

УДК 332:338.436.33

UDC 332:338.436.33

ЭМУЛЯЦИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРИРОДООХРАННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ В РЕГИОНАЛЬНОМ АПК

EMULATION OF TRANSPORT PROBLEMS FORENVIRONMENTAL MANAGEMENT IN REGIONAL AGRARIAN COMPLEX

Сахнюк Татьяна Ивановна
к.э.н., доцент

Sakhnyuk Tatiana Ivanovna
Cand.Econ.Sci., associate professor

Сахнюк Павел Анатольевич
к.т.н., доцент
Ставропольский государственный аграрный университет, Ставрополь, Россия

Sakhnyuk Pavel Anatolevich
Cand.Tech.Sci., associate professor
Stavropol State Agrarian University Stavropol, Russia

Крупнейшими загрязнителями атмосферы являются двигатели внутреннего сгорания. Доля выбросов загрязняющих веществ автотранспортом, например, в некоторых регионах Ставропольского края в настоящее время приближается к 80% от общего количества выбросов. В целях частичного решения указанной проблемы считаем целесообразным, использовать эмуляцию транспортной задачи в различных программных средах

The biggest polluters of the atmosphere are internal combustion engines. The share of road transport emissions, for example, in some regions of Stavropol Territory is now approaching 80% of total emissions. In order to partially solve this problem, we consider it expedient to use the emulation of the transportation problem in different software environments

Ключевые слова: ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ, МЕНЕДЖМЕНТ ПРИРОДООХРАННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Keywords: ECONOMIC AND MATHEMATICAL MODELS, MANAGEMENT OF ENVIRONMENTAL ACTIVITIES

Проблема совершенствования природоохранной деятельности в региональном АПК является сложной и многоплановой. В условиях становления и развития рыночных отношений важной составной частью управления природоохранной деятельностью в сельскохозяйственном производстве являются экономико-математические методы регулирования [4].

Невыполнение природоохранных мероприятий в промышленном и сельскохозяйственном производствах, нерациональное использование природных ресурсов, обусловили растущие темпы загрязнения окружающей среды. В атмосферу выделяется целый ряд газообразных веществ, которые изменяют состав атмосферного воздуха, приближая концентрации токсических веществ к опасным для человека, животных и растений. Кроме того управления природоохранной деятельностью в

региональном АПК позволит решить проблему муниципальных бюджетов, хотя бы частично путем администрирования экологической компоненты [3].

Например, сернистый ангидрид оказывает многостороннее общетоксическое действие на теплокровных, нарушает углеводный и белковый обмен, вызывает расстройства сердечно-сосудистой системы, легочно-сердечную недостаточность, капилляротоксикоз, нарушает деятельность почек. Токсическое воздействие сернистого ангидрида на растения выражается в подавлении скорости фотосинтеза и распаде хлорофилла, при его воздействии происходит подкисление почвы.

Крупнейшими загрязнителями атмосферы являются двигатели внутреннего сгорания. Доля выбросов загрязняющих веществ автотранспортом, например, в некоторых регионах Ставропольского края в настоящее время приближается к 80% от общего количества выбросов.

В целях частичного решения указанной проблемы считаем целесообразным, наряду с мероприятиями по соблюдению госстандартов токсичности и дымности отработанных газов и так далее, использовать инновационные пути с применением экономико-математических моделей планирования природопользования, при котором количество выбросов в окружающую среду будет наименьшим [1,2].

1. Модель транспортной задачи

Пусть имеется m пунктов поставки груза и n пунктов потребления,

a_i - количество единиц груза в i -м пункте отправления ($i = \overline{1, m}$);

b_j - потребность в j -м пункте назначения ($j = \overline{1, n}$);

c_{ij} - расстояние от i -го пункта до j -го.

Требуется составить такой план перевозок груза, при котором общий грузооборот будет минимальным.

Обозначив через X_{ij} количество единиц груза, планируемого для перевозки из i - го пункта в j - й, представим исходные данные задачи в виде таблицы 1.

