Компьютерное моделирование в профессиональной деятельности» обучающийся должен:

Знать:

– методы моделирования социально-экономических процессов с применением информационно-коммуникационных технологий;

- основные приемы формализации описания проблемных ситуаций в экономических системах в виде задач математической оптимизации;

- основные информационные источники, коммуникационные технологии, необходимые для организации профессиональной деятельности;

- современные технические, программные средства и информационные технологии для решения аналитических и исследовательских задач.

Уметь:

- использовать основные методы моделирования и прогнозирования экономических показателей, их структуры и взаимосвязи;

- использовать современные программные средства для построения моделей социально-экономических систем;

- применять различные информационно-коммуникационные технологии для решения задач профессиональной деятельности;

- соблюдать требования информационной безопасности.

Владеть навыками:

- навыками применения наиболее характерных моделей о количественных взаимосвязях и закономерностях в экономике;

- навыками применения современных технических средств и информационных технологий для решения экономических задач;

- навыками выбора программных средств для построения моделей в соответствии с поставленной задачей;

- навыками анализа результатов расчетов и обоснования полученных результатов.

Основная часть методических рекомендаций содержит задания и методические указания по их выполнению, библиографический аппарат издания содержит издания из библиотечного фонда и перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет».

Лабораторное занятие 1

Технология решения задач линейного программирования с использованием табличного процессора MICROSOFT EXCEL

Цель: с помощью средства «Поиск решения» решить задачу оптимального плана выпуска продукции.

Постановка задачи:

Цех может выпускать два вида продукции: шкафы и тумбы для телевизора. На каждый шкаф расходуется 3.5м стандартных ДСП, 1м листового стекла и 1 человеко-день трудозатрат. На тумбу - 1м ДСП, 2м стекла и 1 человеко-день трудозатрат.

Прибыль от продажи 1 шкафа составляет 200 у.е., а 1 тумбы - 100 у.е.

Материальные и трудовые ресурсы ограничены: в цехе работают 150 рабочих, в день нельзя израсходовать больше 350м ДСП и более 240м стекла.

Какое количество шкафов и тумб должен выпускать цех, чтобы сделать прибыль максимальной?

Исходные данные для задачи приведены в таблице 1.

Таблица 1

Исходные данные

	А	В	С	Д	Е	Ф
1	ОПТИМАЛЬНЫЙ ПЛАН ПРОИЗВОДСТВА МЕБЕЛЬНОГО ЦЕХА					
2						
3	Параметры					
4	Ресурсы	Запасы	Изделия			
5			ШКАФ	Тумба		
6	ДСП	350	3,5	1		
7	Стекло	240	1	2		
8	Труд	150	1	1		
9	Прибыль		200	100		

	А	В	С	Д	Е	Ф
1	ОПТИМАЛЬНЫЙ ПЛАН ПРОИЗВОДСТВА МЕБЕЛЬНОГО ЦЕХА					
2						
10						
11		X1	X2		Расход	
12	Переменные	0	0		ДСП	=B12*C6+C12*D6
13					Стекло	=B12*C7+C12*D7
14					Труд	=B12*C8+C12*D8
15		Целевая функция				
16		=B12*C9+C12*D9				

В ячейке В16 определяется прибыль от продажи x_1 шкафов и x_2 тумб.

В результате поиска оптимального решения должны быть найдены такие значения ячеек В12:С12, при которых получаемая цехом прибыль будет максимальной. Нужно максимизировать значение, находящееся в ячейке В16, изменяя значение диапазона ячеек В12:С12 с учетом следующих ограничений:

- расход ресурсов не должен превышать имеющиеся запасы;
- значения в изменяемых ячейках не могут быть отрицательными.

Технология:

1. Вести в новый рабочий лист данные для вычисления.
2. Запустить задачу поиска решений. Для этого: выполнить команду **Сервис/ Поиск решений ...** и в диалоге «Поиск решений» ввести данные:

- в поле «Установить целевую ячейку» указать адрес В16;
- установить флажок «Равной максимальному значению»;

- в поле «Изменяя ячейки» определить изменяемые ячейки (B12:C12);
 - в поле «Ограничения» по одному добавить каждое из следующих ограничений задачи. Для этого щелкнуть по кнопке «Добавить» и в появившемся окне «Добавление ограничения» ввести ссылку на ячейку, оператор ограничения и значение, для добавления следующего ограничения щелкнуть кнопку «Добавить» и повторить процедуру добавления ограничения; после ввода последнего ограничения щелкнуть кнопку «ОК»;
 - в диалоговом окне «Поиск решения» щелкнуть кнопку «Выполнить»;
 - в диалоге «Результаты поиска решения» установить переключатель «Сохранить найденное решение», в окне «Тип отчета» выбрать «Результаты» и нажать кнопку «ОК»;
 - ознакомиться с отчетом по результатам, помещенным на новом листе.
3. Сохранить файл, назвать файл «Оптимизация плана выпуска продукции».

Лабораторное занятие 2

Оптимальное планирование и распределение ресурсов средствами табличного процессора MICROSOFT EXCEL

Цель: с помощью средства «Поиск решения» уметь составлять математическую модель и находить оптимальное решение задачи оптимального распределения ресурсов.

Постановка задачи:

Выпускается продукция четырех типов: продукт 1, продукт 2, продукт 3, продукт 4. Для выпуска требуется 3 вида ресурсов: трудовые, сырьевые, финансовые.

Известно:

- Нормы расхода (количество ресурса каждого вида), необходимые для выпуска единицы продукции данного типа.
- Сколько ресурса имеется в наличии.
- Прибыль, получаемая от реализации единицы каждого типа продукции.

Требуется определить, в каком количестве надо выпускать продукцию четырех типов, для изготовления которой требуются ресурсы трех видов: трудовые, сырье, финансы. Оформить данные в виде таблицы 1.

Таблица 1

Таблица представления результатов

Ресурсы	Продукт 1	Продукт 2	Продукт 3	Продукт 4	Знак	Наличие
Прибыль	60	70	120	130	max	
Трудовые ресурсы	1	1	1	1	\leq	16
Сырьевые ресурсы	6	5	4	3	\leq	110
Финансовые ресурсы	4	6	10	13	\leq	100

Введем обозначения:

X_j - количество выпускаемой продукции j - го типа ($j=1 \dots 4$);

V_i - количество имеющегося в наличие ресурса i -го вида ($i=1 \dots 3$);

F - прибыль, получаемая от реализации продукции j - го типа.

$$F=60x_1+70x_2+120x_3+130x_4 \rightarrow \max$$

$$x_1+x_2+x_3+x_4 \leq 16$$

$$6x_1+5x_2+4x_3+3x_4 \leq 110$$

$$4x_1+6x_2+10x_3+13x_4 \leq 100$$

Технология:

1. Введите исходные данные в форму (таблица 2).

Таблица 2

Исходные данные

	A	B	C	D	E	F	G	H
1				Переменные				
2	имя	продукт 1	продукт 2	продукт 3	продукт 4			
3	значение							
4								
5						Целевая функция		
6	прибыль	60	70	120	130			
7				Ограничения				
8	вид					левая часть	знак	правая часть
9	трудовые ресурсы	1	1	1	1		<=	16
10	сырье	6	5	4	3		<=	110
11	финансы	4	6	10	13		<=	100

В ячейке F6 определяется прибыль при выпуске продукции четырех типов.

Нужно максимизировать значение, находящееся в ячейке F6, изменяя значение диапазона ячеек B3:E3 с учетом следующих ограничений:

- расход ресурсов не должен превышать имеющиеся запасы;
- значения в изменяемых ячейках не могут быть отрицательными.

2. Запустить задачу поиска решений. Для этого: выполнить команду **Сервис/ Поиск решений ...** и в диалоге «Поиск решений» ввести данные:

- в поле «Установить целевую ячейку» указать адрес F6;

- установить флажок «Равной максимальному значению»;
- в поле «Изменяя ячейки» определить изменяемые ячейки (В3:Е3);
- в поле «Ограничения» по одному добавить каждое из следующих ограничений задачи. Для этого щелкнуть по кнопке «Добавить» и в появившемся окне «Добавление ограничения» ввести ссылку на ячейку, оператор ограничения и значение, для добавления следующего ограничения щелкнуть кнопку «Добавить» и повторить процедуру добавления ограничения; после ввода последнего ограничения щелкнуть кнопку «ОК»;
- в диалоговом окне «Поиск решения» щелкнуть кнопку «Выполнить»;
- в диалоге «Результаты поиска решения» установить переключатель «Сохранить найденное решение», в окне «Тип отчета» выбрать «Результаты» и нажать кнопку «ОК»;
- ознакомиться с отчетом по результатам, помещенным на новом листе (таблица 3).

Таблица 3

Результаты решения задачи

	A	B	C	D	E	F	G	H
1				Переменные				
2	имя	продукт 1	продукт 2	продукт 3	продукт 4			
3	значение	10	0	6	0			
4								
5						Целевая функция		
6	прибыль	60	70	120	130	1320		
7				Ограничения				
8	вид					левая часть	знак	правая часть
9	трудовые	1	1	1	1	16	<=	16
10	сырье	6	5	4	3	84	<=	110
11	финансы	4	6	10	13	100	<=	100

В оптимальном решении:

Продукт 1=В3=10,

Продукт 2=С3=0,

Продукт 3=D3=6,

Продукт 4=Е3=0.

При этом максимальная прибыль будет составлять F6=1320, количество используемых ресурсов равно:

Трудовые =F9=16,

Сырье =F10=84,

Финансовые =F11=100.

3. Сохранить файл, назвать файл «Оптимизация распределения ресурсов».

Лабораторное занятие 3

Анализ результатов расчетов по компьютерной модели, созданной в Excel

Цель: усвоить вопросы, связанные с проведением компьютерного анализа результатов расчетов по компьютерной модели.

Постановка задачи:

Провести анализ результатов решения задачи, рассмотренной в предыдущей лабораторной (таблица 1).

Таблица 1

Результаты решения задачи

	А	В	С	Д	Е	Ф	Г	Н
1				Переменные				
2	имя	продукт 1	продукт 2	продукт 3	продукт 4			
3	значение	10	0	6	0			
4								
5						Целевая функция		
6	прибыль	60	70	120	130	1320		
7				Ограничения				
8	вид					левая часть	знак	правая часть
9	Трудовые ресурсы	1	1	1	1	16	<=	16
10	сырье	6	5	4	3	84	<=	110
11	финансы	4	6	10	13	100	<=	100

Технология:

Вывести на экран диалоговое окно Результат поиска решения (т. е. произведите операцию поиска решения заново).

Выбрать тип отчета: Результаты/ОК. Внизу экрана появится надпись Отчет по результатам, щелкните по ней мышкой. Аналогично получить отчет по устойчивости. Эти отчеты представлены в таблицах 2 и 3.

Таблица 2

Отчет по результатам

Microsoft Excel Отчет по результатам						
Рабочий лист: [лабораторная работа №3.xls]Лист1						
Отчет создан: 20.08.16 12:23:13						
Целевая ячейка (Максимум)						
	Ячейка	Имя	Исходно	Результат		
	\$F\$6	Прибыль	0	1320		
Изменяемые ячейки						
	Ячейка	Имя	Исходно	Результат		
	\$B\$3	продукция1	0	10		
	\$C\$3	продукция2	0	0		
	\$D\$3	продукция3	0	6		
	\$E\$3	продукция4	0	0		
Ограничения						
	Ячейка	Имя	Значение	формула	Статус	Разница
	\$F\$9	трудовые ресурсы	16	\$F\$9<=\$H\$9	связанное	0
	\$F\$10	сырьевые ресурсы	84	\$F\$10<=\$H\$10	не связан.	26
	\$F\$11	финансовые ресурсы	100	\$F\$11<=\$H\$11	связанное	0
	\$B\$3	продукция1	10	\$B\$3>=\$B\$4	не связан.	10
	\$C\$3	продукция2	0	\$C\$3>=\$C\$4	связанное	0
	\$D\$3	продукция3	6	\$D\$3>=\$D\$4	не связан.	6
	\$E\$3	продукция4	0	\$E\$3>=\$E\$4	связанное	0

Отчет по устойчивости

Microsoft Excel Отчет по устойчивости							
Рабочий лист: [лабораторная работа №3.xls]Лист1							
Отчет создан: 20.08.16 12:24:00							
Изменяемые ячейки							
			Ре- зульт.	Нормир.	Целевой	Допусти- мое	Допусти- мое
	Ячей- ка	Имя	значе- ние	стои- мость	Коэффици- ент	Увеличе- ние	Уменьше- ние
	\$B\$3	продукция1	10	0	60	40	12
	\$C\$3	продукция2	0	-10	70	10	1E+30
	\$D\$3	продукция3	6	0	120	30	13
	\$E\$3	продукция4	0	-20	130	20	1E+30
Ограничения							
			Ре- зульт.	Теневая	Ограниче- ние	Допусти- мое	Допусти- мое
	Ячей- ка	Имя	значе- ние	Цена	Правая часть	Увеличе- ние	Уменьше- ние
	\$F\$9	трудовые ресурсы	16	20	16	4	6
	\$F\$10	сырьевые ресурсы	84	0	110	1E+30	26
	\$F\$11	финансовые ре- сурсы	100	10	100	60	36

Анализ полученных результатов

1. Отчет по результатам состоит из трех таблиц:

- Таблица 1 приводит сведения о целевой функции.
- Таблица 2 приводит значения искомых переменных, полученные в результате решения задачи.
- Таблица 3 показывает результаты оптимального решения для ограничений и для граничных условий.

