

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ»

КАФЕДРА КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ПРОГРАММНОЙ ИНЖЕНЕРИИ

КУРСОВАЯ РАБОТА
ЗАЩИЩЕНА С ОЦЕНКОЙ
РУКОВОДИТЕЛЬ

доц., к.ф.-м.н., доцент
должность, уч. степень, звание

подпись, дата

Петровнина Д.В.
инициалы, фамилия

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К КУРСОВОЙ РАБОТЕ

ПЯТЬ ПРЕДПРИЯТИЙ

по дисциплине: ПРИКЛАДНЫЕ МОДЕЛИ ОПТИМИЗАЦИИ

РАБОТУ ВЫПОЛНИЛ

СТУДЕНТ ГР. № _____

подпись, дата

М.Р. Назаров
инициалы, фамилия

Санкт-Петербург 2021

Оглавление

Постановка задачи.....	3
Вариант задачи.....	3
Задание на курсовую работу.....	3
Математическая модель задачи.....	4
Поиск решения MS Excel.....	5
Создание приложения.....	6
Описание функциональных особенностей.....	6
Описание форм приложения.....	6
Тестирование приложения.....	9
Вывод.....	12
Список используемой литературы.....	13
Приложения.....	14
Приложение 1. Математическая модель задачи в письменном виде.....	14
Приложение 2. Код пользовательских форм.....	15
Приложение 3. Код главного модуля.....	18

Постановка задачи

Вариант задачи

Задача 20. Пять предприятий

Корпорация решила производить три новых изделия. Пять её предприятий имеют избыточные возможности для производства этих изделий. Общезаводские расходы на производство единицы изделия X составили бы при этом 31, 29, 32, 28 и 29 долл. Для предприятий 1, 2, 3, 4 и 5 соответственно. Расходы на производство единицы изделия Y были бы 45, 41, 46, 42 и 43 долл. соответственно, а расходы на единицу изделия Z составили бы 38,35 и 40 долл. для предприятий 1, 2 и 3 соответственно, а предприятия 4 и 5 не имеют возможности выпускать данный вид изделий. Коммерческие прогнозы указывают на то, что должно быть произведено не менее 600, 1000 и 800 единиц изделий X, Y и Z в день.

Предприятия 1, 2, 3, 4 и 5 имеют возможность производить соответственно 400, 600, 400, 600 и 1000 изделий ежедневно независимо от изделия или комбинации изделий. Любое предприятие может производить любую комбинаций изделий в любом количестве в рамках изложенных ограничений.

Управляющий корпорацией желает знать, как распределить новые изделия по предприятиям, чтобы минимизировать общезаводские расходы.

Задание на курсовую работу

1. На основе содержательной постановки построить математическую модель задачи, описав переменные, целевую функцию и ограничения.
2. Подготовить исходные данные для решения задачи с использованием надстройки «Поиск решения» MS Excel и решить её.
3. Создать приложение на выбранном вами языке программирования, играющее роль интерфейса к разработанной ранее модели и выполняющее следующие функции:
 - Пользовательский ввод параметров модели.
 - Проверка параметров модели на корректность/совместимость.
 - Считывание параметров модели из файла MS Excel, созданного во время выполнения предыдущего этапа работы.
 - Сохранение измененных/введенных параметров в тот же файл MS Excel, созданный во время выполнения предыдущего этапа работы, в соответствующие ячейки табличной модели с запросом подтверждения перезаписи предыдущих значений параметров.

Математическая модель задачи

Математическую модель задачи см. в Приложении 1. Математическая модель задачи в письменном виде

	Изделие X	Изделие Y	Изделие Z	Возможность производства
Предприятие 1	31\$	45\$	38\$	400 шт
Предприятие 2	29\$	41\$	35\$	600 шт
Предприятие 3	32\$	46\$	40\$	400 шт
Предприятие 4	28\$	42\$	—	600 шт
Предприятие 5	29\$	43\$	—	1000 шт
Всего изделий должно быть произведено	600 шт	1000 шт	800 шт	

x_1, \dots, x_5 — количество изделий X выпущенных на соответствующем предприятии, шт.