Таблица 1 - Исходные данные транспортной задачи

Потребители Поставщики	V_1	V_2	...	V_n	Запасы (объемы отправления)
A_1	C_{11} X_{11}	C_{12} X_{12}	...	C_{1n} X_{1n}	a_1
A_2	C_{21} X_{21}	C_{22} X_{22}	...	C_{2n} X_{2n}	a_2
...
A_m	C_{m1} X_{m1}	C_{m2} X_{m2}	...	C_{mn} X_{mn}	a_m
Потребность	b_1	b_2	...	b_n	

Математическая формулировка представленной транспортной задачи имеет следующий вид (закрытая модель).

$$Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij} X_{ij} \rightarrow \min$$

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^n X_{ij} = a_{i,j}, \quad i = \overline{1, m}; \\ \sum_{i=1}^m X_{ij} = b_j, \quad j = \overline{1, n}; \\ \sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j; \\ X_{ij} \geq 0, \quad i = \overline{1, m}, \quad j = \overline{1, n}. \end{cases} \quad (1)$$

На рисунке 1 представлена экранная форма получения решения транспортной задачи с помощью надстройки «Поиск решения», предназначенной для поиска решений уравнений и задач оптимизации.

F15		fx =СУММПРОИЗВ(С3:Е6;С12:Е15)						
	В	С	Д	Е	Ф	Г	Н	
1	ПЕРЕМЕННЫЕ				ОГРАНИЧЕНИЯ			
2	целые	Xi1	Xi2	Xi3	Лев.Часть	Знак	Прав.Часть	
3	X1j	0	0	25	25 =		25	
4	X2j	0	50	0	50 =		50	
5	X3j	35	0	0	35 =		35	
6	X4j	10	40	25	75 =		75	
7	Лев.Часть	45	90	50				
8	Знак	=	=	=			185	
9	Прав.Часть	45	90	50		185	БАЛАНС	
10								
11	ТАРИФЫ	Xi1	Xi2	Xi3				
12	X1j	4	6	7				
13	X2j	1	3	55	цФ			
14	X3j	5	19	12	Значение	Напрвление		
15	X4j	11	13	16	1530	min		
16								

Рисунок 1 - Экранная форма после получения решения транспортной задачи в Excel

На рисунке 2 представлена экранная форма получения решения транспортной задачи в программе компьютерной математики Mathcad.