2. Отчет по устойчивости состоит из двух таблиц:

В первой таблице приводятся следующие значения для переменных:

- Результат решения задачи;

– Нормируемая стоимость, т. е. дополнительные двойственные переменные, которые показывают, на сколько изменяется целевая функция при принудительном включении единицы этой продукции в оптимальное решение;

– Коэффициенты целевой функции;

– Предельные значения приращения коэффициентов целевой функции, при которых сохраняется набор переменных, входящих в оптимальное решение.

В таблице 2 приводятся аналогичные значения для ограничений:

– Величина использованных ресурсов;

– Теневая цена, т. е. двойственные оценки, которые показывают, как изменится целевая функция при изменении ресурсов на единицу;

– Значения приращения ресурсов, при которых сохраняется оптимальный набор переменных, входящих в оптимальное решение.

3. Отчет по пределам показывает, в каких пределах может изменяться выпуск продукции, вошедшей в оптимальное решение, при сохранении структуры оптимального решения:

– Приводятся значения, полученные для продукции 1,2,3 и 4 видов в оптимальном решении;

– Приводятся нижние пределы изменения значений этих продуктов.

4. Анализ полученных отчетов:

Таким образом, для получения максимального дохода (прибыли) в данной модели следует производить 10 единиц продукции 1 вида и 6 единиц продукции 3 вида. Прибыль при этом составит 1320 руб. Любое другое сочетание производимой продукции приведет к снижению прибыли.

В данной модели трудовые и финансовые ресурсы использованы полностью. Их недоиспользование приведет к снижению прибыли в расчете на единицу трудовых ресурсов на 20 руб., на 1 руб. финансовых ресурсов прибыли снизится на 10 руб. (теневая цена из отчета устойчивости).

Показатель нормируемая стоимость из отчета по устойчивости показывает, что включение в производство продукции второго и четвертого видов нецелесообразно, экономически невыгодно предприятию, т. к. производство продукции в объеме одна единица приведет к снижению прибыли на 10 и 20 руб. соответственно (нормируемая стоимость для этих видов продукции отрицательна). Нулевые двойственные оценки (нулевая нормируемая стоимость) переменных показывают, что производство продукции 1 и 3 вида экономически выгодно. Степень выгодности производства продукции 2 и 4 видов в данном случае выражается количественно.

Так как трудовые и финансовые ресурсы использованы полностью, то ограничения являются жесткими (связанными). Их смягчение привело бы к увеличению прибыли. В данном случае – это привлечение трудовых и финансовых ресурсов (это привлечение будет эффективным, пока сырьевые ресурсы не будут исчерпаны).

В столбце целевой результат указаны значения целевой функции при выпуске данного типа продукции на нижнем приделе. Так, при значении 720 видно, что $F=60*0+70*0+120*6+130*0=720$.

В оптимальном решении определено, что производство продукции 2 и 4 видов экономически невыгодно. С одной стороны, при этом мы будем получать максимально возможную прибыль, но с другой стороны при этом у нас упадет ассортимент продукции, то есть продукция предприятия не бу-

дет полностью удовлетворять потребностям потребителей. Спрос на продукцию упадет, следовательно, упадет и прибыль предприятия. Для повышения ассортимента продукции (для включения в производство 2 и 4 видов продукции) необходимо:

- по возможности привлечь дополнительные трудовые и финансовые ресурсы.
- повысить цены на 2 и 4 виды продукции.
- повысить их качество.
- снизить затраты на их производство.
- повысить производительность труда при производстве 2 и 4 видов продукции.

Ввод в производство 2 и 4 видов продукции позволит увеличить прибыль предприятия, но для ее выпуска необходимо привлечь дополнительные инвестиции и принять на работу дополнительный рабочий персонал. То есть, если есть возможность привлечь дополнительные трудовые и финансовые ресурсы, то нужно расширять производство и увеличивать ассортимент выпускаемой продукции.

Лабораторное занятие 4

Расчет оптимальной производственной программы

Цель: с помощью средства «Поиск решения» найти решение задачи оптимального плана выпуска продукции.

Постановка задачи:

Предприятие выпускает три вида крепежных изделий: болты, гайки, шайбы. Норма расхода сырья, времени работы оборудования и затрат электроэнергии, которые необходимы для производства одной тонны каждого изделия, приведены в таблице 1.

Месячные запасы ресурсов, которыми располагает предприятие, ограничены. По сырью эти ограничения обу-

словлены емкостью складских помещений, по оборудованию – станочным парком и трудовыми ресурсами, по электроэнергии – техническими и финансовыми причинами. Размеры запасов и доход от реализации продукции в у. д. е. за 1 т приведены в таблице 1.

Таблица 1

Данные для решения задачи об оптимальной производственной программе предприятия

Производственные ресурсы	Расход ресурсов на тонну продукции			Запасы ресурсов
	Болты	Гайки	Шайбы	
Сырье	3	5	12	154
Оборудование	5	7	8	210
Электроэнергия	2	8	11	100
Доход от реализации, у. д. е. за тонну	194	175	264	

Помимо запасов на формирование программы влияет необходимость выполнения контрактных обязательств: предприятие обязано обеспечить поставку болтов в количестве 4 т, гаек – в количестве 2 т, шайб – в количестве 3 т.

Требуется сформировать месячную производственную программу (определить объемы выпуска каждого вида продукции), при которой доход от реализации будет максимальным.

Технология:

Для формализации задачи обозначим через $\{x_1, x_2, x_3\}$ искомую производственную программу – объемы выпуска болтов, гаек, шайб (тонн). Тогда, доход от реализации будет равен:

$$Z = 194 x_1 + 175 x_2 + 264 x_3 \quad (1)$$

Производственная программа $\{x_1, x_2, x_3\}$ может быть реализована только при выполнении следующих условий:

$$3 x_1 + 5 x_2 + 12 x_3 < 154,$$

$$5 x_1 + 7 x_2 + 8 x_3 < 210,$$

$$2x_1 + 8x_2 + 11x_3 < 100, \quad (2)$$

$$x_1 > 4,$$

$$x_2 > 2,$$

$$x_3 > 3.$$

Переменные решения x_1, x_2, x_3 неотрицательны:

$$x_1 > 0, x_2 > 0, x_3 > 0. \quad (3)$$

Получаем задачу линейного программирования: необходимо максимизировать целевую функцию – доход от реализации продукции – при условии, что на переменные x_1, x_2, x_3 наложены ограничения (2).

Для решения задачи в Excel создаем на рабочем листе табличный вариант (рисунок 1)

	A	B	C	D	E	F
1		Болты	Гайки	Шайбы	Запасы	
2	Сырьё	3	5	12	154	
3	Оборудование	5	7	8	210	
4	Электроэнергия	2	8	11	100	
5	Доход (\$ / тонну)	194	175	264		
6						
7		X1	X2	X3	Z	
8	Перем. решен.=>				=СУММПРОИЗВ(B5:D5;B8:D8)	
9						
10		Левые части ограничений		Знак	Пр.ч.огр	
11		=СУММПРОИЗВ(B2:D2;\$B\$8:\$D\$8)		<	154	
12		=СУММПРОИЗВ(B3:D3;\$B\$8:\$D\$8)		<	210	
13		=СУММПРОИЗВ(B4:D4;\$B\$8:\$D\$8)		<	100	
14		=B8		>	4	
15		=C8		>	2	
16		=D8		>	3	

Рисунок 1. Табличный вариант модели оптимизации производственной программы

Ввести необходимую информацию в надстройку «Поиск решения» и получить на рабочем листе Excel оптимальное решение. Найденная надстройкой «Поиск решения» оптимальная производственная программа находится в ячейках B8, C8, D8.

Как следует из «Отчета по устойчивости» (рисунок 2), наибольшая Теневая цена (ячейка E17) равна 97 у.д. е. Она соответствует ресурсу Электроэнергия. Это означает, что

увеличение (уменьшение) запаса данного ресурса на единицу приводит к росту (снижению) дохода на 97 у. д. е. Допустимое увеличение составляет 17,8 ед. (ячейка G17).

Изменяемые ячейки						
Ячейка	Имя	Результ. значения	Нормир. стоимость	Целевой Коэффициент	Допустимое Увеличение	Допустимое Уменьшение
\$B\$8	Перем. решен. => X1	25,5	0	194	1E+30	146
\$C\$8	Перем. решен. => X2	2	0	175	601	1E+30
\$D\$8	Перем. решен. => X3	3	0	264	803	1E+30
Ограничения						
Ячейка	Имя	Результ. значение	Теневая Цена	Ограничение Правая часть	Допустимое Увеличение	Допустимое Уменьшение
\$A\$11	Левые части ограничений	122,5	0	154	1E+30	31,5
\$A\$12	Левые части ограничений	165,5	0	210	1E+30	44,5
\$A\$13	Левые части ограничений	100	97	100	17,8	43
\$A\$16	Левые части ограничений	3	-803	3	3,91	2,28
\$A\$15	Левые части ограничений	2	-601	2	5,375	3,42
\$A\$14	Левые части ограничений	25,5	0	4	21,5	1E+30

Рисунок 2. Отчет по устойчивости

Выясним, что произойдет, если предприятие найдет возможность увеличить запас ресурса Электроэнергия со 100 до 117,8 ед. Для этого внесем изменения в табличную модель (рисунок 3).

	A	B	C	D	E
1		Болты	Гайки	Шайбы	Запасы
2	Сырьё	3	5	12	154
3	Оборудование	5	7	8	210
4	Электроэнергия	2	8	11	117,8
5	Доход (\$ / тонну)	194	175	264	
6					
7		X1	X2	X3	Z
8	Перем. решен. =>	34,4	2	3	7815,6
9					
10		Левые части ограничений	Знак	Пр.ч.огр	
11		149,2	<	154	
12		210	<	210	
13		117,8	<	117,8	
14		34,4	>	4	
15		2	>	2	
16		3	>	3	

Рисунок 3. Табличная модель с новым значением правой части ограничения для ресурса «Электроэнергия»

Запустив повторно «Поиск решения» с новым значением правой части соответствующего ограничения (ячейка D13), получаем новую оптимальную производственную программу $x_{1\text{опт}} = 34,4$, $x_{2\text{опт}} = 2$, $x_{3\text{опт}} = 3$, при которой суммарный доход составит $Z_{\text{max}} = 7815,6$ у.д.е. (ячейка E8).

Оптимальное решение может быть улучшено за счет увеличения запаса ресурса Электроэнергия на 17,8 ед. При этом месячный доход предприятия увеличится с 6089 до 7815,6 у.д.е.

Лабораторное занятие 5 **Дискретная оптимизация средствами EXCEL**

Цель: с помощью средства «Поиск решения» уметь проводить дискретную оптимизацию и находить оптимальное решение с требованием целочисленности переменных.

Постановка задачи:

Мастер должен назначить на 5 типовых операций 7 рабочих. Время, которое затрачивают рабочие на выполнение каждой операции, приведено в таблице 1.

Таблица 1

Исходные данные

Рабочие	Операции				
	O1	O2	O3	O4	O5
P1	25	22	30	24	31
P2	32	0	14	34	30
P3	35	0	32	31	28
P4	36	27	14	24	30
P5	35	25	30	22	0
P6	34	33	26	14	19
P7	34	27	30	37	37

Определить расстановку рабочих по операциям, при которой суммарное время на выполнение всех работ будет наименьшим.

Технология:

Данная задача является задачей о назначениях и реализуется как частный случай транспортной задачи. Видно, что число рабочих (7) превышает количество операций, которое они должны выполнить (5). Следовательно, задача является открытой, и решать ее целесообразно путем приведения к закрытой задаче, для чего вводятся две фиктивные операции - O6 и O7. Время на выполнение фиктивных операций равно нулю, так как они фактически не выполняются.

Представим исходные данные закрытой задачи в виде таблицы 2.

