

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

КУРГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

КАФЕДРА «ИНФОРМАТИКА»

**РЕАЛИЗАЦИЯ ОПТИМИЗАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ
В СРЕДЕ EXCEL**

Методические указания
к проведению лабораторных занятий
по курсам «Теория системного анализа и принятия решений», «Системный
анализ и моделирование процессов в техносфере», «Спец. главы
информатики»
для студентов специальностей 120100,120200,120500,150100,
150200,150300,330100,030500

КУРГАН 2003

Кафедра: «Информатика»

Дисциплины: «Теория системного анализа и принятия решений »,
«Системный анализ и моделирование процессов в техносфере», «Спец. главы
информатики»

(для студентов специальностей 120100, 120200, 120500, 150100, 150200,
150300, 330100, 030500)

Составила:

Старший преподаватель кафедры «Информатика» Котликова Вера Яковлевна

Методические указания составлены на основе учебных программ по
указанным курсам

Утверждены на заседании кафедры « 16 »__июня____2003 г.

Рекомендованы редакционно-издательским советом университета

« »_____2003 г.

ВВЕДЕНИЕ

При целенаправленном управлении каким-либо процессом или явлением (называемом в дальнейшем операцией) возникает проблема принятия решения.

Для принятия обоснованного решения необходимо построить материальную модель операции.

Можно выделить следующие основные этапы построения математической модели:

1. Определение цели, т.е. чего хотят добиться, решая поставленную задачу.
2. Определение параметров модели, т.е. заранее известных фиксированных факторов, на значения которых исследователь не влияет.
3. Формирование управляющих переменных, изменяя значение которых можно приближаться к поставленной цели. Значения управляющих переменных являются решениями задачи.
4. Определение области допустимых решений, т.е. тех ограничений, которые должны удовлетворять управляющие переменные.
5. Выражение цели через управляющие переменные, параметры и известные факторы, т.е. формирование целевой функции, называемой также критерием эффективности или критерием оптимальности задачи.

В общем виде математическая модель оптимизируемой операции имеет вид

$$f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) \rightarrow \max (\min),$$

при ограничениях

$$g_i(x) \leq (\geq) 0;$$
$$x_j \geq 0 \quad j = \overline{1, n}; \quad i = \overline{1, m}$$

где $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ - управляемые переменные или решения.

Инструмент **Поиск решения** пакета Excel позволяет найти оптимальное решение, от пользователя требуется только формализовать прикладную задачу, построив ее математическую модель.

ПОИСК РЕШЕНИЯ

В качестве примера задач, которые **Поиск решения** может решать, рассмотрим следующую задачу линейного программирования.

Небольшая фирма производит два типа подшипников А и В, каждый из которых должен быть обработан на трёх станках, а именно на токарном, шлифовальном и сверлильном. Время, требуемое для каждой из стадий производственного процесса, приведено в таблице.

Тип подшипника	Время обработки, ч			Прибыль от продажи одного подшипника, центры
	Токарный станок	Шлифовальный станок	Сверлильный станок	
А	0,01	0,02	0,04	80
В	0,02	0,01	0,01	125
Полное возможное время работы в неделю, ч	160	120	150	

Фирма хотела бы производить подшипники в количествах, максимизирующих ее прибыль.

Решение

Составим математическую модель.

Обозначим: x_A – количество подшипников типа А, выпускаемых фирмой за неделю, x_B – количество подшипников типа В, выпускаемых фирмой за неделю.

Прибыль от выпуска подшипников типа А и типа В равна:

$$80 * x_A + 125 * x_B \text{ центов.}$$

Эту прибыль необходимо максимизировать. Беспредельному увеличению количества выпускаемых подшипников препятствуют ограничения. Ограничено время работы токарного, шлифовального и сверлильного станков в неделю. Следовательно, имеют место следующие неравенства:

а) для токарного станка $0,01 * x_A + 0,02 * x_B \leq 160$;

б) для шлифовального станка $0,02 * x_A + 0,01 * x_B \leq 120$;

в) для сверлильного станка $0,04 * x_A + 0,01 * x_B \leq 150$.