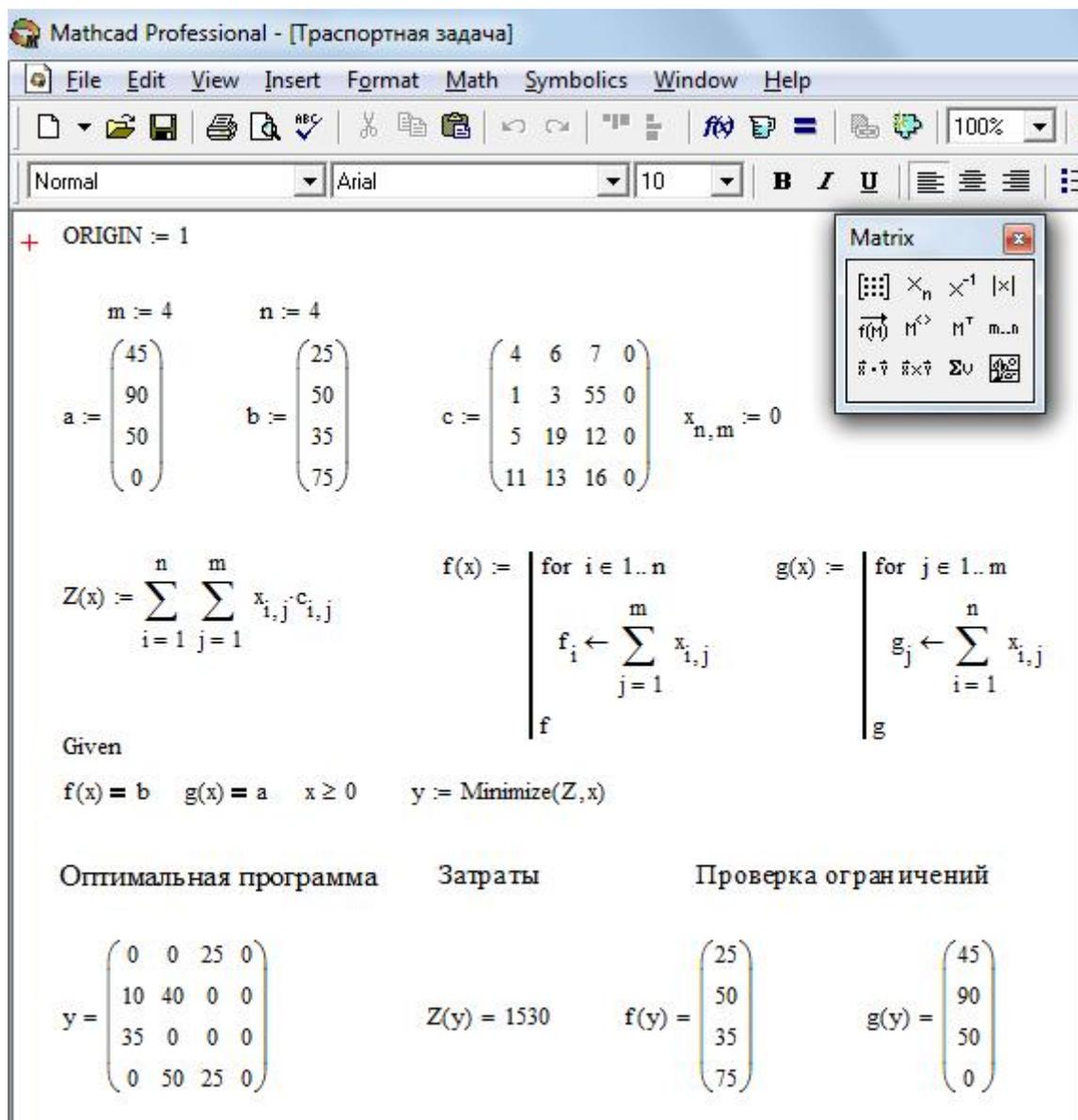


Рисунок 2 - Экранная форма после получения решения задачи в Mathcad

Результаты решения транспортной задачи в Excel и Mathcad совпадают.

2. Задача оптимального распределения автомобилей на маршрутах

Рассмотрим процесс перевозок грузов от предприятия к потребителям. Так как за цель оптимизации может быть принята минимизация всех имеющихся затрат, то целевая функция будет иметь вид:

$$F = \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} C_{ij} \cdot X_{ij} \rightarrow \min, \quad (2)$$

где i, I – номер и множество автомобилей;

j, J – номер и множество маршрутов;

C_{ij} – затраты при перевозке грузов для автомобиля i на маршруте j ;

$$X_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если автомобиль } i \text{ назначен на маршрут } j \\ 0, & \text{в противном случае} \end{cases}$$

Ограничения задачи имеют вид:

1) по каждому заранее установленному маршруту направляется только один автомобиль

$$\sum_{i \in I} X_{ij} = 1, \quad j \in J;$$

(3)

2) каждый автомобиль направляется только на один заранее установленный маршрут

$$\sum_{j \in J} X_{ij} = 1, \quad i \in I;$$

(4)

3) грузоподъемность автомобиля должна быть не меньше заказа

$$\sum_{j \in J} X_{ij} \cdot Z_j \leq M_i, \quad i \in I; \quad (5)$$

где M_i – грузоподъемность автомобиля i ; Z_j – заказ на маршруте j .

Задача (2) – (5) представляет собой частный случай транспортной задачи, когда и предложение в каждом исходном пункте и спрос в каждом пункте назначения равны одной и той же величине: 1. Такая задача называется задачей о назначениях. При этом, если условие (5) не выполняется для каких-то i, j , то следует положить соответствующую величину C_{ij} равной очень большому числу.

Рассмотрим в качестве примера случай, когда имеется 4 автомобилей и 4 маршрутов, для которых получена матрица затрат (табл. 2):

Таблица 2 - Матрица затрат

$i \downarrow \backslash$ $j \rightarrow$	1	2	3	4
1	12 (X_{11})	8 (X_{12})	10 (X_{13})	12 (X_{14})
2	4 (X_{21})	13 (X_{22})	10 (X_{23})	7 (X_{24})
3	9 (X_{31})	8 (X_{32})	12 (X_{33})	11 (X_{34})
4	17 (X_{41})	16 (X_{42})	12 (X_{43})	6 (X_{44})

$$F = 12 X_{11} + 8 X_{12} + 10 X_{13} + 12 X_{14} + 4 X_{21} + 13 X_{22} + 10 X_{23} + 7 X_{24} + 9 X_{31} + 8 X_{32} + 12 X_{33} + 11 X_{34} + 17 X_{41} + 16 X_{42} + 12 X_{43} + 6 X_{44} \rightarrow \min; \quad (6)$$