Таблица 2

Данные для решения задачи

Рабочие	Операции						
	O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7
P1	25	22	30	24	31	0	0
P2	32	1000	14	34	30	0	0
P3	35	1000	32	31	28	0	0
P4	36	27	14	24	30	0	0
P5	35	25	30	22	1000	0	0
P6	34	33	26	14	19	0	0
P7	34	27	30	37	37	0	0

В ячейки рабочего листа набрать исходные данные и формулы:

– В ячейки B5:H11 вводятся затраты времени, необходимого рабочим на выполнение операций;

– В ячейках B15:H21 находятся значения переменных x_{ij} . Первоначально в них помещаются произвольные числа, например, единицы.

– В ячейки I15:I21 вводятся формулы для расчета сумм значений переменных в соответствующих строках. Например, в ячейке I15 формула имеет вид: =СУММ(B15:H15).

– В ячейки B22:H22 вводятся формулы для расчета сумм значений переменных в соответствующих столбцах. Например, в ячейке B22 формула имеет вид: =СУММ(B15:B21).

– В ячейку B24 вводится выражение целевой функции задачи с использованием встроенной функции EXCEL «СУММПРОИЗВ». Аргументами этой функции являются блоки ячеек, содержащие затраты времени и значения переменных: =СУММПРОИЗВ(B5:H11;B15:H21).

The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following structure:

- Cell B24:** Contains the formula `=СУММПРОИЗВ(B5:H11;B15:H21)`.
- Table 1 (Initial Data):**

Рабочий	О1	О2	О3	О4	О5	О6	О7
P1	25	22	30	24	31	0	0
P2	32	1000	14	34	30	0	0
P3	35	1000	32	31	28	0	0
P4	36	27	14	24	30	0	0
P5	35	25	30	22	1000	0	0
P6	34	33	26	14	19	0	0
P7	34	27	30	37	37	0	0
- Table 2 (Assignment Matrix):**

Рабочий	О1	О2	О3	О4	О5	О6	О7	Сумма
P1	1	1	1	1	1	1	1	7
P2	1	1	1	1	1	1	1	7
P3	1	1	1	1	1	1	1	7
P4	1	1	1	1	1	1	1	7
P5	1	1	1	1	1	1	1	7
P6	1	1	1	1	1	1	1	7
P7	1	1	1	1	1	1	1	7
Сумма	7	7	7	7	7	7	7	-
- Cell B24:** Contains the value 3902.

Рисунок 1. Лист исходных данных

После ввода исходных данных запускается надстройка «Поиск решения» и заполняются необходимые поля в панели надстройки:

The 'Поиск решения' dialog box is configured as follows:

- Установить целевую ячейку:** `B24`
- Равной:** максимальному значению, значению: 0, минимальному значению
- Изменяя ячейки:** `B15:H21`
- Ограничения:**
 - `B15:H21 = двоичное`
 - `B22:H22 = 1`
 - `I15:I21 = 1`

Рисунок 2. Окно надстройки «Поиск решения»

В панели «*Параметры поиска решения*» указывается, что модель задачи оптимизации является линейной, и задается условие неотрицательности переменных. Рабочий лист MS Excel, содержащий результаты решения имеет вид:

The screenshot shows an Excel spreadsheet titled "Задача 2" (Task 2) with the subtitle "Задача о назначениях" (Assignment Problem). The data is organized as follows:

Рабочий	Операция	O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7
P1		25	22	30	24	31	0	0
P2		32	1000	14	34	30	0	0
P3		35	1000	32	31	28	0	0
P4		36	27	14	24	30	0	0
P5		35	25	30	22	1000	0	0
P6		34	33	26	14	19	0	0
P7		34	27	30	37	37	0	0

Рабочий	Операция	O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	Сумма
P1		1	0	0	0	0	0	0	1
P2		0	0	1	0	0	0	0	1
P3		0	0	0	0	1	0	0	1
P4		0	0	0	0	0	1	0	1
P5		0	1	0	0	0	0	0	1
P6		0	0	0	1	0	0	0	1
P7		0	0	0	0	0	0	1	1
Сумма		1	1	1	1	1	1	1	-

Общие затраты времени: 106

Рисунок 3. Результаты решения

Таким образом, чтобы суммарные затраты времени на выполнение операций были наименьшими, следует назначить:

- рабочего 1 на выполнение операции 1;
 - рабочего 2 на выполнение операции 3;
 - рабочего 3 на выполнение операции 5;
 - рабочего 4 на выполнение фиктивной операции 6;
 - рабочего 5 на выполнение операции 2;
 - рабочего 6 на выполнение операции 4;
 - рабочего 7 на выполнение фиктивной операции 7.
- рабочие 4 и 7, назначенные на выполнение фиктивных операций, фактически не работают. Суммарное время на выполнение всех операций составит 106 ч.

Лабораторное занятие 6
Поиск оптимального решения транспортной задачи
средствами табличного процессора

Цель: с помощью средства «Поиск решения» определять оптимальное решение транспортной задачи.

Постановка задачи:

Компания имеет 4 склада, которые расположены в разных районах города. Заказы на перевозку грузов поступают из сети розничных магазинов, распределенных по всей территории города. Цель задачи – удовлетворить потребность трех розничных магазинов в товарах, находящихся на четырех складах и минимизировать при этом расходы на перевозку (таблица 1).

Таблица 1

Исходные данные транспортной задачи

Тарифы, руб./шт.	1-й магазин	2-й магазин	3-й магазин	Запасы, шт.
1-й склад	2	9	7	25
2-й склад	1	0	5	50
3-й склад	5	4	100	35
4-й склад	2	3	6	75
Потребности, шт.	45	90	50	

Целевая функция и ограничения задачи имеют вид

$$\begin{cases} x_{11} + x_{12} + x_{13} = 25, \\ x_{21} + x_{22} + x_{23} = 50, \\ x_{31} + x_{32} + x_{33} = 35, \\ x_{41} + x_{42} + x_{43} = 75, \\ x_{11} + x_{21} + x_{31} + x_{41} = 45, \\ x_{12} + x_{22} + x_{32} + x_{42} = 90, \\ x_{13} + x_{23} + x_{33} + x_{43} = 50, \\ \forall x_{ij} \geq 0, \forall x_{ij} - \text{целые } (i = \overline{1,4}; j = \overline{1,3}). \end{cases}$$

$$C = 2x_{11} + 9x_{12} + 7x_{13} + x_{21} + 5x_{23} + 5x_{31} + 4x_{32} + 100x_{33} + 2x_{41} + 3x_{42} + 6x_{43} \rightarrow \min;$$

Технология

Вести в новый рабочий лист данные для вычисления
(таблица 2).

Таблица 2

Данные для вычисления

	A	B	C	D	E	F	G	H
1		Пере- менные				Ограниче- ния		
2			Мага- га- зин1	Мага- зин2	Мага- зин3	Левая часть	Знак	Правая часть
3		Склад1				0	=	25
4		Склад2				0	=	50
5		Склад3				0	=	35
6		Склад4				0	=	75
7	Ограни- чения	Левая часть	0	0	0			
8		Знак	=	=	=			185
9		Правая часть	45	90	50		185	Баланс
10								
11		Тарифы	Мага- га- зин1	Мага- зин2	Мага- зин3			
12		Склад1	2	9	7			
13		Склад2	1	0	5			
14		Склад3	5	4	100	Целевая функция		
15		Склад4	2	3	6	0		

Запустить задачу поиска решений. Для этого: выполнить команду **Сервис/ Поиск решений ...** и в диалоге «Поиск решений» ввести данные (таблица 3):

- в поле «Установить целевую ячейку» указать адрес F15;
- установить флажок «Равной минимальному значению»;
- в поле «Изменяя ячейки» определить изменяемые ячейки (C3:E6);
- "по одному добавить каждое из следующих ограничений задачи. Для этого щелкнуть по кнопке «в поле «Ограничения Добавить» и в появившемся окне «Добавление ограничения» ввести ссылку на ячейку, оператор ограничения и значение, для добавления следующего ограничения щелкнуть кнопку «Добавить» и повторить процедуру добавления ограничения; после ввода последнего ограничения щелкнуть кнопку «ОК»;

Таблица 3

Формулы для решения задачи

Объект математической модели	Выражение в Excel
Переменные задачи	C3:E6
Формула в целевой ячейке F15	=СУММПРОИЗВ(C3:E6;C12:E15)
Ограничения по строкам в ячейках F3, F4, F5, F6	=СУММ(C3:E3) =СУММ(C4:E4) =СУММ(C5:E5) =СУММ(C6:E6)
Ограничения по столбцам в ячейках C7, D7, E7	=СУММ(C3:C6) =СУММ(D3:D6) =СУММ(E3:E6)
Суммарные запасы и потребности в ячейках H8, G9	=СУММ(H3:H6) =СУММ(C9:E9)

- в диалоговом окне «Поиск решения» щелкнуть кнопку «Выполнить»;
- в диалоге «Результаты поиска решения» установить переключатель «Сохранить найденное решение», в окне «Тип отчета» выбрать «Результаты» и нажать кнопку «ОК»;
- ознакомиться с отчетом по результатам, помещенным на новом листе (таблица 4).

Таблица 4

Результаты решения транспортной задачи

А	В	С	Д	Е	Ф	Г	Н
	Переменные				Ограничения		
		Магазин1	Магазин2	Магазин3	Левая часть	Знак	Правая часть
	Склад1	25	0	0	25	=	25
	Склад2	0	50	0	50	=	50
	Склад3	0	35	0	35	=	35
	Склад4	20	5	50	75	=	75
Ограничения	Левая часть	45	90	50			
	Знак	=	=	=			185
	Правая часть	45	90	50		185	Баланс
	Тарифы	Магазин1	Магазин2	Магазин3			
	Склад1	2	9	7			
	Склад2	1	0	5			
	Склад3	5	4	100	Целевая функц.		
	Склад4	2	3	6	545		

Сохранить файл, назвать «Решение транспортной задачи».

Лабораторное занятие 7

Моделирование оптимального кормового рациона сельскохозяйственных животных

Цель: Построение модели, обеспечивающей максимальную степень сбалансированности рациона на данном наборе кормов.

Постановка задачи:

Составить экономико-математическую модель оптимизации суточного рациона кормления для коров со средней живой массой 500 кг и среднесуточным удоем 16 кг молока. Для обеспечения заданной продуктивности необходимо, чтобы в рационе содержалось не менее 12,9 кг кормовых единиц, 1390 г переваримого протеина, 116 г кальция, 72 г фосфора, 523 мг каротина. Сухого вещества в нем должно быть не более 20 кг. Хозяйство располагает четырьмя видами кормов, которые характеризуются показателями, приведенными в таблице 1.

Таблица 1

Содержание питательных веществ в 1 кг корма и стоимость кормов

	Содержание в 1 кг корма						Себестоимость 1 кг корма, руб.
	Кормовых единиц, кг	Переваримого протеина, г	Кальция, г	Фосфора, г	Каротина, мг	Сухого вещества, кг	
Комбикорм	0,90	112	15,0	13,0	-	0,87	5,14
Сено клеверотимофеечное	0,50	52	7,4	2,2	30	0,83	0,78
Солома ячменная	0,36	12	3,7	1,2	4	0,85	0,12
Силос кукурузный	0,20	14	1,5	0,5	15	0,26	0,22

В соответствии с зоотехническими требованиями отдельные группы кормов в рационе могут изменяться в следующих пределах, % к общему количеству кормовых единиц: концентрированные – от 10 до 30, грубые – от 20 до 35, сочные – от 30 до 50. В группе кормов солома должна составлять не более 25%.

Найти такой состав рациона кормления, при котором достигается минимум его себестоимости при выполнении требований к составу рациона.

Технология:

1. Определим перечень переменных. Количество кормов, которое может войти в рацион, обозначим через:

X_1 – комбикорм, кг;

X_2 – сено клеверо-тимофеечное, кг;

X_3 – солома ячменная, кг;

X_4 – силос кукурузный, кг.

Запишем систему ограничений в развернутом виде.

