

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Московский государственный университет
геодезии и картографии

Экономико-математические методы и модели:

методические указания по выполнению контрольной работы

Москва
МИИГАиК
2020

Рецензенты:

доцент, доктор пед. наук **М.В. Литвиненко** (МИИГАиК);
доктор экон. наук **М.А. Шушкин** (НИУ ВШЭ)

Составители: Изотова Т.Г., Забаева М.Н.

Экономико-математические методы и модели: методические указания по выполнению контрольной работы: учебно-методическое пособие. — М.: МИИГАиК, 2020.— 28 с.

Представленные задания для выполнения контрольной работы по курсу «Экономико-математические методы и модели» имеют практическую направленность и значимость. Формируемые в процессе практических занятий умения и навыки могут быть использованы студентами в будущей профессиональной деятельности.

Для студентов заочной формы обучения по направлению подготовки 21.03.02 Землеустройство и кадастры.

Электронная версия учебно-методического пособия размещена на сайте библиотеки МИИГАиК <http://library.miiigaik.ru>.

Содержание

	<i>стр.</i>
1. Требования к знаниям и умениям студента по результатам самостоятельной учебно-познавательной деятельности в ходе выполнения работы	4
2. Условия оценивания контрольной работы	5
3. Задания для контрольной работы	6
4. Методические указания по выполнению контрольной работы	8
5. Методические указания по оформлению контрольной работы	22
6. Вопросы для самоконтроля	22
7. Рекомендуемые информационные источники	23
8. Приложения	25
Приложение А. Титульный лист работы	25
Приложение Б. Содержание работы	26

1. Требования к знаниям и умениям студента по результатам самостоятельной учебно-познавательной деятельности в ходе выполнения работы

По результатам самостоятельной учебно - познавательной деятельности в ходе выполнения контрольной работы студент должен:

ЗНАТЬ	Теоретические аспекты линейного программирования: Сущность линейного программирования, методы линейного программирования, в частности, метод потенциалов решения транспортной задачи
УМЕТЬ	Применять метод потенциалов при решении транспортной задачи линейного программирования Применять средства MS Excel в решении экономико – математических задач

2. Условия оценивания контрольной работы

Порядок допуска к защите контрольной работы во время очных занятия на сессии:

<i>Результат проверки</i>	<i>Действия студента</i>
Работа допущена к защите без исправлений	Сделав исправления в работе, где это указано преподавателем, студент не присылает повторно работу на проверку, а приносит исправленную работу на очные занятия в распечатанном виде для защиты.
Работа допущена к защите с исправлениями	Сделав исправления в работе, где это указано преподавателем, студент присылает работу на проверку повторно , до тех пор, пока работа не будет допущена к защите без исправлений или с незначительными исправлениями.
Работа не допущена к защите	Сделав исправления в работе, где это указано преподавателем, студент присылает работу на проверку повторно , до тех пор, пока работа не будет допущена к защите без исправлений или с незначительными исправлениями.

Выполненная контрольная работа высылается преподавателю **izotova@feut.ru**. Преподаватель подтверждает получение письма от студента, оценивает работу и уведомляет студента о результатах проверки.

Допущенная к защите контрольная работа защищается студентом на очных занятиях во время сессии и оценивается преподавателем.

Студент, выполнивший работу:

а) в срок и на высоком теоретическом и прикладном уровне, аттестуется с оценкой «отлично»;

б) в срок, но не проявивший высокий уровень аналитической работы, аттестуется с оценкой «хорошо»;

в) с нарушением срока и/или не показавший умения применять теоретические знания на практике, аттестуется с оценкой «удовлетворительно».

Студент, не выполнивший работу, аттестуется с оценкой «неудовлетворительно».

3. ЗАДАНИЕ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Контрольная работа включает выполнение задания на тему:

«Применение метода потенциалов для решения транспортной задачи линейного программирования»

Исходные данные для вычисления □:

Варианты приведены в таблице 1

Задача. Известны запасы трех фермерских хозяйств – поставщиков кормов a_i , $i = 1, 2, 3$ и потребности b_j , $j = 1, 2, 3$ трех потребителей – животноводческих комплексов. Задана матрица C цен перевозок (транспортных издержек):

$$C = \begin{bmatrix} 7 & 1 & 9 \\ 3 & 7 & 6 \\ 8 & 9 & 7 \end{bmatrix}$$

Найти оптимальный план перевозок, как с применением метода потенциалов решения транспортной задачи, так и с помощью средств MS Excel.

Таблица 1 – Таблица формирования вариантов:

0	45	27	94
1	30	40	91
2	22	35	66
3	65	29	41
4	34	27	20
5	67	92	57
6	85	62	34
7	56	24	15
8	47	89	53
9	77	38	57

По предпоследней цифре зачетной книжки выбираются a_i , а по последней цифре - b_j [6].

Например, последние две цифры номера зачетной книжки = 76.

Следовательно, из таблицы 1 исходные данные для выполнения задания будут выглядеть следующим образом:

$$a_i = 56, 24, 15$$

$$b_j = 85, 62, 34$$

4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Содержание задания

Формулировка задачи

В муниципальном образовании имеется 3 земельных участка, которые необходимо засеять различными объемами овса (30, 40, 50 ед. соответственно). В этом же муниципальном образовании есть 3 склада с различными запасами овса (20, 40, 60 ед. соответственно). Необходимо разработать такой план перевозок овса к участкам, чтобы затраты на транспортировку были минимальны.