Кроме того, количество изделий – неотрицательное число, поэтому

$$x_A \geq 0, \quad x_B \geq 0.$$

Таким образом, формально наша задача оптимизации записывается так:

$$\left\{ \begin{array}{l} 80 * x_A + 125 * x_B \rightarrow \max; \\ 0,01 * x_A + 0,02 * x_B \leq 160; \\ 0,02 * x_A + 0,01 * x_B \leq 120; \\ 0,04 * x_A + 0,01 * x_B \leq 150; \\ x_A \geq 0; \\ x_B \geq 0. \end{array} \right.$$

Теперь решим эту задачу в EXCEL.

Создайте новую рабочую книгу, сохраните её под именем Optimum.xls. Введите в ячейки рабочего листа информацию, как показано на рисунке.

1	А	В	время обработки, ч			прибыль от	Г
2	Тип подшипника	количество подшипников	токарный станок	шлифовальный станок	сверлильный станок	продажи единицы	прибыль
3	А	1	0,01	0,02	0,04	80	=B3*F3
4	В	1	0,02	0,01	0,01	125	=B4*F4
5	время работы		=B\$3*C3+B\$4*C4	=B\$3*D3+B\$4*D4	=B\$3*E3+B\$4*E4		
6	всего						=СУММ(G3:G4)
7							
8	ограничения		время работы токарного станкана более (ч.)				160
9			время работы шлифовального станка не более (ч.)				120
10			время работы сверлильного станка не более (ч.)				150
11			количество подшипников А не менее				0
12			количество подшипников В не менее				0
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							

Рис. 1

Далее выберите в меню **Сервис** команду **Поиск решения**. Откроется окно диалога, показанное на рис. 1. В этом окне диалога вы должны указать свою *цель* (максимизировать прибыль), *изменяемые ячейки* (количество подшипников типа А и типа В) и *ограничения* (условия , приведённые внизу листа на рис.).

Задание цели

В поле **Установить целевую ячейку** задаётся цель, которую должен достичь поиск решения. В данном примере необходимо максимизировать прибыль (значение в ячейке G6), поэтому зададим свою цель, введя **G6** в поле **Установить целевую ячейку** и установив переключатель **Равной** в положение **Максимальному значению**.

Можно задать целевую ячейку в поле **Установить целевую ячейку**, введя в нём координаты ячейки или назначенное ей имя, либо щелкнув по ячейке в рабочем листе.

Задание переменных

На следующем шаге необходимо задать ячейки с переменными (*изменяемые ячейки*). В рассматриваемом примере это будут ячейки, расположенные в диапазоне В3:В4. Их значения могут быть изменены, и они задают количество подшипников типа А и типа В. информацию об изменяемых ячейках можно ввести, указав координаты ячеек или их имена, либо выделив ячейки в рабочем листе. Если переменные находятся не в смежных ячейках, нужно разделять изменяемые ячейки (или диапазоны) точкой с запятой. (Для ввода ссылок на несмежные ячейки можно щёлкнуть по ним при нажатой клавише Ctrl.) Вместо этого можно нажать кнопку **Предположить**, и поиск решения сам предложит изменяемые ячейки, исходя из заданной целевой ячейки.

Необходимо задать, по крайней мере, одну изменяемую ячейку, в противном случае поиску решения просто нечего делать. Изменяемые ячейки являются *влияющими ячейками* для целевой ячейки, то есть нужно задать ячейки, от которых прямо или косвенно зависит формула в целевой ячейке. Если значение целевой ячейки не зависит от изменяемых ячеек, поиск решения ничего не сможет решить.

Задание ограничений

Последний шаг, задание ограничений, является необязательным. Чтобы задать ограничения, необходимо нажать в окне диалога **Поиск решения** кнопку **Добавить** и заполнить окно диалога **Добавление ограничения**. Рис.2 показывает, как ввести ограничение на время работы токарного станка: значение в ячейке С5 должно быть меньше или равно 160 ч.(значение в ячейке G8). Ограничение состоит из трёх компонентов: ссылки на ячейку, оператора сравнения и значения ограничения. Задайте ссылку в поле **Ссылка на ячейку**, выберете оператор сравнения в открывающемся списке в середине этого окна диалога и задайте значение ограничения в поле справа. После задания ограничения нажмите кнопку **ОК** для возврата в окно диалога **Поиск решения** и нажмите кнопку **Добавить** для задания следующего ограничения.

Рис. показывает окно диалога **Поиск решения** после задания всех ограничений для нашего примера. Обратите внимание, что ограничения перечисляются в алфавитном порядке, который может не совпадать с порядком, в котором вы их определяли.