$$X_{11} + X_{12} + X_{13} + X_{14} = 1; \quad (7)$$

$$X_{21} + X_{22} + X_{23} + X_{24} = 1; \quad (8)$$

$$X_{31} + X_{32} + X_{33} + X_{34} = 1; \quad (9)$$

$$X_{41} + X_{42} + X_{43} + X_{44} = 1; \quad (10)$$

$$X_{11} + X_{21} + X_{31} + X_{41} = 1; \quad (11)$$

$$X_{12} + X_{22} + X_{32} + X_{42} = 1; \quad (12)$$

$$X_{13} + X_{23} + X_{33} + X_{43} = 1; \quad (13)$$

$$X_{14} + X_{24} + X_{34} + X_{44} = 1; \quad (14)$$

Задача о назначениях может быть решена в Excel, но удобнее решать такую задачу в системе компьютерного моделирования Matlab. Так как задача о назначениях – частный случай транспортной задачи, то ее решение в системе Matlab осуществим посредством процедуры

$$[x, fval] = \text{linprog}(f, [], [], Aeq, beq, lb)$$

Наберем матрицу затрат C (рис. 3), затем выполним операцию

$$f = \text{reshape}(C', 1, 16)$$

```
Command Window
>> C=[12 8 10 12;
4 13 10 7;
9 15 12 11;
17 16 12 6]

C =

    12     8    10    12
     4    13    10     7
     9    15    12    11
    17    16    12     6

>> f = reshape(C', 1, 16)

f =

Columns 1 through 12
    12     8    10    12     4    13    10     7     9    15    12    11

Columns 13 through 16
    17    16    12     6
```

Рисунок 3 – Ввод матрицы C и выполнение оператора $f = \text{reshape}(C', 1, 16)$

Матрицу A_{eq} можно получить посредством операций:

$$d = \text{ones}(1,4)$$

$$A_{eq} = [\text{blkdiag}(d, d, d, d); \text{diag}(d) \text{diag}(d) \text{diag}(d) \text{diag}(d)]$$

Операции $\text{blkdiag}(d, d, d, d)$ строят часть матрицы A_{eq} , соответствующую условиям (7) – (10), операции $\text{diag}(d) \text{diag}(d) \text{diag}(d) \text{diag}(d)$ – условиям (11) – (14).

```

Command Window
>> d = ones(1,4)

d =

     1     1     1     1

>> Aeq = [blkdiag(d, d, d, d);diag(d) diag(d) diag(d) diag(d)]

Aeq =

Columns 1 through 12

     1     1     1     1     0     0     0     0     0     0     0     0
     0     0     0     0     1     1     1     1     0     0     0     0
     0     0     0     0     0     0     0     0     1     1     1     1
     0     0     0     0     0     0     0     0     0     0     0     0
     1     0     0     0     1     0     0     0     1     0     0     0
     0     1     0     0     0     1     0     0     0     1     0     0
     0     0     1     0     0     0     1     0     0     0     1     0
     0     0     0     1     0     0     0     1     0     0     0     1

Columns 13 through 16

     0     0     0     0
     0     0     0     0
     0     0     0     0
     1     1     1     1
     1     0     0     0
     0     1     0     0
     0     0     1     0
     0     0     0     1
    
```

Рисунок 4 – Ввод матрицы Aeq

Свободным членам системы условий и условию неотрицательности переменных соответствуют векторы:

$$beq = [ones(1, 8)]$$

$$lb = [zeros(1,16)]$$

```

Command Window

>> beq = [ones(1, 8)]

beq =

     1     1     1     1     1     1     1     1

>> lb = [zeros(1,16)]

lb =

Columns 1 through 12

     0     0     0     0     0     0     0     0     0     0     0     0

Columns 13 through 16

     0     0     0     0
    
```

Рисунок 5 – Ввод операторов $beq = [ones(1, 8)]$ и $lb = [zeros(1,16)]$

Для контроля набранных значений полезно набрать в основном окне команду `spy(Aeq)`. Тогда получим визуальное изображение расположения ненулевых элементов (рис. 3): $nz = 32$. По горизонтальной оси откладывается номер переменной, по вертикальной номер уравнения.