y_1, \dots, y_5 — количество изделий Y выпущенных на соответствующем предприятии, шт.

z_1, \dots, z_5 — количество изделий Z выпущенных на соответствующем предприятии, шт.

$$31x_1 + 29x_2 + 32x_3 + 28x_4 + 29x_5 + 45y_1 + 41y_2 + 46y_3 + 42y_4 + 43y_5 + 38z_1 + 35z_2 + 40z_3 \rightarrow \min$$

$$x_1 + y_1 + z_1 \leq 400$$

$$x_2 + y_2 + z_2 \leq 600$$

$$x_3 + y_3 + z_3 \leq 400$$

$$x_4 + y_4 \leq 600$$

$$x_5 + y_5 \leq 1000$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 \geq 600$$

$$y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + y_5 \geq 1000$$

$$z_1 + z_2 + z_3 \geq 800$$

$$x_1 \geq 0; x_2 \geq 0; x_3 \geq 0; x_4 \geq 0; x_5 \geq 0$$

$$y_1 \geq 0; y_2 \geq 0; y_3 \geq 0; y_4 \geq 0; y_5 \geq 0$$

$$z_1 \geq 0; z_2 \geq 0; z_3 \geq 0$$

Поиск решения MS Excel

Стоимость изделий				Возможность производства
	Изделие X	Изделие Y	Изделие Z	
Предприятие 1	31	45	38 <=	400
Предприятие 2	29	41	35 <=	600
Предприятие 3	32	46	40 <=	400
Предприятие 4	28	42	<=	600
Предприятие 5	29	43	<=	1000
	>=	>=	>=	
Всего изделий	600	1000	800	

Произведено изделий				Всего произведено на предприятиях
	Изделие X	Изделие Y	Изделие Z	
Предприятие 1	0	0	200 =	200
Предприятие 2	0		600 =	600
Предприятие 3	0	0	0 =	0
Предприятие 4	0	600	0 =	600
Предприятие 5	600	400	0 =	1000
	>=	>=	>=	
Всего изделий	600	1000	800	

общие расходы
88400

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1		Стоимость изделий						Произведено изделий						
2		Изделие X	Изделие Y	Изделие Z		Возможность производства		Изделие X	Изделие Y	Изделие Z		Всего произведено на предприятиях		
3	Предприятие 1	31	45	38 <=		400	Предприятие 1	0	0	200 =		200		общие расходы
4	Предприятие 2	29	41	35 <=		600	Предприятие 2	0		600 =		600		88400
5	Предприятие 3	32	46	40 <=		400	Предприятие 3	0	0	0 =		0		
6	Предприятие 4	28	42	<=		600	Предприятие 4	0	600	0 =		600		
7	Предприятие 5	29	43	<=		1000	Предприятие 5	600	400	0 =		1000		
8		>=	>=	>=				>=	>=	>=				
9	Всего изделий	600	1000	800			Всего изделий	600	1000	800				

Ответ:

Разделение изделий по предприятиям:

- Предприятие 1 — 200 изделий Z;
- Предприятие 2 — 600 изделий Z;
- Предприятие 3 — ничего не производит;
- Предприятие 4 — 600 изделий Y;
- Предприятие 5 — 600 изделий X, 400 изделий Y;

Общие расходы составят 88400\$

Создание приложения

Описание функциональных особенностей

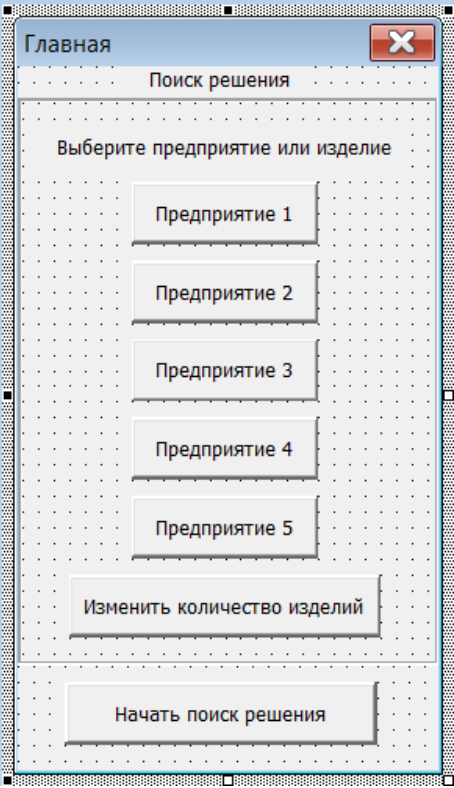
Язык программирования: Visual Basic for Applications . Язык программирования был выбран в качестве основного из-за прямой интеграции в Excel 2010