Заметьте также, что одно ограничение имеет ссылку на диапазон слева от оператора сравнения. Выражение $B3:B4 \geq 0$ говорит о том, что

значение в каждой ячейке из диапазона В3:В4 должно быть больше или равно 0.

После заполнения окна диалога **Поиск решений** нажмите кнопку **Выполнить**. Во время работы поиска решения в строке состояния появляются сообщения. Поиск решения подставляет значения в изменяемые ячейки, пересчитывает лист и затем проверяет результаты. Сравнивая полученную величину с результатами предыдущих итераций, ищет ответ на множестве значений, которые соответствует цели и удовлетворяют заданным ограничениям.

В нашем примере с рекламной компанией поиск решения находит оптимальное решение для заданной целевой ячейки при выполнении всех ограничений и выводит окно диалога, показанное на рис. Значения, отображаемые в рабочем листе, представляют собой оптимальное решение для нашей задачи. Вы можете либо оставить эти решения на листе, если установите переключатель **Сохранить найденное решение** и нажмите кнопку **ОК**, либо восстановить значения, которые содержались на листе перед активизацией поиска решения, если нажмете кнопку **Отмена** или установите переключатель **Восстановить исходные значения** и нажмите кнопку **ОК**.

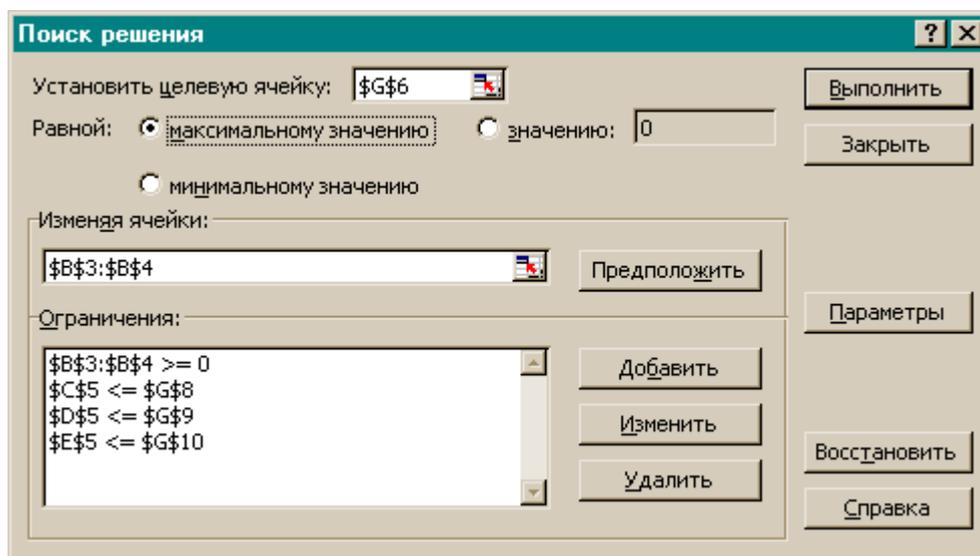


Рис. 2

ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ

Решите задачи, применив **Поиск решения**, сравните с графическим решением.

Вариант 1

Предприятие электронной промышленности выпускает две модели радиоприёмников, причем каждая модель производится на отдельной технологической линии. Суточный объём производства первой линии – 60 изделий, второй линии - 75 изделий. На радиоприёмник первой модели расходуется 10 однотипных элементов электронных схем, на радиоприёмник второй модели – 8 таких же элементов. Максимальный суточный запас используемых элементов равен 800 единицам. Прибыли от реализации одного радиоприёмника первой и второй моделей равны 30 и 20 долл. соответственно. Определите оптимальные суточные объёмы производства первой и второй моделей.

Вариант 2

Автозавод выпускает две модели: “Каприз” и (более дешёвую) “Фиаско”. На заводе работает 1000 неквалифицированных и 800 квалифицированных рабочих, каждому из которых оплачивается 40 час в неделю. Для изготовления модели “Каприз” требуется 30 час неквалифицированного и 50 час квалифицированного труда; для “Фиаско” требуется 40 час неквалифицированного и 20 час квалифицированного труда. Каждая модель “Фиаско” требует затрат в размере 500 дол. на сырьё и комплектующие изделия, тогда как каждая модель “Каприз” требует затрат в размере 1500 дол.; суммарные затраты не должны превосходить 900000 дол. в неделю. Рабочие, осуществляющие доставку, работают по пять дней в неделю и могут забрать с завода не более 210 машин в день.