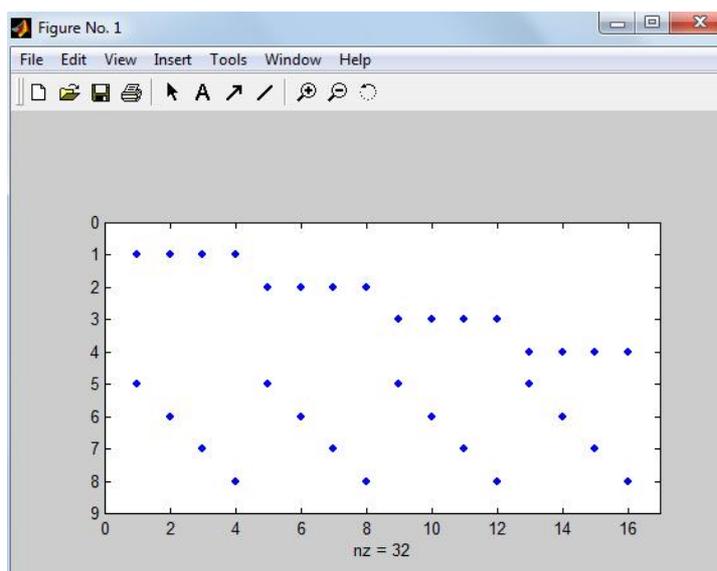


Рисунок 6 - Визуальное изображение расположения ненулевых элементов

Из рисунка 6, например,

следует, что в 1-е уравнение входят переменные $x_1 \dots x_4$.

Далее, выполняя процедуру $[x, fval] = \text{linprog}(f, [], [], Aeq, beq, lb)$ получим вектор x значений переменных x_k ($k = 1, \dots, 16$) и значение f (в процедуре `fval`) равное 30. Для удобства чтения полученных значений выполним затем операцию $X = \text{reshape}(x, 4, 4)$.

```

Command Window

>> spy(Aeq)
>> [x, fval] = linprog(f, [], [], Aeq, beq, lb)
Optimization terminated successfully.

x =

    0.0000
    1.0000
    0.0000
    0.0000
    1.0000
    0.0000
    0.0000
    0.0000
    0.0000
    0.0000
    0.0000
    1.0000
    0.0000
    0.0000
    0.0000
    0.0000
    1.0000

fval =

    30.0000

>> X = reshape(x, 4, 4)

X =

    0.0000    1.0000    0.0000    0.0000
    1.0000    0.0000    0.0000    0.0000
    0.0000    0.0000    1.0000    0.0000
    0.0000    0.0000    0.0000    1.0000
    
```

Рисунок 7 - Результаты расчета по процедуре [x, fval] после преобразования массива решений в матрицу

Полученные результаты, представленные на рис. 7, означают: $X_{21} = X_{12} = X_{33} = X_{44} = 1$ т.е., 2-й автомобиль следует направить по 1 маршруту, 1-й автомобиль – по 1 маршруту, 3-й автомобиль – по 3 маршруту, 4-й автомобиль – по 4 маршруту.

На рисунке 8 представлена экранная форма получения решения задачи о назначениях в программе компьютерной математики Mathcad.