Коды элементов см. Приложение 2. Код пользовательских форм и Приложение 3. Код главного модуля.

Приложение позволяет изменить цены производства деталей на каждом из производств, изменить необходимое количество каждой произведенной детали и производственные возможности каждого из предприятий. Всего приложения может изменить 21 числовое значение исходных таблиц. Поля защищены от ввода неправильно форматированных значений (например, строк).

Изменение этих полей производится при помощи графического интерфейса — пользовательских форм.

Описание форм приложения

MainForm		<p>Отвечает за навигацию по подразделам и запуск поиска решения.</p> <p>Описание кнопок:</p> <ul style="list-style-type: none">• Предприятие 1 (CommandButton1) – Открывает форму Enterprise1;• Предприятие 2 (CommandButton2) – Открывает форму Enterprise2;• Предприятие 3 (CommandButton3) – Открывает форму Enterprise3;• Предприятие 4 (CommandButton4) – Открывает форму Enterprise4;• Предприятие 5 (CommandButton5) – Открывает форму Enterprise5;• Изменить количество изделий (CommandButton6) — открывает форму Production;• Начать поиск решения (CommandButton7) — запускает поиск решения.
----------	--	--

Enterprise1

Изменить цены и производство

Предприятие 1

Цена изделия X	31
Цена изделия Y	45
Цена изделия Z	38
Возможность производства	400

Отправить

Отвечает за изменение значений ячеек исходных таблиц.

Описание полей:

- Цена изделия X (TextBox1)— изменяет значение ячейки B3;
- Цена изделия Y (TextBox2)— изменяет значение ячейки C3;
- Цена изделия Z (TextBox3)— изменяет значение ячейки D3;
- Возможность производства (TextBox4)— изменяет значение ячейки F3.

Описание кнопок:

- Отправить (CommandButton1) — подставляет введенные изменения в таблицу и закрывает форму.

Enterprise2

Изменить цены и производство

Предприятие 2

Цена изделия X	29
Цена изделия Y	41
Цена изделия Z	45
Возможность производства	600

Отправить

Отвечает за изменение значений ячеек исходных таблиц.

Описание полей:

- Цена изделия X (TextBox1)— изменяет значение ячейки B4;
- Цена изделия Y (TextBox2)— изменяет значение ячейки C4;
- Цена изделия Z (TextBox3)— изменяет значение ячейки D4;
- Возможность производства (TextBox4)— изменяет значение ячейки F4.

Описание кнопок:

- Отправить (CommandButton1) — подставляет введенные изменения в таблицу и закрывает форму.

Enterprise3

Изменить цены и производство

Предприятие 3

Цена изделия X 32

Цена изделия Y 46

Цена изделия Z 40

Возможность производства 400

Отправить

Отвечает за изменение значений ячеек исходных таблиц.

Описание полей:

- Цена изделия X (TextBox1)— изменяет значение ячейки B5;
- Цена изделия Y (TextBox2)— изменяет значение ячейки C5;
- Цена изделия Z (TextBox3)— изменяет значение ячейки D5;
- Возможность производства (TextBox4)— изменяет значение ячейки F5.

Описание кнопок:

- Отправить (CommandButton1) — подставляет введенные изменения в таблицу и закрывает форму.

Enterprise4

Изменить цены и производство

Предприятие 4

Цена изделия X 28

Цена изделия Y 42

Возможность производства 600

Отправить

Отвечает за изменение значений ячеек исходных таблиц.

Описание полей:

- Цена изделия X (TextBox1)— изменяет значение ячейки B6;
- Цена изделия Y (TextBox2)— изменяет значение ячейки C6;
- Возможность производства (TextBox4)— изменяет значение ячейки F6.