Каждая модель “Каприз” приносит фирме 1000 дол. прибыли, а каждая модель “Фиаско” - 500 дол. прибыли. Какой объём выпуска каждой модели Вы бы порекомендовали? Что бы Вы порекомендовали для повышения прибыли фирмы?

Вариант 3

Фирма производит три вида продукции А, В, для выпуска каждого из которых требуется определённое время обработки на всех четырёх устройствах 1, 2, 3, 4.

Вид продукции	Время обработки, ч.				Прибыль, \$
	1	2	3	4	
А	1	3	1	2	3
В	6	1	3	3	6

Пусть время работы на устройствах – соответственно 84, 42, 21, 42 ч. Определить какую продукцию и в каких количествах следует производить.

Рынок сбыта для каждого продукта неограничен.

Вариант 4

Процесс изготовления двух видов промышленных изделий состоит в последовательной обработке каждого из них на трёх станках. Время использования этих станков для производства данных изделий ограничено 10 ч в сутки. Время обработки и прибыль от продажи одного изделия каждого вида приведены в таблице. Найдите оптимальные объёмы производства изделий каждого вида.

Изделие	Время обработки одного изделия, мин			Удельная прибыль
	Станок 1	Станок 2	Станок 3	
1	10	6	8	2 долл.
2	5	20	15	3 долл.

Вариант 5

Фирма имеет возможность рекламировать свою продукцию, используя местные радио- и телевизионную сети. Затраты на рекламу в бюджете фирмы ограничены величиной 1000 долл. в месяц. Каждая минута радиорекламы обходится в 5 долл., а каждая минута телерекламы - в 100 долл. Фирма хотела бы использовать радиосеть по крайней мере в 2 раза чаще, чем сеть телевидения. Опыт прошлых лет показал, что объём сбыта, который обеспечивает каждая минута телерекламы, в 25 раз больше сбыта, обеспечиваемого одной минутой радиорекламы. Определите оптимальное распределение финансовых средств, ежемесячно отпускаемых на рекламу, между радио- и телерекламой.

Вариант 6

Фирма производит 2 вида продукции - А и В. объём сбыта продукции вида А составляет не менее 60% общего объёма реализации продукции обоих видов. Для изготовления продукции А и В используется одно и то же сырьё, суточный запас которого ограничен величиной 100 кг.. Расход сырья на

единицу продукции А составляет 2 кг., а на единицу продукции В – 4 кг.. Цены продукции А и В равны 20 и 40 долл. соответственно. Определите оптимальное распределение сырья для изготовления продукции А и В.

Вариант 7

Средства очистки пола оценивают по следующим трём показателям:

1. очищающие свойства,
2. дезинфицирующие свойства,
3. раздражающее воздействие на кожу. Каждый из этих показателей измеряется по линейной шкале от 0 до 100 единиц.

Продукт на рынке должен иметь по крайней мере 60 единиц очищающих свойств и по крайней мере 60 единиц дезинфицирующих свойств по соответствующей шкале. При этом раздражающее воздействие на кожу должно быть минимальным. Конечный продукт должен быть смесью трёх основных очистителей, характеристики которых приводятся в таблице.

очиститель	очищающие свойства	дезинфицирующие свойства	раздражающее воздействие на кожу
А	90	30	70
В	65	85	50
С	45	70	10

Сформулировать задачу нахождения оптимальной смеси как задачу линейного программирования. Покажите, что эта задача может быть представлена графически в двухмерном пространстве, и получите таким образом решение.

Вариант 8

Сформулировать математически и решить графически следующую задачу:

Имеются три технологических процесса для выделения из руды двух нужных веществ А и В; из каждой тонны руды при применении процессов I, II, III получается, соответственно, 0.4 и 0.6; 0.6 и 0.4; 0.2 и 0.2 килограммов вещества А и В и при этом затраты составляют 5 тыс. руб. для процесса I, 6 тыс. руб. для процесса II, 1 тыс. руб. для процесса III. Определить оптимальное распределение 10 т. руды по процессам I, II, III, минимизирующее затраты, если необходимо получить не менее 3 кг каждого вещества.