Ограничения по балансу питательных веществ в рационе:

1) кормовых единиц не менее

$$0,9X_1 + 0,5X_2 + 0,36X_3 + 0,2X_4 \geq 12,9;$$

2) переваримого протеина не менее

$$112X_1 + 52X_2 + 12X_3 + 14X_4 \geq 1390;$$

3) кальция не менее

$$15X_1 + 7,4X_2 + 3,7X_3 + 1,5X_4 \geq 116;$$

4) фосфора не менее

$$13X_1 + 2,2X_2 + 1,2X_3 + 0,1X_4 \geq 72;$$

5) каротина не менее

$$30X_2 + 4X_3 + 15X_4 \geq 523.$$

Ограничение по содержанию сухого вещества в рационе:

$$6) 0,87X_1+0,83X_2+0,85X_3+0,26X_4\leq 20.$$

Ограничения по содержанию отдельных групп кормов в рационе:

7) концентрированных не менее

$$0,9X_1\geq 1,29, (12,9\cdot 0,1)$$

8) концентрированных не более

$$0,9X_1\leq 3,87, (12,9\cdot 0,3);$$

9) грубых не менее

$$0,5X_2+0,36X_3\geq 2,58, (12,9\cdot 0,2);$$

10) грубых не более

$$0,5X_2+0,36X_3\leq 4,515, (12,9\cdot 0,35);$$

11) сочных не менее

$$0,2X_4\geq 3,87, (12,9\cdot 0,3);$$

12) сочных не более

$$0,2X_4\leq 6,45, (12,9\cdot 0,5).$$

Ограничение по удельному весу соломы в группе грубых:

13) удельный вес соломы в группе грубых

$$0,36X_3\leq 0,25\cdot(0,5X_2+0,36X_3),$$

или после преобразований

$$-0,125X_2+0,27X_3\leq 0.$$

Целевая функция – минимальная себестоимость рациона:

$$Z=5,14X_1+0,78X_2+0,12X_3+0,22X_4\rightarrow\min.$$

Развернутая модель представлена в матрице (таблица 2).

Таблица 2

Матрица экономико-математической задачи оптимизации
суточного рациона кормления коров

Ограничение	Переменные				Левая часть ограничения	Знак ограничения	Объем ограничения
	Комби-корм, кг	Сено клеверотимофечное, кг	Солома Ячменная, кг	Силос кукурузный, кг			
	X_1	X_2					
	0	0	0	0			
Кормовые единицы, кг	0,9	0,5	0,36	0,2		\geq	12,9
Переваримый протеин, г	112	52	12	14		\geq	1390
Кальций, г	15	7,4	3,7	1,5		\geq	116
Фосфор, г	13	2,2	1,2	0,5		\geq	72
Каротин, мг		30	4	15		\geq	523
Сухое вещество, кг	0,87	0,83	0,85	0,26		\leq	20
Концентраты не менее, кг к.е.	0,9					\geq	1,29
Концентраты не более, кг к.е.	0,9					\leq	3,87
Грубые корма не менее, кг к.е.		0,5	0,36			\geq	2,58
Грубые корма не более, кг к.е.		0,5	0,36			\leq	4,515
Сочные корма не менее, кг к.е.				0,2		\geq	3,87
Сочные корма не более, кг к.е.				0,2		\leq	6,45
Солома в грубых кормах, кг к.е.		-0,125	0,27			\leq	0
Z - минимальная себестоимость рациона, руб.	5,14	0,78	0,12	0,22		\rightarrow	min

2. Запустить «Поиск решения», задать координаты целевой функции, переменных решения, ограничения модели.

Получить отчет по результатам решения задачи, помещенным на новом листе (таблица 3).

Таблица 3

Результаты решения задачи оптимизации
суточного рациона кормления коров

Ограничения	Переменные				Левая часть	Знак ограничения	Объем ограничения
	Комбикорм, кг	Сено клеверотимофеечное, кг	Солома Ячменная, кг	Силос кукурузный, кг			
	X_1	X_2	X_3	X_4			
	4,19	9,03	0,00	32,25			
Кормовые единицы	0,9	0,5	0,36	0,2	14,73	\geq	12,9
Переваримый протеин	112	52	12	14	1390,00	\geq	1390
Кальций	15	7,4	3,7	1,5	178,00	\geq	116
Фосфор	13	2,2	1,2	0,5	90,42	\geq	72
Каротин		30	4	15	754,65	\geq	523
Сухое вещество	0,87	0,83	0,85	0,26	19,52	\leq	20
Концентраты не менее	0,9				3,77	\geq	1,29
Концентраты не более	0,9				3,77	\leq	3,87
Грубые корма не менее		0,5	0,36		4,52	\geq	2,58
Грубые корма не более		0,5	0,36		4,52	\leq	4,515
Сочные корма не менее				0,2	6,45	\geq	3,87
Сочные корма не более				0,2	6,45	\leq	6,45
Солома в грубых кормах		-0,125	0,27		-1,13	\leq	0
Z - минимальная себестоимость рациона	5,14	0,78	0,12	0,22	35,66	\rightarrow	min

3. Сохранить файл, назвать Решение задачи оптимизации суточного кормового рациона.

Лабораторное занятие 8
Оптимизация структуры посевных площадей
средствами EXCEL

Цель: Построение модели оптимизации структуры посевных площадей

Постановка задачи

Площадь пашни, отводимая под зерновые культуры , составляет 2000 га, резерв минеральных удобрений - 1600 ц д. в. и имеется 14600 чел.-дней затрат труда. Требуется определить такое сочетание посевов озимой пшеницы, проса и гречихи, чтобы прибыль при этом была максимальной. Исходная информация представлена в таблице 1.

Таблица 1

Урожайность, затраты труда и цена реализации продукции

Показатели	Озимая пшеница	Просо	Гречиха
Урожайность (ц/га)	24	14	12
Затраты труда (чел.дн./ц)	0,4	0,5	0,6
Затраты удобрений (ц.д.в/га)	0,6	0,4	0,8
Себестоимость (грн/ц)	6,0	5,0	16
Цена реализации (грн/ц)	8,0	8,0	20

Технология:

1. Исходная информация заносится в таблицу 2. При этом числовые значения показателей заносятся в отдельные ячейки в диапазоне С4:Е8.

В рассматриваемом примере для получения значений независимых переменных x_1 – площадь под озимую пшеницу, x_2 – площадь под просо и x_3 – площадь под гречиху выбран диапазон ячеек F3:H3.

Таблица 2

Исходная информация

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Урожайность, нормативы затрат и цена реализации продукции					Независимые переменные		
2	№ п/п	Показатели	Культуры			X1	X2	X3
3			Оз.пшеница	Просо	Гречи-ха	83,3	0,0	1916,7
4	1	Урожайность (ц/га)	24	14	12	1	1	1
5	2	Затраты труда	0,4	0,5	0,6	9,6	7	7,2
6	3	Затраты удобрений (руб/га)	0,6	0,4	0,8	0,6	0,4	0,8
7	4	Себестоимость (руб/ц)	6	5	16	коэффициенты функции цен		
8	5	Цена реализации (руб/ц)	8	8	20	48	42	48
9								
10	№ п/п	Тип ограничения	Вид ограничения	Значения ограничений		Дополнительные переменные		
11				заданное	полученное			
12	1	По общей посевной площади	$x_1+x_2+x_3 \leq 2000$	2000,0	2000,0	S1=	0,0	
13	2	По затратам труда	$9,6x_1+7x_2+7,2x_3 \leq 14600$	14600,0	14600,0	S2=	0,0	
14	3	По минеральным удобрениям	$0,6x_1+0,4x_2+0,8x_3 \leq 1600$	1600,0	1583,3	S3=	16,7	
15								
16	Вид функции цели		$Z=48x_1+42x_2+48x_3 \rightarrow \max$					
17	Значение функции цели: Z=		96000					
18								

3. Задание ячейки для функции цели

В диапазоне P8:H8 заданы коэффициенты функции цели (48, 42, 48). Формулы для определения значения функции цели и ограничений можно ввести соответственно в ячейки

C17, F12:F14 обычным образом или используя функцию СУММПРОИЗВ.

В ячейке C17 задана функция СУММПРОИЗВ для определения функции цели. Для ее выбора и работы с ней следует:

- щелкнуть на ячейке C17, а затем на кнопке Мастер функций стандартной панели инструментов.

- выбрать в списке Категории => Математические, а в списке Функции => СУММПРОИЗВ;

- нажать на кнопку ОК. Раскроется диалоговое окно СУММПРОИЗВ для ввода и определения сумм произведений массивов чисел

- щелкнуть в поле Массив 1 и ввести диапазон ячеек F8:H8, что соответствует вводу коэффициентов функции цели (48, 42, 48);

- щелкнуть в поле Массив 2 и ввести диапазон ячеек F3:H3, что соответствует вводу независимых переменных x_1 , x_2 , x_3 ;

- щелкнуть на кнопке ОК.

4. Задание ограничений. В диапазон ячеек F4:H6 введены коэффициенты левых частей ограничений. В ячейки E12:E14 введены правые части (свободные члены) ограничений (2000,14600,1600). Для ввода левых частей ограничений выбраны ячейки F12:F14. В этих ячейках задана функция СУММПРОИЗВ.

5. Работа в диалоговом окне Поиск решения

- выбрать в меню Сервис => Поиск решения.

- в поле Установить целевую ячейку введите C17;

- установить переключатель в поле Равной в положение Максимальному значению;

- в поле Изменяя ячейки ввести диапазон F3:H3;

- задать правые и левые части ограничений.
- Нажать кнопку «Выполнить».

6. Анализ решения задачи

- оптимальная (максимальная) прибыль от реализации озимой пшеницы и гречки составляет 96000 руб.;
- оптимальное сочетание посевов составляет:
- площадь под озимую пшеницу - 83,33 га;
- площадь под просо - 0 га;
- площадь под гречиху - 1916,67 га;
- площадь пашни и трудовые ресурсы используются полностью, а резерв минеральных удобрений составляет 12,7ц (1600-1583,3=12,7).

Лабораторное занятие 9

Решение матричных игр в смешанных стратегиях. Игры с природой

Цель: с помощью MS EXCEL уметь решать матричную игру в смешанных стратегиях, находить оптимальное решение матричных игр в играх с природой.

1. Решение матричных игр в смешанных стратегиях

Постановка задачи:

Найти решение парной игры с платежной матрицей, представленной в таблице 1:

Таблица 1 – Исходные данные для платежной матрицы

	1	2	3	4
1	24	20	18	21
2	19	22	24	20
3	14	16	20	25

Парная игра с нулевой суммой может быть сведена к решению задачи линейной оптимизации. Используя значение функции и неизвестных взаимно двойственных задач линейной оптимизации, найти цену игры и вероятности применения стратегий каждым из игроков.

Для данной задачи $a \neq \beta$ (седловая точка отсутствует).

Двойственные задачи линейной оптимизации для решения игры:

$$\begin{array}{l}
 Z = x_1 + x_2 + x_3 \rightarrow \min \\
 \begin{cases}
 24x_1 + 19x_2 + 14x_3 \geq 1 \\
 20x_1 + 22x_2 + 16x_3 \geq 1 \\
 18x_1 + 24x_2 + 20x_3 \geq 1 \\
 21x_1 + 20x_2 + 25x_3 \geq 1
 \end{cases} \\
 x_j \geq 0 \quad (j = \overline{1,3}).
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{l}
 F = u_1 + u_2 + u_3 + u_4 \rightarrow \max \\
 \begin{cases}
 24u_1 + 20u_2 + 18u_3 + 21u_4 \leq 1 \\
 19u_1 + 22u_2 + 24u_3 + 20u_4 \leq 1 \\
 14u_1 + 16u_2 + 20u_3 + 25u_4 \leq 1
 \end{cases} \\
 u_i \geq 0 \quad (i = \overline{1,4}).
 \end{array}$$

Решить исходную и двойственную задачи с помощью Excel.

Технология:

1. Внести данные на рабочий лист в соответствии с таблицей 2.

Таблица 2

Данные для решения матричной игры

	A	B	C	D	E	F	G	H
1								
2		Коэффициенты			Ограничения			
3		24	19	14		>=	1	
4		20	22	16		>=	1	
5		18	24	20		>=	1	
6		21	20	25		>=	1	
7								
8		X1	X2	X3		Целевая функция		
9								
10								
11						p1	p2	p3
12								
13								
14		Цена игры:						
15								
16								

2. В ячейки E3:E6 ввести формулы для расчета функций – ограничений, ячейки B9:D9 отвести для переменных x_j , ячейку B15 – для расчетного значения цены игры, диапазон ячеек F12:H12 – для расчетных значений вероятностей применения стратегий игроком А, ячейку F9 – для расчета целевой функции.

3.Набрать необходимые формулы в соответствующие ячейки. Установить все необходимые ограничения исходной задачи. Запустить *Поиск решения*. С помощью Поиска решения будет получен следующий результат (таблица 3).

Таблица 3

Смешанная стратегия игрока А

	A	B	C	D	E	F	G	H
8		X1	X2	X3		Целевая функция		
9		0,020182	0,02474	0,003255		0,048177		
10								
11						p1	p2	p3
12						0,4189	0,5135	0,0676
13								
14		Цена игры:						
15		20,75676						
16								

Таким образом, оптимальная смешанная стратегия игрока А: $p_i = (p_1; p_2; p_3) = (0,4189; 0,5135; 0,0676)$.