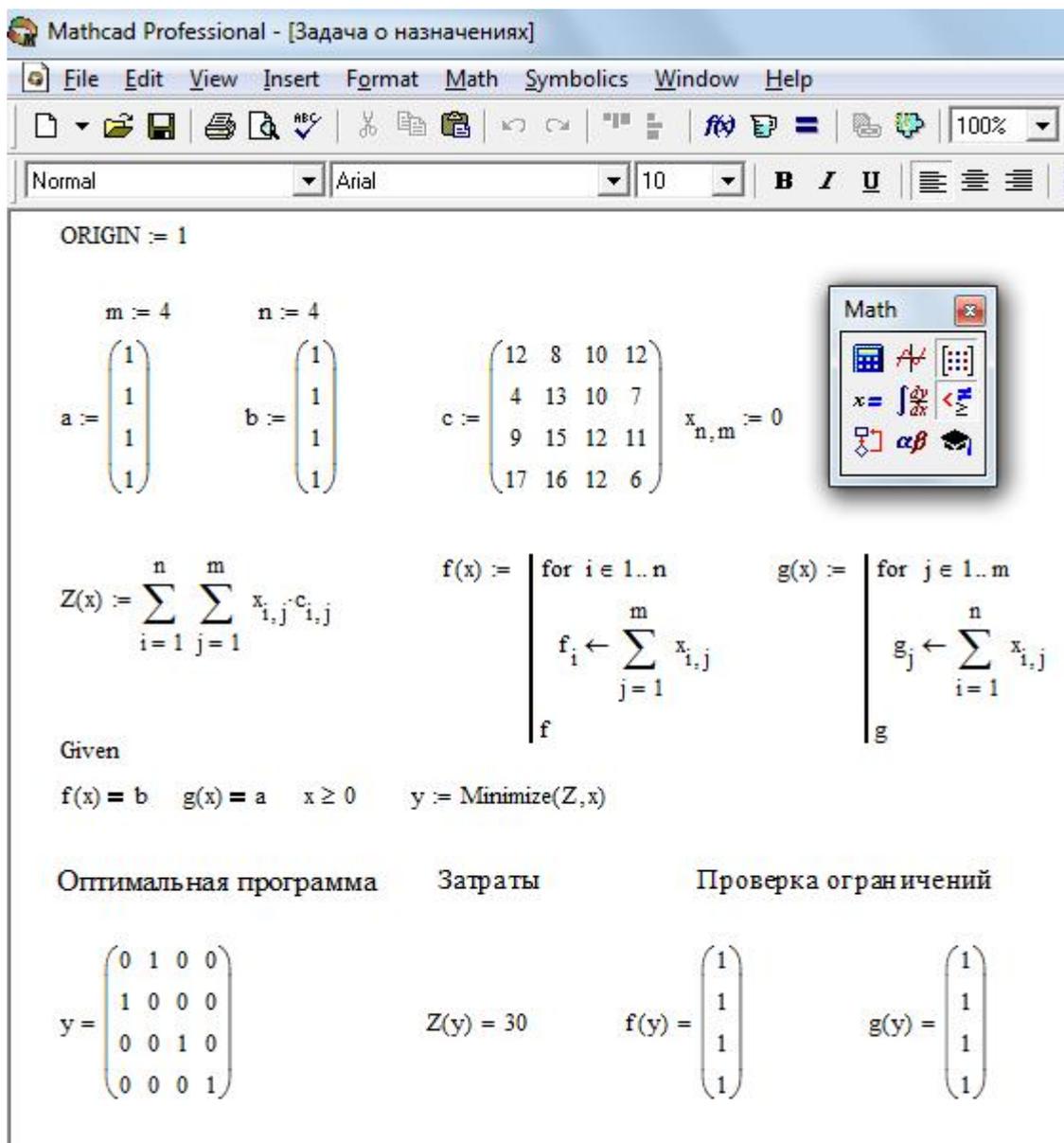


Рисунок 8 - Экранная форма после получения решения задачи о назначениях в Mathcad

Решение задачи о назначениях в программе компьютерной математики Mathcad более компактно. Конечно же, результаты решения задачи о назначениях в среде программирования Matlab и компьютерной математики Mathcad совпадают.

В заключении отметим, что рассмотренная в статье эмуляция транспортной задачи в различных программных средах, на наш взгляд,

позволяют повысить эффективность управления природоохранной деятельностью в региональном АПК.

Литература:

1. Байдаков А.Н., Назаренко А.В. Сценарное прогнозирование в управлении аграрными экономическими системами / А.Н. Байдаков, А.В. Назаренко // Вестник Института дружбы народов Кавказа, №4(20), 2011
2. Беликова И.П., Сахнюк Т.И. Исследование проблем инновационного развития экономики России / И.П. Беликова, Т.И. Сахнюк // Научно-исследовательский журнал «Вестник» №3(28). – Ставрополь: изд-во ГОУ ВПО «Северо-Кавказский государственный технический университет», 2011. – С. 219-224.
3. Левушкина С.В. Пути совершенствования бюджетной и налоговой системы на муниципальном уровне / С.В. Левушкина // Ученые записки Российского государственного социального университета: Москва. – 2010. – № 6 (69).
4. Сахнюк Т.И., Сахнюк П.А., Левушкина С.В. Управление природоохранной деятельностью в региональном АПК на основе методов экономико-математического моделирования / Т.И. Сахнюк, П.А. Сахнюк, С.В. Левушкина // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. - Краснодар: КубГАУ, 2011. - №72(08). - Шифр Информрегистра: 0421100012\0319. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2011/08/pdf/40.pdf>