Вариант 9

Фирме требуется уголь с содержанием фосфора не более 0,03 % и с долей зольных примесей не более 3,25%. Три сорта угля А, В, С доступны по следующим ценам (за 1 т):

Сорт угля	Содержание примеси фосфора, %	Содержание примеси золы, %	Цена, дол.
А	0,06	2,0	30
В	0,04	4,0	30
С	0,02	3,0	45

Как их смешивать, что получить минимальную цену и удовлетворить ограничениям на содержание примесей? Покажите, что задача может быть представлена графически в двухмерном пространстве и таким образом может быть получено решение.

Вариант 10.

Из пункта А в пункт В ежедневно отправляются пассажирские и скорые поезда. В следующей таблице указаны наличный парк вагонов разных типов, из которых ежедневно можно комплектовать данные поезда и количество пассажиров, вмещавшихся в каждом из вагонов:

Поезда	Вагоны				
	Багажн.	Почт.	Ж. Плацк.	Куп.	Мяг.
Скорый	1	1	5	6	3
Пассажирский	1	-	8	4	1
Число пассажиров	-	-	58	40	32
Парк вагонов	12	8	81	70	26

Определить оптимальное число скорых и пассажирских поездов, при которых число перевозимых пассажиров достигает максимума.

ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ

1) Производитель элементов центрального отопления изготавливает радиаторы четырех моделей. Ограничения на производство обусловленные количеством рабочей силы и количеством стальных листов, из которых изготавливаются радиаторы.

Модель радиатора	А	В	С	Д
Необходимое количество Рабочей силы, человеко-часы	0.5	1.5	2	1.5
Необходимое количество	4	2	6	8

Стального листа, м ²				
Прибыль от продажи одного Радиатора, дол.	5	5	12,5	10

Решите эту задачу с максимизацией прибыли в качестве целевой функции.

2) Фабрика производит три основных товара. Изделию типа I требуется 3 единицы сырья А и единица сырья В; оно приносит прибыль в 3 единицы. Изделию типа II требуется 4 единицы сырья А и 3 единицы сырья В; оно приносит прибыль в 6 единиц. Изделию типа III требуется единица сырья А и 2 единицы сырья В, оно приносит прибыль в 2 единицы. Найдите оптимальный план производства, если доступны всего 20 единиц сырья А и 10 единиц сырья В. Если окажется доступной еще одна единица сырья А (или В), какую наибольшую цену следует за нее платить?

3) Прибыль от изделий А, В, С составляет соответственно 3, 4, 5 единиц. Для каждого изделия требуется время использования станка I и II, которые доступны соответственно 12 и 15 ч в день:

4)

	А	В	С
I	3	2	3
II	4	1	2

Найдите оптимальный план производства. Назначьте дополнительное время использования станка I(II).

5) Фирма производит на фабрике четыре сорта изделий. Производство лимитируется временем использования станков и количеством комплектующих изделий. Известно также, что суммарное время использования станков – 90 ч в день, а комплектующих изделий может быть поставлено не более 80 в день.

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ	Изделие			
	1	2	3	4
Время использования станка, ч	1	3	8	4
Количество комплектующих изделий	2	2	1	3
Цена изделия, дол.	20	25	40	55
Доход от продажи, дол.	30	45	80	85

ТРАНСПОРТНАЯ ЗАДАЧА

Имеются n пунктов отправления и m пунктов потребления продукции. Стоимость перевозки единицы продукции с i -го пункта производства в j -й центр распределения c_{ij} приведена в таблице, где под строкой понимается пункт отправления, а под столбцом – пункт назначения. Кроме того, в этой

таблице в i -той строке указан объем запасов в i -ом пункте отправления, а в j -м столбце указана потребность в n центре распределения. Необходимо составить план перевозок по доставке требуемой продукции в пункты распределения, минимизирующий суммарные транспортные расходы.

ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ

1.

Пункты отправления Пункты назначения	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	запасы
A_1	22	38	36	50	32	125
A_2	8	35	25	30	25	250
A_3	20	40	24	28	24	225
A_4	6	30	22	40	18	220
потребности	125	175	190	150	160	800

2.

Пункты отправления Пункты назначения	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	запасы
A_1	18	22	25	26	32	150
A_2	15	12	20	25	24	120
A_3	17	10	19	27	21	100
A_4	10	14	18	22	27	130
потребности	110	100	120	90	130	

3.