Описание кнопок:

- Отправить (CommandButton1) — подставляет введенные изменения в таблицу и закрывает форму.

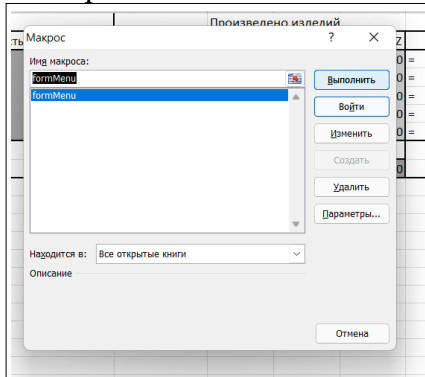
Enterprise5		<p>Отвечает за изменение значений ячеек исходных таблиц.</p> <p>Описание полей:</p> <ul style="list-style-type: none"> Цена изделия X (TextBox1)— изменяет значение ячейки B7; Цена изделия Y (TextBox2)— изменяет значение ячейки C7; Цена изделия Z (TextBox3)— изменяет значение ячейки D7; Возможность производства (TextBox4)— изменяет значение ячейки F7. <p>Описание кнопок:</p> <ul style="list-style-type: none"> Отправить (CommandButton1) — подставляет введенные изменения в таблицу и закрывает форму.
Production		<p>Отвечает за изменение значений ячеек исходных таблиц.</p> <p>Описание полей:</p> <ul style="list-style-type: none"> Всего изделий X (TextBox1)— изменяет значение ячейки B9; Всего изделий Y (TextBox2)— изменяет значение ячейки C9; Всего изделий Z (TextBox3)— изменяет значение ячейки D9. <p>Описание кнопок:</p> <ul style="list-style-type: none"> Отправить (CommandButton1) — подставляет введенные изменения в таблицу и закрывает форму.

Тестирование приложения

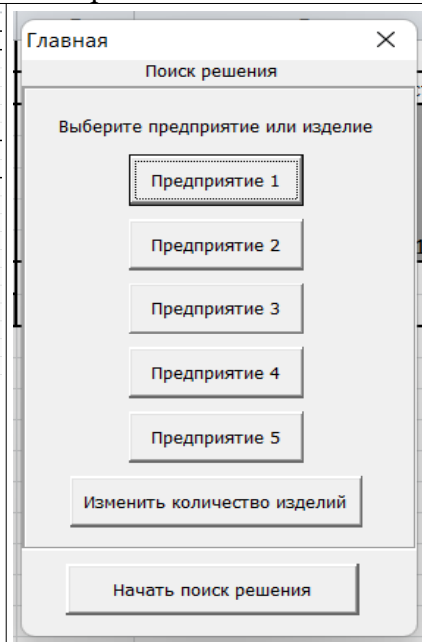
Изначальная таблица:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1		Стоимость изделий						Произведено изделий						
2		Изделие X	Изделие Y	Изделие Z		Возможность производства		Изделие X	Изделие Y	Изделие Z		Всего произведено на предприятиях		
3	Предприятие 1	31	45	38	<=	400	Предприятие 1	0	0	200	=	200		общие расходы
4	Предприятие 2	29	41	35	<=	600	Предприятие 2	0	0	600	=	600		88400
5	Предприятие 3	32	46	40	<=	400	Предприятие 3	0	0	0	=	0		
6	Предприятие 4	28	42		<=	600	Предприятие 4	0	600	0	=	600		
7	Предприятие 5	29	43		<=	1000	Предприятие 5	600	400	0	=	1000		
8		>=	>=	>=				>=	>=	>=				
9	Всего изделий	600	1000	800			Всего изделий	600	1000	800				

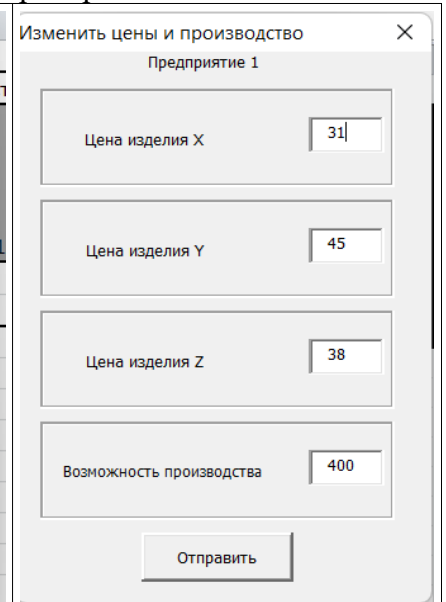
Сценарий 1. Повышение стоимости производства изделий на предприятии 1.