4.Решить двойственную задачу. Расположить данные для ее решения на отдельном рабочем листе Excel (таблица 4).

Таблица 4

Данные для решения двойственной задачи

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1										
2		Коэффициенты								
3		24	19	14						
4		20	22	16						
5		18	24	20						
6		21	20	25						
7	Ограничения									
8		<=	<=	<=						
9		1	1	1						
10						Целевая функция				
11										
12						U1			Q1	
13						U2			Q2	
14		Цена игры				U3			Q3	
15						U4			Q4	
16										

5. Ввод данных и формул произвести аналогично предыдущему случаю. Результаты Поиска решения приведены в таблице 5.

Таблица 5

Смешанная стратегия игрока В

	А	В	С	Д	Е	Ф	Г	Н	И	Ж
10						Целевая функция				
11						0,048177				
12										
13						U1	0,0026		Q1	0,0541
14		Цена игры				U2	0,0195		Q2	0,4054
15		20,75676				U3	0,0000		Q3	0,0000
16						U4	0,0260		Q4	0,5405

Таким образом, оптимальная смешанная стратегия игрока В – $q_{II} = (q_1; q_2; q_3) = (0,0541; 0,4054; 0; 0,5405)$.

2. Решение матричных игр в играх с природой

Постановка задачи:

Для игры с природой задана платежная матрица (таблица 6).

Таблица 6

	П1	П2	П3	П4	П5
A1	32	30	33	30	30
A2	31	29	22	31	30
A3	28	23	20	34	24
A4	34	31	27	33	27
A5	35	19	30	38	23
A6	28	29	26	26	43
A7	39	29	27	27	30

Платежная матрица для игры с природой

	П1	П2	П3	П4	П5
A1	32	30	33	30	30
A2	31	29	22	31	30
A3	28	23	20	34	24
A4	34	31	27	33	27
A5	35	19	30	38	23
A6	28	29	26	26	43
A7	39	29	27	27	30

Дать рекомендации о выборе оптимальной стратегии игрока А, если...

1. Известны вероятности уровней покупательского спроса, и они, соответственно, равны $q_1=0,2$, $q_2=0,3$, $q_3=0,25$, $q_4=0,15$, $q_5=0,1$;

2. Известно, что все состояния природы равновероятны;

3. Никакой дополнительной информации об уровнях покупательского спроса нет (для нахождения оптимальной стратегии применить критерии Вальда, Сэвиджа, Гурвица $h=0,7$).

Технология:

1. Задать в ячейках А1:F8 платежную матрицу игры (таблица 7).

Таблица 7

Платежная матрица игры

	А	В	С	Д	Е	Ф
1		П1	П2	П3	П4	П5
2	А1	32	30	33	30	30
3	А2	31	29	22	31	30
4	А3	28	23	20	34	24
5	А4	34	31	27	33	27
6	А5	35	19	30	38	23
7	А6	28	29	26	26	43
8	А7	39	29	27	27	30

По критерию Байеса за оптимальные принимается та стратегия A_i , при которой максимизируется средний выигрыш a или минимизируется средний риск r . Необходимо определить значения $\sum(a_{ij}p_j)$. В ячейках С19:C25 рассчитать средний выигрыш, используя функцию СУММПРОИЗВ (таблица 8).

Таблица 8

Выбор оптимальной стратегии по критерию Байеса

	А	В	С	Д	Е	Ф
14	Критерий Байеса					
15						
16	Вероятности	0,2	0,3	0,25	0,15	0,1
17						
18						
19	Средний выигрыш	A1	=СУММПРОИЗВ(B2:F2; \$B\$16:\$F\$16)			
20		A2				
21		A3				
22		A4				
23		A5				
24		A6				
25		A7				

Из полученных значений определить максимальное. Определите оптимальную стратегию.

2. В ячейках В30:F30 рассчитайте значения вероятностей, если все состояния природы равновероятны.

В ячейках С33:С39 рассчитайте средний выигрыш, используя функцию СУММПРОИЗВ (таблица 9).

Таблица 9

Выбор оптимальной стратегии по критерию Лапласа

	А	В	С	Д	Е	Ф
28	Критерий Лапласа					
29						
30	Вероятности	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
31						
32						
33	Средний выигрыш	A1	=СУММПРОИЗВ(B2:F2;\$B\$30:\$F\$30)			
34		A2				
35		A3				
36		A4				
37		A5				
38		A6				
39		A7				

Из полученных значений определить максимальное. Определить оптимальную стратегию.

3. Найти оптимальную стратегию, используя критерий Вальда (таблица 10). Определить минимальные элементы в

каждой строке, используя функцию МИН, в ячейке G2 вставить функцию =МИН(B2:F2), скопировать ее в ячейки G3:G8. В ячейке B45 определить максимальный элемент из диапазона G2:G8.

Таблица 10

Выбор оптимальной стратегии по критерию Вальда

	А	В	С	Д	Е	Ф
42	Критерий Вальда					
43						
44						
45	Максимин	=МАКС(G2:G8)				
46						

Определить оптимальную стратегию.

4. Найти оптимальную стратегию, используя критерий Сэвиджа. Для этого в ячейку В9 ввести формулу =МАКС(B2:B8), скопировать ее в ячейки С9: F9. В ячейках В51:F57 рассчитать элементы матрицы рисков. Элемент матрицы определяется вычитанием из максимального элемента столбца платежной матрицы остальных элементов столбца. Так, для столбца В элементы матрицы рисков определяются по формуле B51=\$B\$9-B2, далее эта формула копируется в ячейки B52:B57. Аналогично определяются остальные элементы матрицы по столбцам В-Ф. Полученная матрица рисков приведена в таблице 11.

Таблица 11

Матрица рисков для критерия Сэвиджа

	А	В	С	Д	Е	Ф
47	Критерий Сэвиджа					
48	Матрица рисков					
49						
50		П1	П2	П3	П4	П5
51	А1	7	1	0	8	13
52	А2	8	2	11	7	13
53	А3	11	8	13	4	19
54	А4	5	0	6	5	16
55	А5	4	12	3	0	20
56	А6	11	2	7	12	0
57	А7	0	2	6	11	13

В ячейках H51:H57 вычислить максимальное значение риска для каждой из стратегий A_i . Из полученных значений определите минимальное значение. Определите оптимальную стратегию.

5. Найти оптимальную стратегию, используя критерий Гурвица, коэффициент пессимизма $h = 0,7$.

Формула для определения оптимальной стратегии по критерию Гурвица:

$$Y = \max_i (h * \min_j a_{ij} + (1 - h) * \max_j a_{ij})$$

В ячейках B64:C70 вычислить максимальное и минимальное значение выигрыша для каждой из стратегий A_i .

В ячейках F64:F70 вычислить значения критерия для каждой из стратегий A_i . Например, в ячейке F64 значения критерия вычисляется по формуле: $=B64*\$D\$60+(1-\$D\$60)*C64$ (таблица 12).

Таблица 12

Выбор оптимальной стратегии по критерию Гурвица

	A	B	C	D	E	F
59						
60	Критерий Гурвица		h=	0,7		
61						
62						
63		min a _{ij}	max a _{ij}			Y
64	A1					
65	A2					
66	A3					
67	A4					
68	A5					
69	A6					
70	A7					

Из полученных значений определить максимальное. Определить оптимальную стратегию.

Лабораторное занятие 10
Оптимизация сетевого графика.
Определение и расчет резерва времени

Цель: с помощью MS EXCEL научиться определять временные резервы для стадий проекта, минимальный путь в сетевом графике.

Постановка задачи:

Необходимо определить длительность проекта, работы, составляющие критический путь и временные резервы для не критических стадий. Содержание проекта представлено в таблице 1.

Таблица 1

Стадии проекта

Работа	Непосредственно предшествующая работа	Длительность, дни
A	-	5
B	-	4
C	-	3
D	A,B	1
E	C,D	7
F	E	12
G	E	15
H	F	10
I	F,G	8
J	I	15
K	I	20
L	I	7
M	H,J,K,L	14

Технология:

1. Организуйте данные о проекте, как это показано в таблице 2.

В строке 3 таблицы введены названия стадий проекта. В строке 4 – названия непосредственных предшественников данной стадии; в строке 5 – длительности стадий.

2. Заполнение таблицы начать со строки 8 «Ранний финиш», введя в ячейку C8 формулу = C6+C5 и протянуть ее вправо на всю строку.

3. Не используя функцию автозаполнения, ввести в ячейки строки 6 «Ранний старт» моменты раннего финиша предшественника соответствующей стадии. Если предшественников несколько, то ввести максимум из моментов раннего финиша всех предшественников.

Таблица 2

Данные о проекте

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1																
2																
3	Стадия	S	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	Fin
4	Предшественник		S	S	S	AB	CD	E	E	F	F,G	I	I	I	H,J,K,L	M
5	Длительность		5	4	3	1	7	12	15	10	8	15	20	7	14	
6	Ранний старт ES															
7	Поздний старт LS															
8	Ранний финиш EF															
9	Поздний финиш LF															

4. Ранний финиш стадии M – это и есть продолжительность проекта, поэтому в ячейки столбца Fin, соответствующие раннему и позднему старту – P6 и P7, и в ячейки, соответствующие раннему и позднему финишу P8 и P9, нужно ввести формулу = \$O\$8. Заполнить строку 7 «Поздний старт». Ввести в ячейку O7 формулу=O9-O5 и протянуть ее вправо.

5. Последовательно заполнить ячейки строки 9 справа налево. Ввести в каждую ячейку строки 9 моменты позднего старта последователя соответствующей стадии, если после-

дователей несколько (стадии E,F,I) – то вводить минимум из моментов позднего старта всех последователей.

6. Результаты вычислений для определения критического пути и резерва времени представлены в таблице 3.

Столбцы, выделенные серым цветом, содержат информацию о критических стадиях проекта. Строка 10 – Временной резерв проекта – получена вычитанием из значения «Поздний старт (финиш) значения «Ранний старт (финиш)». Для критических стадий временной резерв равен нулю, а для некритических он больше нуля.

8. Увеличить на 2 дня длительность стадии А. На сколько поменялась длительность проекта? Объяснить причину изменения длительности? Восстановить исходную длительность проекта.

Таблица 3

Результаты определения критического пути проекта

	А	В	С	Д	Е	Ф	Г	Н	И	Ж	К	Л	М	О	Р	
1																
2																
3	Стадия	S	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	Fin
4	Предшественник		S	S	S	A,B	C,D	E	E	F	F,G	I	I	I	H,J, K,L	M
5	Длительность		5	4	3	1	7	12	15	10	8	15	20	7	14	
6	Ранний старт ES	0	0	0	0	5	6	13	13	25	28	36	36	36	56	70
7	Поздний старт LS	0	0	1	3	5	6	16	13	46	28	41	36	49	56	70
8	Ранний финиш EF	0	5	4	3	6	13	25	28	35	36	51	56	43	70	70
9	Поздний финиш LF	0	5	5	6	6	13	28	28	56	36	56	56	56	70	70
10	Временной резерв		0	1	3	0	0	3	0	21	0	5	0	13	0	

Таблица 4

Результаты определения критического пути проекта с формулами

Стадия	S	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	Фин.
Предшественник		S	S	S	A,B	C,D	E	E	F	F,G	I	I	I	H,J,K,L	M
Длительность		5	4	3	1	7	12	15	10	8	15	20	7	14	
Ранний старт ES	0	=B8	=B8	=B8	=МАКС (C8:D8)	=МАКС (E8:F8)	=G8	=G8	=H8	=МАКС (H8:I8)	=K8	=K8	=K8	=МАКС (J8:L8:N8)	=SO \$8
Поздний старт LS	=B9-B5	=C9-C5	=D9-D5	=E9-E5	=F9-F5	=G9-G5	=H9-H5	=I9-I5	=J9-J5	=K9-K5	=L9-L5	=M9-M5	=N9-N5	=O9-O5	=SO \$8
Ранний финиш EF	0	=C6+C5	=D6+D5	=E6+E5	=F6+F5	=G6+G5	=H6+H5	=I6+I5	=J6+J5	=K6+K5	=L6+L5	=M6+M5	=N6+N5	=O6+O5	=SO \$8
Поздний финиш LF	0	=F7	=F7	=G7	=G7	=МИН (H7:I7)	=МИН (J7:K7)	=K7	=O7	=МИН (L7:N7)	=O7	=O7	=O7	=P7	=SO \$8
Временной резерв		=C7-C6	=D7-D6	=E7-E6	=F7-F6	=G7-G6	=H7-H6	=I7-I6	=J7-J6	=K7-K6	=L7-L6	=M7-M6	=N7-N6	=O7-O6	

Метод PERT. Построение сетевой диаграммы в среде MS PROJECT

Цель: использовать метод PERT для определения ожидаемых сроков выполнения проекта, изучить возможности использования MS Project для построения сетевой диаграммы проекта.