Пункты отправления Пункты назначения	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	запасы
A_1	6	15	15	17	23	150
A_2	8	16	14	18	20	250
A_3	10	14	12	23	18	200
A_4	18	21	19	28	22	300
потребности	200	150	200	150	200	900

4.

Пункты отправления Пункты назначения	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	запасы
A_1	24	16	20	21	23	100

A ₂	20	8	12	14	16	110
A ₃	25	15	8	17	17	120
A ₄	22	10	12	18	18	170
потребности	90	100	110	90	110	500

5.

Пункты назначения Пункты отправления	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	запасы
A ₁	26	9	18	20	16	90
A ₂	24	10	19	21	15	120
A ₃	25	21	22	31	17	140
21	21	13	15	26	9	150
потребности	0	20	0	20	0	50

6.

Пункты назначения Пункты отправления	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	запасы
A ₁	48	12	5	16	14	120
A ₂	40	11	6	15	13	230
A ₃	37	5	9	22	11	190
A ₄	50	13	17	27	18	250
потребности	110	170	200	240	130	850

7.

Пункты назначения Пункты отправления	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	запасы
A ₁	21	45	9	12	17	300
A ₂	25	51	8	19	15	240
A ₃	20	40	12	25	8	400
A ₄	24	53	20	30	16	160
потребности	260	240	200	210	190	1100

8.

Пункты назначения Пункты отправления	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	запасы
A ₁	45	7	17	25	15	90
A ₂	38	10	23	18	12	200

A ₃	49	6	17	23	15	185
A ₄	51	18	28	22	19	130
потребности	110	130	110	140	110	600

9.

Пункты назначения Пункты отправления	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	запасы
A ₁	50	24	7	16	14	150
A ₂	40	25	17	18	8	180
A ₃	39	19	11	13	7	220
A ₄	52	23	19	20	15	100
потребности	120	80	150	220	80	650

10.

Пункты назначения Пункты отправления	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	запасы
A ₁	17	25	51	19	15	150
A ₂	15	14	38	25	20	200
A ₃	14	20	40	25	8	170
A ₄	21	24	53	30	16	130
потребности	150	100	90	150	160	650

11.

Пункты назначения Пункты отправления	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	B ₆	запасы
A ₁	16	20	8	12	14	19	120
A ₂	17	25	8	15	17	16	80
A ₃	14	20	12	8	16	15	100
A ₄	21	24	20	16	23	21	150
A ₅	19	23	17	11	20	10	250
потребности	110	100	90	90	110	200	700

12.

Пункты назначения Пункты отправления	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	B ₆	запасы
A ₁	7	16	28	9	38	14	150

A_2	15	25	38	10	12	6	300
A_3	12	9	10	15	17	22	200
A_4	8	14	15	6	33	17	90
A_5	10	13	40	13	25	15	110
потребности	90	150	110	200	250	300	1100

ЛИТЕРАТУРА

1. Банди Б. Основы линейного программирования. М.: Радио и связь, 1989г., с.176.
2. Горелик В. А. Ушаков И. А. Исследование операции. М.: Машиностроение. 1986г., с. 287.
3. Таха Х. Введение в исследование операций. Том I. М.: Мир, 1985, с. 479.
4. Хазанова Л. Э. Математические методы в экономике. М.: БЕК, 2002, с. 132.
5. Microsoft Excel 97: Справочник, - СПб.: Питер, 2000.
6. Додж. М., Кината К.,Стинсон К. Эффективная работа с Microsoft Excel 97. – СПб: Питер, 1998.
7. Нильсен Дж. Microsoft Excel 97: Справочник. – СПб.: Питер, 1999.

Котликова Вера Яковлевна

РЕАЛИЗАЦИЯ ОПТИМИЗАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ В СРЕДЕ EXCEL

Методические указания к проведению лабораторных занятий
по курсам «Теория системного анализа и принятия решений», «Системный
анализ и моделирование процессов в техносфере», «Спец. главы
информатики»
для студентов специальностей 120100,120200,120500,150100,
150200,150300,330100,030500

Редактор Н.М. Кокина

.....
Подписано к печати Формат 60*84 1/б. Бумага типа N'1
Плоская печать Усл. п. л. 2,0 Уч. – изд. л. 2,0
Заказ Тираж 100 Цена свободная
.....

Издательство Курганского государственного университета.
640669, г. Курган, ул. Гоголя, 25.
Курганский государственный университет, ризограф