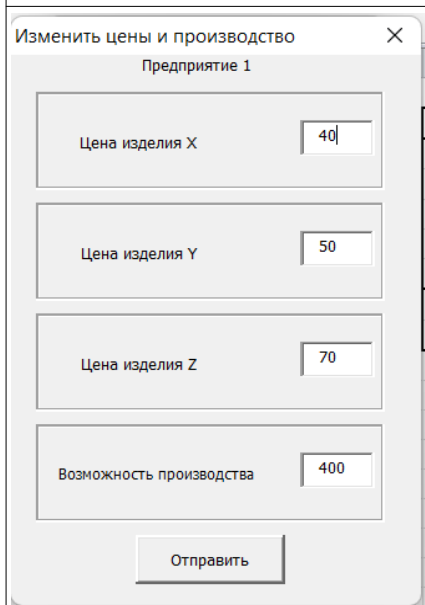
1.1 Запуск приложения при помощи макросов Excel



1.2 Выбор предприятия 1



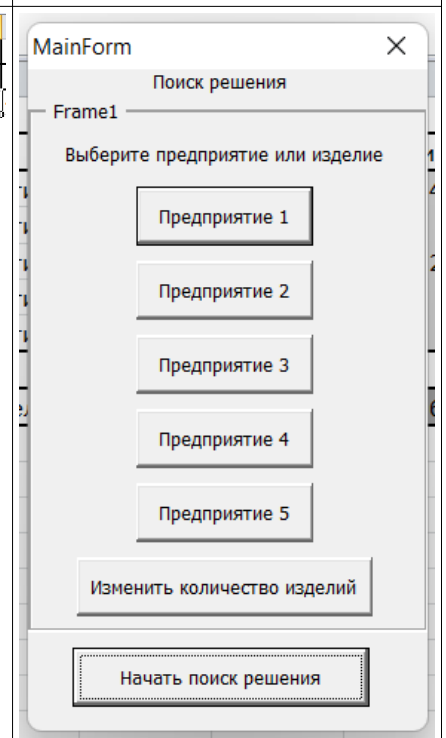
1.3 Изначальные данные таблицы



1.4 Изменение значений и отправка формы

	A	B	C	D
1		Стоимость изделий		
2		Изделие X	Изделие Y	Изделие Z
3	Предприятие 1	40	50	70