Постановка задачи:

Конструкторское бюро Московского завода разработало новый настольный радиобудильник. По мнению проектировщиков, запуск в серию нового продукта позволит расширить рынок сбыта и получить дополнительную прибыль. Руководство завода приняло решение провести работу по изучению возможности реализации нового продукта. Перечень работ и характеристики времени их выполнения (в неделях) указаны в таблице 5.

Таблица 5

Исходные данные для проекта «Новый продукт»

Работа	Содержание работы	Непосредственно предшествующая работа	Оптимистическое время (ai)	Наиболее вероятное время(mi)	Пессимистическое время(bi)
A	Подготовить конструкторский проект	-	4	5	12
B	Разработать маркетинговый проект	-	1	1,5	5
C	Подготовить маршрутные карты	A	2	3	4
D	Построить прототип	A	3	4	11
E	Подготовить рекламную брошюру	A	2	3	4
F	Подготовить оценки затрат	C	1,5	2	2,5
G	Провести предварительное тестирование	D	1,5	3	4,5
H	Выполнить исследование рынка	B,E	2,5	3,5	7,5
I	Подготовить доклад о ценах	H	1,5	2	2,5
J	Подготовить заключительный доклад	F,G,I	1	2	3

Определить критический путь для данного проекта и ответить на вопросы:

1. Чему равно ожидаемое время выполнения проекта?
2. С какой вероятностью проект может быть выполнен за 20 недель?

На рисунке 1 показано графическое представление этого проекта.

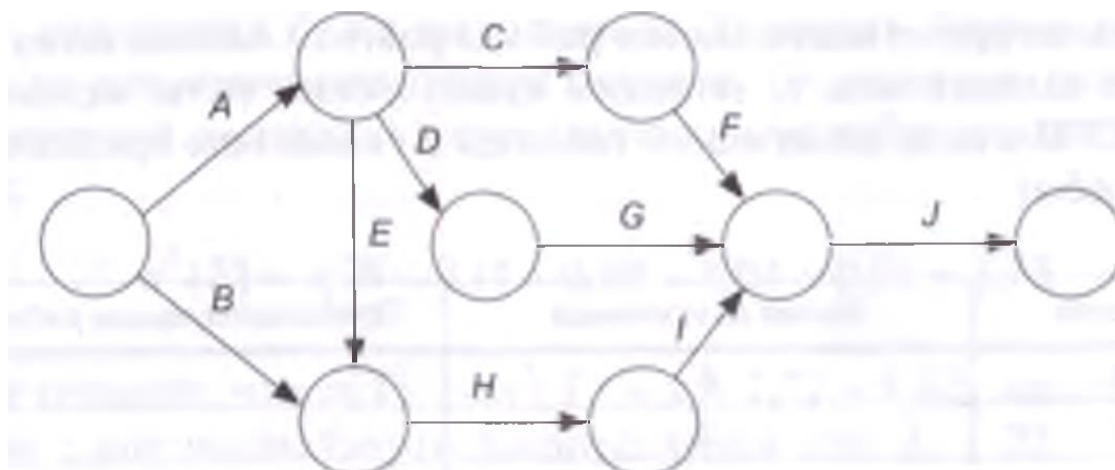


Рисунок 1. Сетевой график выполнения проекта

Технология:

Для того, чтобы использовать метод PERT для каждой работы i , время выполнения которой является случайной величиной, необходимы три оценки:

- 1) оптимистическое время a_i – время выполнения работы i в наиболее благоприятных условиях;
- 2) наиболее вероятное время m_i – время выполнения работы i в нормальных условиях;
- 3) пессимистическое время b_i – время выполнения работы i в неблагоприятных условиях.

Среднее или ожидаемое время t_i выполнения работы i может быть приближенно оценено по формуле

$$t_i = \frac{a_i + 4m_i + b_i}{6}.$$

1. Определить ожидаемое время и вариацию времени выполнения каждой работы проекта, используя исходные данные средствами MS Excel (таблица 6).

Таблица 6

Определение ожидаемого времени выполнения проекта

	A	B	C	D	E	F
1	Работа	Оптимистическое время (a _i)	Наиболее вероятное время (m _i)	Пессимистическое время (b _i)	Ожидаемое время	Дисперсия ожидаемой продолжительности
2	A	4	5	12	6	1,78
3	B	1	1,5	5		
4	C	2	3	4		
5	D	3	4	11		
6	E	2	3	4		
7	F	1,5	2	2,5		
8	G	1,5	3	4,5		
9	H	2,5	3,5	7,5		
10	I	1,5	2	2,5		
11	J	1	2	3		

В ячейке E2 набрать формулу $= (B2 + 4 * C2 + D2) / 6$, в ячейку F2 формулу $= ((D2 - B2) / 6)^2$. Определить ожидаемое время и дисперсию продолжительности для остальных работ в ячейках F3:F11.

3. Полагая время выполнения работы равным ожидаемому времени, использовать метод критического пути (описание в лабораторной работе 4) и определить ожидаемое время выполнения проекта.

Результаты вычислений:

Критический путь для данного проекта включает работы A, E, H, I, J

Длина критического пути равна $6 + 3 + 4 + 2 + 2 = 17$

Ожидаемое время выполнения проекта составляет 17 недель.

4.Используя полученные данные, построить сетевую диаграмму в программе MS Project (таблица 7).

Таблица 7 – Данные для построения сетевой диаграммы в MS Project

Номер задачи	Название задачи	Длительность	Начало	Окончание	Предшественники
1	A	6д	Пн 04.05.15	Пн 11.05.15	
2	B	2д	Пн 04.05.15	Вт 05.05.15	
3	C	3д	Вт 12.05.15	Чт 14.05.15	1
4	D	5д	Вт 12.05.15	Пн 18.05.15	1
5	E	3д	Вт 12.05.15	Чт 14.05.15	1
6	F	2д	Пт 15.05.15	Пн 18.05.15	3
7	G	3д	Вт 19.05.15	Чт 21.05.15	4
8	H	4д	Пт 15.05.15	Ср 20.05.15	2;5
9	I	2д	Чт 21.05.15	Пт 22.05.15	8
10	J	2д	Пн 25.05.15	Вт 26.05.15	6;7;9

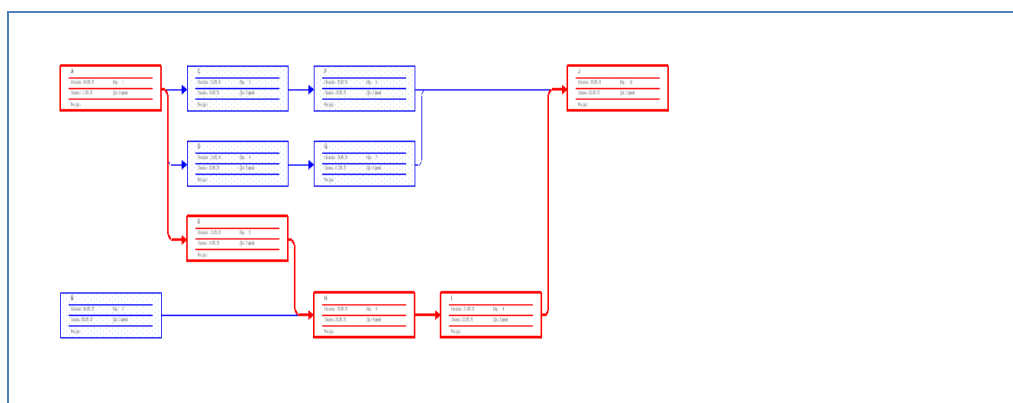


Рисунок 2. Сетевая диаграмма проекта

Лабораторное занятие 11

Решение задачи управления запасами в MICROSOFT EXCEL

Цель: Изучить основные возможности использования встроенных функций MS Excel для решения задачи управления запасами

Постановка задачи:

Годовая потребность комбината в продукте А составляет $V=3000$ тонн, затраты на хранение 1 тонны в год – $S=9$ ден. ед.

Затраты подготовительно-заключительных операций, не зависящие от величины поставляемой партии, связанные с каждой поставкой, равны $K=50$ ден. ед.

Найти оптимальный размер партии поставки, оптимальный интервал между поставками, число поставок и годовые затраты, связанные с работой складской системы.

Технология:

1. В таблице Excel набрать условие задачи, озаглавив соответствующие ячейки (таблица 1).

Определить оптимальный размер партии поставки

$$q = \sqrt{\frac{2KV}{S}}$$

$$q = 182,57 \text{ (тонн)}$$

2. Определить оптимальный интервал между поставками

Таблица 1

Решение задачи

	A	B	C
1	Входные параметры		
2	Потребность в продукте А, V	3000	тонн
3	Затраты на хранение 1 тонны в год, S	9	ден.ед.
4	Затраты подготовительно-заключительных операций, K	50	ден.ед.
5			
6			
7	Выходные параметры		
8			
9	Оптимальный размер партии поставки	=корень(2*B4*B2/B3)	
10			
11	Оптимальный интервал между поставками	=B9/B2	=B11*365
12			
13	Число поставок в год	=целое(B2/B9)	
14			
15			
16	Среднегодовые затраты	=корень(2*B2*B3*B4)	
17			

3. Определить число поставок в год (период один год – $T=1$)

4. Определить среднегодовые затраты, связанные с заказом, доставкой и хранением продукта

$$L = 1643 \text{ (ден. ед.)}$$

Задачи для самостоятельного решения:

Годовая потребность кондитерской фабрики в сахаре составляет V кг, затраты на хранение 1 кг в год - S ден. ед. Затраты подготовительно-заключительных операций, не зависящие от величины поставляемой партии, связанные с каждой поставкой, равны K ден. ед.

Найти оптимальный размер партии поставки, оптимальный интервал между поставками, число поставок и годовые затраты, связанные с работой складской системы (таблица 2).

Таблица 2

Данные для самостоятельного задания

1в.	2в.	3в.	4в.	5в.	6в.	7в.	8в.	9в.	10в.	11в.
V	8000	4000	10000	15000	2000	3000	9000	7000	4500	3200
S	5	2	10	10	8	3	15	12	10	9
K	50	40	200	40	10	90	25	150	200	90

Лабораторное занятие 12

Моделирование систем массового обслуживания средствами EXCEL

Цель: с помощью средства EXCEL «Пакет анализа» построить модель системы массового обслуживания

Постановка задачи:

Результаты наблюдения за потоком покупателей в секции магазина в течение 10 дней работы и проведения регистрации количества покупателей в течение каждого часа представлены в таблице 1.

Таблица 1

Исходные данные

Часы Дни	1	2	3	4	5	6	7	8
1	2	4	2	3	4	3	5	2
2	3	2	3	2	7	2	3	3
3	1	3	4	3	4	6	4	2
4	4	4	4	5	9	3	4	4
5	2	1	3	7	3	6	2	3
6	3	2	3	4	5	5	3	2
7	4	3	4	3	8	3	4	3
8	1	2	2	4	3	4	2	4
9	3	4	6	3	4	2	4	2
10	2	2	3	5	6	4	2	5

Определить интенсивность входящего потока покупателей за час работы в магазине, и, используя критерий Пирсона с уровнем значимости $\alpha=0,05$ обосновать предположение, что поток описывается пуассоновским законом распределения.

Технология:

1. Сгруппировать данные по числу покупателей k_i , посетивших магазин в течение часа, результаты приведены в таблице 2.

В ячейки A2:A10 ввести значения k_i ; в ячейки B2:B10 ввести эмпирические частоты f_i ; для заполнения значений f воспользоваться функцией Excel ЧАСТОТА.

2. В ячейку B11 записать формулу для подсчета суммарного числа N:

$$=СУММ(B2:B10).$$

3. Для нахождения значения λ в ячейку C2 записать формулу $=B2*A2$, скопировать эту формулу в диапазон C3:C10, получены значения f_i*k_i ;

4. В ячейку C11 записать формулу $=СУММ(C2:C10)/\$B\11 - это формула для нахождения λ .