1.5 Проверка изменений формы

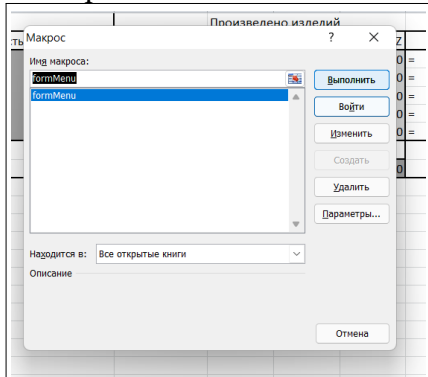


1.6. Запуск поиска решения

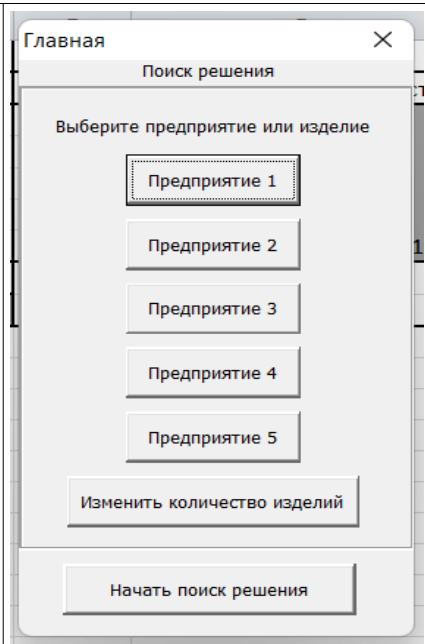
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1		Стоимость изделий						Произведено изделий						
2		Изделие X	Изделие Y	Изделие Z		Возможность производства		Изделие X	Изделие Y	Изделие Z		Всего произведено на предприятиях		
3	Предприятие 1	40	50	70	<=	400	Предприятие 1	0	0	0	=	0		общие расходы
4	Предприятие 2	29	41	35	<=	600	Предприятие 2	0	0	600	=	600		88800
5	Предприятие 3	32	46	40	<=	400	Предприятие 3	0	0	200	=	200		
6	Предприятие 4	28	42		<=	600	Предприятие 4	0	600	0	=	600		
7	Предприятие 5	29	43		<=	1000	Предприятие 5	600	400	0	=	1000		
8		>=	>=	>=				>=	>=	>=				
9	Всего изделий	600	1000	800			Всего изделий	600	1000	800				

1.7 Новое решение

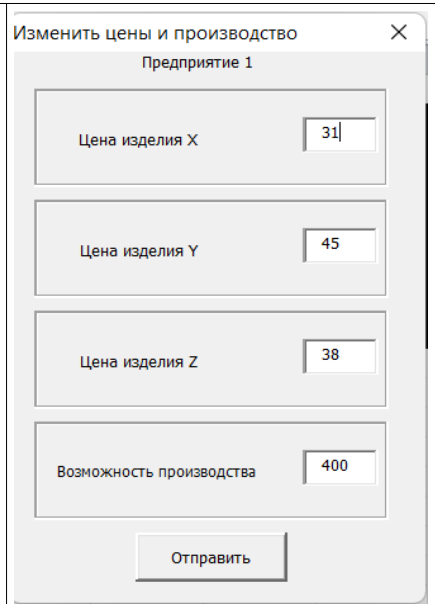
Сценарий 2. Ошибочный ввод



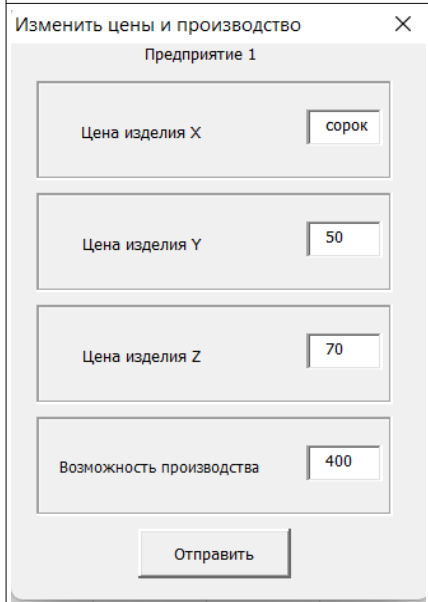
1.1 Запуск приложения при помощи макросов Excel



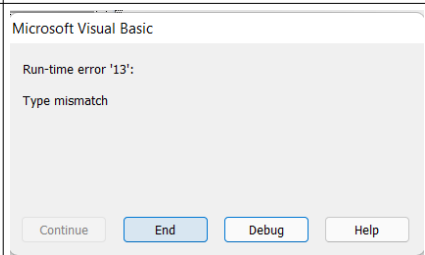
1.2 Выбор предприятия 1



1.3 Изначальные данные таблицы



1.4 Изменение значений и отправка формы



1.5 Предупреждение об ошибке

Вывод

В ходе курсовой работы были разработаны математическая модель задачи и приложение с пользовательским интерфейсом для заполнения расчетной таблиц, было найдено решение первоначально поставленной задачи:

Разделение изделий по предприятиям:

- Предприятие 1 — 200 изделий Z;
- Предприятие 2 — 600 изделий Z;
- Предприятие 3 — ничего не производит;
- Предприятие 4 — 600 изделий Y;
- Предприятие 5 — 600 изделий X, 400 изделий Y;

Общие расходы составят 88400\$

Список используемой литературы

1. Зайцев М. Г., Варюхин С. Е. Методы управления и принятия решений: примеры, задачи, кейсы: учебное пособие. – М.: Издательство «Дело» АНХ, 2008.
2. Н. Д. Берман, Н. И. Шадрина Решение задач линейного программирования в Microsoft Excel 2010 Хабаровск : Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2015. – 27 с.

Приложения

Приложение 1. Математическая модель задачи в письменном виде.

Назаров М.Р. 4936

Задача 20. Пять предприятий

Корпорация решила производить 3 новых изделия. Пять ее предприятий имеют избыточные возможности для производства этих изделий. Общезаводские расходы на производство изделий X составили бы при этом 31, 29, 32, 28 и 29 долл. для предприятий 1, 2, 3, 4 и 5 соответственно. Расходы на производство единицы изделия Y были бы 45, 41, 46, 42 и 43 долл. соответственно, а расходы на единицу изделия Z составили бы 38, 35 и 40 долл. для предприятий 1, 2, 3 соответственно, а предприятия 4 и 5 не имеют возможности выпускать данный вид изделия. Коммерческие прогнозы указывают на то, что должно быть произведено не менее 600, 1000 и 800 единиц изделий X, Y и Z в день. Предприятия 1, 2, 3, 4 и 5 имеют возможность производить соответственно 400, 600, 400 и 1000 изделий ежегодно независимо от изделий или комбинации изделий. Любое предприятие может производить любую комбинацию изделий в любых количествах в рамках указанных ограничений.

Управлению корпорацией хочется знать, как распределить новые изделия по предприятиям, чтобы минимизировать общезаводские расходы.

	Изг-е X	Изг-е Y	Изг-е Z	Возможность пр-ва
Пр-е №1	31\$	45\$	38\$	400 шт
Пр-е №2	29\$	41\$	35\$	600 шт
Пр-е №3	32\$	46\$	40\$	400 шт
Пр-е №4	28\$	42\$	-	600 шт
Пр-е №5	29\$	43\$	-	1000 шт
Всего изг-й	600 шт	1000 шт	800 шт	

x_1, \dots, x_5 - кол-во изделий X выпускаемых на соотв. предприятиях
 y_1, \dots, y_5 - кол-во изделий Y выпускаемых на соотв. предприятиях
 z_1, \dots, z_3 - кол-во изделий Z выпускаемых на соотв. предприятиях

$$\begin{aligned}
 & 31x_1 + 29x_2 + 32x_3 + 28x_4 + 29x_5 + \\
 & + 45y_1 + 41y_2 + 46y_3 + 42y_4 + 43y_5 + \\
 & + 38z_1 + 35z_2 + 40z_3 \rightarrow \min
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & x_1 + y_1 + z_1 \leq 400 \\
 & x_2 + y_2 + z_2 \leq 600 \\
 & x_3 + y_3 + z_3 \leq 400 \\
 & x_4 + y_4 \leq 600 \\
 & x_5 + y_5 \leq 1000 \\
 & x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 \geq 600 \\
 & y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + y_5 \geq 1000 \\
 & z_1 + z_2 + z_3 \geq 800
 \end{aligned}$$

$$\begin{array}{lll}
 x_1 \geq 0 & y_1 \geq 0 & z_1 \geq 0 \\
 x_2 \geq 0 & y_2 \geq 0 & z_2 \geq 0 \\
 x_3 \geq 0 & y_3 \geq 0 & z_3 \geq 0 \\
 x_4 \geq 0 & y_4 \geq 0 & \\
 x_5 \geq 0 & y_5 \geq 0 &
 \end{array}$$