Таблица 2

Анализ входного потока заявок

	A	B	C	D	E
1	k	f	f*k	f ^T	
2	1	3	=B2*A2	=(B\$11*\$C\$11^(A2)*EXP(-\$C\$11))/ФАКТР(A2)	=(B2-D2)^2/D2
3	2	19	=B3*A3	=(B\$11*\$C\$11^(A3)*EXP(-\$C\$11))/ФАКТР(A3)	=(B3-D3)^2/D3
4	3	23	=B4*A4	=(B\$11*\$C\$11^(A4)*EXP(-\$C\$11))/ФАКТР(A4)	=(B4-D4)^2/D4
5	4	21	=B5*A5	=(B\$11*\$C\$11^(A5)*EXP(-\$C\$11))/ФАКТР(A5)	=(B5-D5)^2/D5
6	5	6	=B6*A6	=(B\$11*\$C\$11^(A6)*EXP(-\$C\$11))/ФАКТР(A6)	=(B6-D6)^2/D6
7	6	4	=B7*A7	=(B\$11*\$C\$11^(A7)*EXP(-\$C\$11))/ФАКТР(A7)	=(B7-D7)^2/D7
8	7	2	=B8*A8	=(B\$11*\$C\$11^(A8)*EXP(-\$C\$11))/ФАКТР(A8)	=(B8-D8)^2/D8
9	8	1	=B9*A9	=(B\$11*\$C\$11^(A9)*EXP(-\$C\$11))/ФАКТР(A9)	=(B9-D9)^2/D9
10	9	1	=B10*A10	=(B\$11*\$C\$11^(A10)*EXP(-\$C\$11))/ФАКТР(A10)	=(B10-D10)^2/D10
11		=СУММ(B2:B10)	=СУММ(C2:C10)/B11		=СУММ(E2:E10)
12					=ХИ2ОБР(0,05;7)

3. В ячейку D2 записать формулу для нахождения теоретических частот f^T : $=(B\$11*\$C\$11^{A2}*EXP(-\$C\$11))/ФАКТР(A2)$, скопировать эту формулу в диапазон D3:D10.

4. Для нахождения наблюдаемого значения $\chi^2_{\text{набл}}$ в ячейку E2 записать формулу $=(B2-D2)^2/D2$, скопировать эту формулу в диапазон E3:E10

5. В ячейку E11 записать формулу $=СУММ(E2:E10)$ – получено значение $\chi^2_{\text{набл}}$.

6. Для уровня значимости $\alpha = 0,05$ и числу степеней свободы $\nu = n - 2 = 7$ найти в ячейке E12 критическое значение $\chi^2_{\text{крит}} = ХИ2ОБР(0,05;7)$.

7. Сравнить значения ячеек E11 и E12. Если значение $E11 < E12$, значит, гипотеза подтверждается. В противном случае, гипотеза не подтверждается.

Поскольку $\chi^2_{\text{набл}} < \chi^2_{\text{крит}}$ ($12,5 < 14,1$), условие выполняется, гипотеза подтверждается, входящий поток заявок под-

чиняется пуассоновскому закону распределения с интенсивностью $\lambda=3,4875$

Лабораторное занятие 13

Решение задач корреляционного анализа в среде MICROSOFT EXCEL

Цель: с помощью MS EXCEL найти коэффициенты корреляции и построить матрицу коэффициентов парной корреляции.

Постановка задачи:

По 20 предприятиям региона изучается зависимость выработки продукции на одного работника y (тыс. руб.) от ввода в действие новых основных фондов x_1 (% от стоимости фондов на конец года) и от удельного веса рабочих высокой квалификации в общей численности рабочих x_2 (%) (таблица 1).

Таблица 1

Исходные данные

Номер предприятия	y	x_1	x_2
1	7,0	3,9	10,0
2	7,0	3,9	14,0
3	7,0	3,7	15,0
4	7,0	4,0	16,0
5	7,0	3,8	17,0
6	7,0	4,8	19,0
7	8,0	5,4	19,0
8	8,0	4,4	20,0
9	8,0	5,3	20,0
10	10,0	6,8	20,0
11	9,0	6,0	21,0
12	11,0	6,4	22,0
13	9,0	6,8	22,0
14	11,0	7,2	25,0
15	12,0	8,0	28,0
16	12,0	8,2	29,0
17	12,0	8,1	30,0
18	12,0	8,5	31,0
19	14,0	9,6	32,0
20	14,0	9,0	36,0

1. Найти коэффициенты парной, частной и множественной корреляции. Проанализировать их.

2. Построить линейную модель множественной регрессии.

3. Найти скорректированный коэффициент множественной детерминации. Сравнить его с нескорректированным (общим) коэффициентом детерминации.

4. С помощью F - критерия Фишера оценить статическую надежность уравнения регрессии и коэффициента детерминации $R^2_{yx_1x_2}$.

5. С помощью t - критерия оценить статистическую значимость коэффициентов чистой регрессии.

Технология:

1. Внести исходные данные в таблицу MS Excel (таблица 2).

Таблица 2

Исходные данные для построения уравнения множественной регрессии

	A	B	C
1	y	x1	x2
2	7	3,9	10
3	7	3,9	14
4	7	3,7	15
5	7	4	16
6	7	3,8	17
7	7	4,8	19
8	8	5,4	19
9	8	4,4	20
10	8	5,3	20
11	10	6,8	20
12	9	6	21
13	11	6,4	22
14	9	6,8	22
15	11	7,2	25
16	12	8	28
17	12	8,2	29
18	12	8,1	30
19	12	8,5	31
20	14	9,6	32
21	14	9	36

Найти матрицу коэффициентов парной корреляции с помощью опции Анализ данных. Выбрать пункт меню Данные / Анализ данных. В диалоговом окне Анализ данных выбрать инструмент Корреляция, щелкнуть по кнопке ОК.

В диалоговом окне Корреляция в поле «Входной интервал» введите \$A\$1:\$C\$21.

Установить флажок Метки в первой строке.

В поле «Выходной интервал» введите \$F\$1. Результаты корреляционного анализа представлены в таблице 3.

Таблица 3

Матрица коэффициентов парной корреляции

	y	x1	x2
y	1		
x1	0,969881	1	
x2	0,9408	0,942839	1

т.е. $r_{yx_1} = 0,9699$; $r_{yx_2} = 0,9408$; $r_{x_1x_2} = 0,9428$

2. Для построения линейной модели множественной регрессии выполнить следующие действия:

- выбрать пункт меню *Данные / Анализ данных*;
- в диалоговом окне *Анализ данных* выбрать инструмент *Регрессия*, щелкнуть по кнопке ОК
- в диалоговом окне *Регрессия* в поле “Входной интервал Y” введите \$A\$2:\$A\$21. В поле “Входной интервал X” введите \$B\$2:\$C\$21.
- если выделены и заголовки столбцов, то установить флажок *Метки*;
- выбрать параметры вывода - ячейка \$E\$1.

Результаты регрессионного анализа представлены на рисунке 1.

ВЫВОД ИТОГОВ

Регрессионная статистика	
Множественный R	0,973101182
R-квадрат	0,94692591
Нормированный R-квадрат	0,9406819
Стандартная ошибка	0,598670364
Наблюдения	20

Дисперсионный анализ					
	df	SS	MS	F	Значимость F
Регрессия	2	108,7070945	54,35354726	151,6534774	1,45045E-11
Остаток	17	6,092905478	0,358406205		
Итого	19	114,8			

	Коэффициенты	Стандартная ошибка	t-статистика	P-Значение	Нижние 95%	Верхние 95%	Нижние 95,0%	Верхние 95,0%
Y-пересечение	1,83530694	0,471064997	3,896080054	0,001161531	0,84144668	2,8291672	0,84144668	2,8291672
Переменная X 1	0,945947723	0,212576487	4,449917001	0,00035148	0,497450544	1,394444902	0,497450544	1,394444902
Переменная X 2	0,085617787	0,060483309	1,415560577	0,174963664	-0,041990838	0,213226413	-0,041990838	0,213226413

Рисунок 1. Результаты регрессионного анализа

На основании полученных результатов можно построить уравнение регрессии:

$$\hat{y} = 1,8353 + 0,9459x_1 + 0,0856x_2$$

3. Множественный коэффициент корреляции:

$$R = 0,9731$$

Коэффициент детерминации:

$$R^2 = 0,9469$$

Скорректированный коэффициент детерминации:

$$R^2 = 0,9407$$

4. Фактическое значение F-критерия Фишера:

$$F = 151,653.$$

Табличное значение F-критерия при доверительной вероятности 0,95 и $\nu_1=2$ и $\nu_2=20-2-1=17$ составляет 3,59. Поскольку $F_{расч} > F_{табл}$, уравнение регрессии следует признать значимым, то есть его можно использовать для анализа и прогнозирования

Лабораторное занятие 14

Построение линейного уравнения парной регрессии и линейной модели множественной регрессии средствами табличного процессора MICROSOFT EXCEL

Цель: с помощью средства EXCEL «Пакет анализа» построить уравнение парной регрессии и модель множественной регрессии

Постановка задачи:

На предприятии рассматривается вопрос увеличения сметы на рекламу продукции для увеличения объемов продаж. Необходимо построить регрессионную зависимость, оценить влияние повышения расходов на рекламу на объемы продаж в единицах продукции. Переменные для решения задачи – расходы на рекламу и объемы продаж (таблица 1).

Таблица 1

Исходные данные

	А	В
1	Рекламный бюджет	Объемы продаж
2	3500	16523
3	10073	6305
4	11825	1769
5	33550	30570
6	37200	7698
7	55400	9554
8	55565	54154
9	66501	54450
10	71000	47800
11	82107	74598
12	83100	25257
13	90496	80608
14	100000	40800
15	102100	63200
16	132222	69675
17	136297	98715
18	139114	75886
19	165575	83360

Технология:

Решение задач регрессионного анализа с помощью пакета анализа.

1. Включить опцию *Пакет анализа* в меню *Настройка панели быстрого доступа /Другие команды.../Надстройки/Пакет анализа*, нажать кнопку *Перейти*.

2. В диалоговом окне *Надстройки* установить флажок *Пакет анализа*, щелкнуть по кнопке *ОК*. После этого в пункте меню *Данные* появится опция *Анализ данных*. Эта команда предоставляет средства для научных и финансовых данных.

3. Для проведения регрессионного анализа выполнить следующие действия:

- выбрать пункт меню *Данные / Анализ данных*;
- в диалоговом окне *Анализ данных* выбрать инструмент *Регрессия*, щелкнуть по кнопке *ОК*
- в диалоговом окне *Регрессия* в поле “Входной интервал Y” введите $B\$2:B\19 . В поле “Входной интервал X” введите $A\$2:A\19 .
- если выделены и заголовки столбцов, то установить флажок *Метки*;
- выбрать параметры вывода - ячейка $D\$1$.

Результаты регрессионного анализа представлены в таблицах 2,3.

Таблица 2

Регрессионная статистика

Множественный R	0,841509
R-квадрат	0,708137
Нормированный R-квадрат	0,689895
Стандартная ошибка	17064,4
Наблюдения	18

Результаты регрессионного анализа

	Коэффициенты	Стандартная ошибка	t-статистика
Y-пересечение	5221,097741	7780,448726	0,67105355
Рекламный бюджет	0,54298391	0,087148155	6,230584107

Во втором столбце таблицы 3, содержатся коэффициенты уравнения регрессии a_0 , a_1 .

Уравнение регрессии зависимости объема продаж от рекламного бюджета, полученное с помощью EXCEL, имеет вид:

$$y = 5221,09 + 0,543x_1.$$

4. Оценка качества модели. Для оценки качества модели используют коэффициенты корреляции R и детерминации R^2 , которые находятся в первой таблице результатов регрессионного анализа.

Коэффициент детерминации R^2 равен 0,708, он показывает долю вариации результативного признака под воздействием изучаемых факторов. Следовательно, около 71% меры изменчивости объемов продаж в единицах продукции связан с мерой изменчивости расходов на рекламу в денежном выражении.

5. Анализ влияния факторов на зависимую переменную по модели.

Коэффициент при X_1 показывает, что при увеличении расходов на рекламу на 1 руб. объем продаж вырастет на 0,54 единиц продукции.

Постановка задачи регрессионного анализа:

1. Решить задачу регрессионного анализа с помощью пакета анализа для данных, приведенных в таблице 4.

Таблица 4

Исходные данные для построения уравнения регрессии

	А	В	С
1	Объем реализации	Реклама	Индекс потребительских расходов
2	126	4	100
3	137	4,8	98,4
4	148	3,8	101,2
5	191	8,7	103,5
6	274	8,2	104,1
7	370	9,7	107
8	432	14,7	107,4
9	445	18,7	108,5
10	367	19,8	108,3
11	367	10,6	109,2
12	321	8,6	110,1
13	307	6,5	110,7
14	331	12,6	110,3
15	345	6,5	111,8
16	364	5,8	112,3
17	384	5,7	112,9

Технология

Для проведения регрессионного анализа, нужно выполнить следующие действия:

- выбрать пункт меню *Данные / Анализ данных*;
- в диалоговом окне *Анализ данных* выбрать инструмент *Регрессия*, щелкнуть по кнопке ОК.
- в диалоговом окне *Регрессия* в поле «Входной интервал Y» ввести $SA\$1:SA\17 . В поле «Входной интервал X» ввести $SB\$1:SC\17 .
- установить флажок *Метки*;
- установить *Уровень надежности* – 95%;
- выбрать параметры вывода, выходной интервал - ячейка $SE\$1$.