Приложение 2. Код пользовательских форм

2.1 MainForm:

```
Private Sub CommandButton1_Click()  
    Dim obj2 As New Enterprise1  
    obj2.Show  
End Sub  
  
Private Sub CommandButton2_Click()  
    Dim obj3 As New Enterprise2  
    obj3.Show  
End Sub  
  
Private Sub CommandButton3_Click()  
    Dim obj4 As New Enterprise3  
    obj4.Show  
End Sub  
  
Private Sub CommandButton4_Click()  
    Dim obj5 As New Enterprise4  
    obj5.Show  
End Sub  
  
Private Sub CommandButton5_Click()  
    Dim obj6 As New Enterprise5  
    obj6.Show  
End Sub  
  
Private Sub CommandButton6_Click()  
    Dim obj6 As New Production  
    obj6.Show  
End Sub  
  
Private Sub CommandButton7_Click()  
    SolverSolve UserFinish:=False, ShowRef:="ShowTrial"  
End Sub
```

2.2 Enterprise1:

```
Private Sub CommandButton1_Click()  
    Range("B3").Value = CInt(Me.TextBox1)  
    Range("C3").Value = CInt(Me.TextBox2)  
    Range("D3").Value = CInt(Me.TextBox3)  
    Range("F3").Value = CInt(Me.TextBox4)  
    Unload Me  
End Sub  
  
Private Sub UserForm_Initialize()  
    Me.TextBox1 = Range("B3").Value  
    Me.TextBox2 = Range("C3").Value  
    Me.TextBox3 = Range("D3").Value  
    Me.TextBox4 = Range("F3").Value
```

```
End Sub
```

2.3 Enterprise2:

```
Private Sub CommandButton1_Click()  
    Range("B4").Value = CInt(Me.TextBox1)  
    Range("C4").Value = CInt(Me.TextBox2)  
    Range("D4").Value = CInt(Me.TextBox3)  
    Range("F4").Value = CInt(Me.TextBox4)  
    Unload Me  
End Sub  
  
Private Sub UserForm_Initialize()  
    Me.TextBox1 = Range("B4").Value  
    Me.TextBox2 = Range("C4").Value  
    Me.TextBox3 = Range("D4").Value  
    Me.TextBox4 = Range("F4").Value  
End Sub
```

2.4 Enterprise3:

```
Private Sub CommandButton1_Click()  
    Range("B5").Value = CInt(Me.TextBox1)  
    Range("C5").Value = CInt(Me.TextBox2)  
    Range("D5").Value = CInt(Me.TextBox3)  
    Range("F5").Value = CInt(Me.TextBox4)  
    Unload Me  
End Sub  
  
Private Sub UserForm_Initialize()  
    Me.TextBox1 = Range("B5").Value  
    Me.TextBox2 = Range("C5").Value  
    Me.TextBox3 = Range("D5").Value  
    Me.TextBox4 = Range("F5").Value  
End Sub
```

2.5 Enterprise4:

```
Private Sub CommandButton1_Click()  
    Range("B6").Value = CInt(Me.TextBox1)  
    Range("C6").Value = CInt(Me.TextBox2)  
    Range("F6").Value = CInt(Me.TextBox4)  
    Unload Me  
End Sub  
  
Private Sub UserForm_Initialize()  
    Me.TextBox1 = Range("B6").Value  
    Me.TextBox2 = Range("C6").Value  
    Me.TextBox4 = Range("F6").Value  
End Sub
```

2.6 Enterprise5:

```
Private Sub CommandButton1_Click()  
    Range("B7").Value = CInt(Me.TextBox1)
```



```
        Range("C7").Value = CInt(Me.TextBox2)
        Range("F7").Value = CInt(Me.TextBox4)
        Unload Me
End Sub

Private Sub UserForm_Initialize()
    Me.TextBox1 = Range("B7").Value
    Me.TextBox2 = Range("C7").Value
    Me.TextBox4 = Range("F7").Value
End Sub
```

2.7 Production:

```
Private Sub CommandButton1_Click()
    Range("B9").Value = CInt(Me.TextBox1)
    Range("C9").Value = CInt(Me.TextBox2)
    Range("D9").Value = CInt(Me.TextBox3)
    Unload Me
End Sub

Private Sub UserForm_Initialize()
    Me.TextBox1 = Range("B9").Value
    Me.TextBox2 = Range("C9").Value
    Me.TextBox3 = Range("D9").Value
End Sub
```

Приложение 3. Код главного модуля

Module1:

```
Option Explicit  
Sub formMenu()  
    Dim objMenu As New MainForm  
    objMenu.Show  
End Sub
```