Результаты регрессионного анализа представлены в таблице 5.

Таблица 5

Результаты регрессионного анализа

	Коэффициенты	Стандартная ошибка	t-статистика
Y-пересечение	-1471,314319	259,7660084	5,663998643
Реклама	9,568413823	2,265936415	4,222719472
Индекс потребительских расходов	15,75287403	2,466858435	6,385803824

Во втором столбце таблицы, содержатся коэффициенты уравнения регрессии a_0 , a_1 , a_2 . Уравнение регрессии зависимости объема реализации от затрат на рекламу и индекса потребительских расходов, полученное с помощью EXCEL, имеет вид:

$$y = -1471.314 + 9.568x_1 + 15.753x_2$$

Для оценки качества модели используют коэффициенты корреляции R и детерминации R^2 . Коэффициент детерминации R^2 равен 0,859, следовательно, около 86% вариации зависимой переменной учтено в модели и обусловлено влиянием включенных факторов.

Коэффициент при X_1 показывает, что при увеличении расходов на рекламу на 1 руб. объем реализации вырастет на 9,57руб. Коэффициент при X_2 показывает, что при увеличении индекса потребительских расходов на 1 % объем реализации вырастет на 15,75 руб.

Лабораторное занятие 15

Прогнозирование с использованием метода скользящего среднего, линии тренда средствами EXCEL

Цель: приобретение навыков прогнозирования в Microsoft Excel

Постановка задачи:

Для оценки будущих результатов на основе показателей прошедших периодов используют метод прогнозирования. На основании результатов наблюдений за длительный период

времени строится базовая линия. В Microsoft Excel существуют следующие методы составления прогноза:

1. метод скользящего среднего;
2. прогнозирование с помощью функций регрессии;
3. прогнозирование с помощью линии тренда.

Задача. Компания, специализирующаяся на производстве очистительных устройств, зафиксировала следующий объем продаж за последние 9 лет (таблица 1).

Таблица 1

Исходные данные

Год	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Объем продаж, млн. руб.	13	15	19	21	27	35	47	49	57

На основании этих данных составить прогноз, используя скользящее среднее; найти уравнение регрессии; построить график тренда.

Технология:

1. Создать в Microsoft Excel таблицу (таблица 2).

Таблица 2

Исходная таблица результатов деятельности компании

	А	В
1	Год	Объем продаж
2	1	13
3	2	15
4	3	19
5	4	21
6	5	27
7	6	35
8	7	47
9	8	49
10	9	57

2. В столбце С рассчитать прогноз, используя инструмент Скользящее среднее. Выбрать пункт меню Данные / Анализ данных. В диалоговом окне Анализ данных выбрать инструмент Скользящее среднее, щелкнуть по кнопке ОК. В

диалоговом окне Скользящее среднее в поле «Входной интервал» ввести $B2:B10$. В поле интервал указать число 3. В поле «Выходной интервал» ввести адрес ячейки, в который необходимо выводить результат – $C2$. Результаты выполненного задания показаны в таблице 3.

Таблица 3

Результаты прогнозирования
с использованием скользящего среднего

	А	В	С
1	Год	Объем продаж	Прогноз
2	1	13	#Н/Д
3	2	15	#Н/Д
4	3	19	15,67
5	4	21	18,33
6	5	27	22,33
7	6	35	27,67
8	7	47	36,33
9	8	49	43,67
10	9	57	51,00

2. Определить с помощью регрессии, какой объем продаж можно ожидать в следующем году. Установить курсор в ячейку F2. Рассчитать коэффициенты линейного тренда с помощью стандартной функции Excel:

=ЛИНЕЙН (известные значения у, известные значения х, константа, статистика)

Для расчета коэффициентов в формулу ввести

– известные значения у (объемы продаж за периоды) - $B2:B10$;

– известные значения х (номера периодов) - $A2:A10$;

– константа - 1,

– статистика – 0.

Установить курсор в ячейку с формулой и выделить соседнюю ячейку F3. Нажать клавишу F2, затем одновременно

– комбинацию клавиш CTRL + SHIFT + ENTER. Результат применения функции – значения коэффициентов $a=5,8$ и $b=2,44$. Рассчитать значения линейного тренда с помощью полученных коэффициентов. Для этого подставить в уравнение $y=5,8x+2,444$ номер периода $x=10$. В следующем году компания может ожидать объем продаж, равный 60,444 млн.руб.

3. Для определения прогноза продаж на следующий год можно использовать линию тренда.

Для этого необходимо построить график на основе данных об объемах продаж. Выделить линию графика, нажать правую кнопку мыши. Выбрать из контекстного меню команду «Добавить линию тренда...».

Выбрать линейную линию тренда, в поле Прогноз выбрать «Вперед на 1 период». Установить параметры «Показывать уравнение на диаграмме» и «Поместить на диаграмму величину достоверности аппроксимации (R^2)».

Заключение

Реализация требований Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 38.03.01 Экономика подразумевает качественное проведение лабораторных занятий. На данный вид работы отводится значительное количество часов. Поэтому подробное рассмотрение каждой темы дисциплины, по которой в рабочей программе предусмотрены лабораторные занятия, позволяет обучающемуся повысить уровень знаний, приобретенных на лекциях.

Современные источники информации не ограничиваются библиотечными фондами и активно заменяются электронными библиотечными системами, электронными поисковыми системами и электронными периодическими справочниками. Кроме того, необходимо привлекать обучающихся к регулярному использованию интернет-ресурсов, находящихся в свободном доступе. Поэтому в методических рекомендациях приведен и такой перечень источников информации.

Рекомендуемая литература

1. Аттетков, А. В. Методы оптимизации [Текст] : учебное пособие / А. В. Аттетков, В. С. Зарубин, А. Н. Канатников. - Москва : РИОР : ИНФРА-М, 2013. - 269 с.
2. Гетманчук, А. В. Экономико-математические методы и модели [Текст] : учебное пособие / А. В. Гетманчук, М. М. Ермилов. - Москва : Дашков и К', 2015. - 185 с.
3. Глотова, М. Ю. Математическая обработка информации [Текст] : учебник и практикум для бакалавров / М. Ю. Глотова, Е. А. Самохвалова. - Москва : Юрайт, 2014. - 344 с.
4. Горбунов, В. Л. Бизнес-планирование с оценкой рисков и эффективности проектов : научно-практическое пособие / В. Л. Горбунов. - Москва : РИОР: ИНФРА-М, 2013.
5. Иванов, П. В. Экономико-математическое моделирование в АПК : учебное пособие / П. В. Иванов, И. В. Ткаченко. - Ростов на Дону : Феникс, 2013. - 254 с.
6. Козлов, В. Н. Системный анализ, оптимизация и принятие решений [Текст] : учебное пособие / В. Н. Козлов. - Москва : Проспект, 2013. - 173 с.
7. Колбин, В. В. Математические методы коллективного принятия решений [Текст] : учебное пособие / В. В. Колбин. - Москва ; Санкт-Петербург ; Краснодар : Лань, 2015. - 253 с.
8. Микони, С. В. Теория принятия управленческих решений [Текст] : учебное пособие / С. В. Микони. - Москва ; Санкт-Петербург ; Краснодар : Лань, 2015. - 447 с.
9. Орлова, И. В. Экономико-математические методы и модели: компьютерное моделирование : учебное пособие / И. В. Орлова, В. А. Половников. - 3-е изд., перераб. и доп. - Москва : Вузовский учебник ; Москва : ИНФРА-М, 2014. - 388 с.
10. Савиных, В. Н. Математическое моделирование производственного и финансового менеджмента : учебное пособие / В. Н. Савиных. - Москва : КНО-РУС, 2016. - 192 с.
11. Черняк, В. З. Методы принятия управленческих решений : учебник / В. З. Черняк, И. В. Довдиенко. - Москва : Академия, 2013. - 236 с. : табл., рис. - (Высшее профессиональное образование. Бакалавриат).

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. **Электронный каталог библиотеки Пермской ГСХА** [Электронный ресурс]: базы данных содержат сведения о всех видах лит., поступающей в фонд библиотеки Пермской ГСХА. – Электрон.дан. (194 701 запись). – Пермь: [б.и., 2005]. Свидетельство о регистрации ЭР №20164 от 03.06.2014г. Доступ не ограничен. www.pgsha.ru/web/generalinfo/library/webirbis/
2. **Собственная электронная библиотека.** Свидетельство о регистрации ЭР № 20163 от 03.06.2014 г. Доступ не ограничен <http://pgsha.ru/web/generalinfo/library/elib/>
3. **Система ГАРАНТ:** электронный периодический справочник [Электронный ресурс]. – Электр. дан. (7162 Мб: 887 970 документов). – [Б.и., 199 -]

(Договор №746 от 01 января 2014 г.); Срок не ограничен. Доступ из корпусов академии.

4. **ConsultantPlus**: справочно - поисковая система [Электронный ресурс]. – Электр.дан. (64 231 7651 документов) – [Б.и., 199 -].(Договор №РДД 210/09 от 16 сентября 2009 г.); Срок не ограничен.Доступ из корпусов академии.

5. **ЭБС издательского центра «Лань»** - «Ветеринария и сельское хозяйство», «Лесное хозяйство и лесоинженерное дело», (Контракт №66/15 -ЕД от 12 ноября 2015 г.);«Инженерно-технические науки», «Информатика», «Технологии пищевых производств» (Контракт №20/16-ЕД от 29 марта 2016 г.). <http://e.lanbook.com/> Доступ не ограничен.

6. **Электронно-библиотечная система «ЭБС ЮРАЙТ»**www.biblio-online.ru

(Контракт №19/16 –ЕД от 29 марта 2016 г.). Доступ не ограничен.

7. **Электронная библиотечная система «Национальный цифровой ресурс «Рукопт»**. Коллекция «Электронная библиотека авторефератов диссертаций ФГБОУ ВПО РГАУ МСХА имени К.А. Тимирязева» (массив документов с 1992 года по настоящее время) (Контракт №52 от 14 марта 2016 г.). <http://rucont.ru/> Доступ не ограничен.

8. **ООО Научная электронная библиотека**. Интегрированный научный информационный портал в российской зоне сети Интернет, включающий базы данных научных изданий и сервисы для информационного обеспечения науки и высшего образования. (Включает РИНЦ- библиографическая база данных публикаций российских авторов и SCIENCE INDEX- информационно - аналитическая система, позволяющая проводить аналитические и статистические исследования публикационной активности российских ученых и научных организаций). (Договор №SIO-8108/2016 от 19 февраля 2016 года) <http://elibrary.ru/>. Доступ не ограничен.

9. **ООО «ИД «Гребенников»**. **Электронная библиотека Grebennikon** содержит статьи, опубликованные в специализированных журналах Издательского дома «Гребенников», где освещается широкий спектр вопросов по экономике (в том числе – по маркетингу, менеджменту, управлению персоналом, управлению финансами и т.д.). (Контракт №39/16-ЕД от 16 июня 2016 года) <http://grebennikon.ru>. Доступ не ограничен.

10. **ООО «Ай Пи Эр Медиа»**. База данных ЭБС IPRbooks. Тематические коллекции через платформу Библиокомплектатор «Информатика и вычислительная техника», «Геодезия. Землеустройство»(Соглашение № 2095/16 от 19 мая 2016 года.) <http://www.bibliocomplectator.ru/>Доступ не ограничен.

11. Интернет- ресурсы:

Научная библиотека Пермского государственного университета (НБ ПГУ) <http://www.library.psu.ru>;

Научная электронная библиотека <http://www.elibrary.ru>;

Российская государственная библиотека (РГБ) <http://www.rsl.ru>;

Центральная научная сельскохозяйственная библиотека Российской академии наук (ЦНСХБ Россельхозакадемии) <http://www.cnshb.ru>;

Polpred.com Обзор СМИ.

Учебное издание

**КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
В ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

Лабораторный практикум

Составитель **Муратова** Елена Андреевна

Подписано в печать 21.05.18
Формат 60*84¹/₁₆. Усл. печ. л. 4,5

Тираж 50 экз. Заказ № 79

ИПЦ "ПрокростЪ"

Пермского государственного аграрно-технологического университета
имени академика Д.Н. Прянишникова,
614990, Россия, г. Пермь, ул. Петропавловская, 23
тел. (342) 217-95-42