Матрица цен на перевозки из склада i к участку j :

$$C_{ij} = \begin{pmatrix} 5 & 3 & 1 \\ 3 & 2 & 4 \\ 4 & 1 & 2 \end{pmatrix}$$

Необходимо разработать такой план перевозок овса к участкам, чтобы затраты на транспортировку были минимальны. Исходные данные представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Исходные данные для примера

Участки/ Склады	1	2	3	Запасы овса на складе
1	5	3	1	20 ед.
2	3	2	4	40 ед.
3	4	1	2	60 ед.
Потребность участка	30 ед.	40 ед.	50 ед.	120

Обозначения, используемые в данной задаче:

a_i – количество ед. овса вывозимых со склада i , где $i=1,2,..m$

b_j – количество ед. овса ввозимых на участок j , где $j=1,2,\dots,n$

x_{ij} – количество ед. овса привезенных со склада i на участок j

c_{ij} – транспортные расходы на перевозку со склада i на участок j

$F(x)$ – транспортные расходы на перевозку (целевая функция)

Экономико – математическая модель задачи

Задача состоит в том, чтобы найти оптимальный план перевозок, при котором затраты на транспортировку всех перевозок были минимальны, то есть целевая функция должна стремиться к минимуму.

$$F(x) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \rightarrow \min$$

При этом должен выполняться ряд ограничений:

Ограничения по запасам у каждого из поставщиков

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i$$

Выполним вычисления для нашего случая:

$$20 + 40 + 60 = 120$$

Ограничения по потребностям каждого из потребителей

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j$$

Выполним вычисления для нашего случая:

$$30 + 40 + 50 = 120$$

Ограничения по неотрицательности неизвестных

$$x_{ij} \geq 0$$

$$i=1,2,\dots,m; \quad j=1,2, \dots,n$$

Наиболее простым и распространенным методом решения транспортной задачи является метод потенциалов. Для его использования необходимо выполнение следующих условий:

- 1) все ограничения должны быть представлены в виде строгих равенств (за исключением требования неотрицательности переменных)
- 2) суммарные запасы поставщиков должны быть равны суммарным потребностям, то есть задача должна быть закрытой транспортной задачей

Итак, транспортная задача может быть двух видов: открытой или закрытой. Закрытой транспортная задача является в случае выполнения следующего условия:

$$\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j$$

то есть при равных запасах и потребностях. В противном случае задача является открытой. Пусть общая сумма запасов превышает общую сумму потребностей на величину v . Мы можем добавить фиктивного потребителя, приписав ему потребность v .

Аналогичным образом, вводят фиктивного поставщика. При этом возникают фиктивные коммуникации и соответствующие им переменные принято называть дополнительными, так как по фиктивным коммуникациям транспортировка грузов отсутствует [6],

то есть $c_{ij}=0$.

Условия экономико-математической модели образуют систему из $m+n$ линейных уравнений. С учетом

$$\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j$$

в этой системе независимых уравнений $m+n-1$. А число искомым неизвестных mn , отсюда следует при $m>1$ и $n>1$, число неизвестных больше числа независимых уравнений:

$$mn - (m+n-1) = (n-1)(m-1) > 0$$

Следовательно, система уравнений имеет множество решений, каждое из которых называется допустимым планом.

Допустимый план, содержащий не более $m+n-1$ ненулевых переменных X_{ij} , называется базисным планом, а отличные от нуля переменные составляют базис системы и называются базисными переменными [5].

Оптимальный план следует искать только среди базисных планов.

Решение транспортной задачи осуществляется последовательными приближениями (итерациями). Каждая итерация - это целенаправленный переход от одного плана к другому, обеспечивающий достижение оптимума [6].

Данная задача относится к задаче *линейного программирования (ЛП)*. Термин «линейное программирование» возник в результате неточного перевода с англ. «linear programming». Одно из значений «programming» - планирование. Следовательно, ЛП - это «планирование на основе линейных соотношений».

В методе потенциалов каждому поставщику ставят в соответствие число a_i , $i=1,2,3,\dots,m$, а каждому потребителю – число β_j , $j=1,2,3,\dots,n$

и вычисляют условные цены:

$$c'_{ij}=a_i+\beta_j,$$

где

c'_{ij} -условная цена,

т.е каждому переменному соответствует своя условная цена.

Числа a_i и β_j называются потенциалами.

Условия оптимальности плана !!!:

$$\text{Для всех базисных переменных: } c'_{ij} = c_{ij} \quad (1)$$

$$\text{Для всех внебазисных переменных: } \delta_{ij} = c'_{ij} - c_{ij} \leq 0 \text{ при } F(x) \rightarrow \min \quad (2)$$

$$\text{Для всех внебазисных переменных: } \delta_{ij} = c'_{ij} - c_{ij} \geq 0 \text{ при } F(x) \rightarrow \max \quad (3)$$

Алгоритм решения транспортной задачи методом потенциалов:

1. формирование исходного (произвольного) базисного плана и вычисление F ;
2. расчет потенциалов, удовлетворяющих условию (1) для базисных переменных;
3. вычисление условных цен c'_{ij} ;
4. проверка плана на оптимальность (соблюдение условий 2 -3 для всех внебазисных переменных);
5. если план оптимален, переход к Шагу 8;

6. формирование нового улучшенного базисного плана: выявление неизвестного, вводимого в базис, определение цикла пересчета плана, определение константы пересчета и выявление неизвестного, выводимого из базиса, пересчет плана и вычисление F ;

7. переход к Шагу 2;

8. решение задачи окончено.

Решение транспортной задачи методом потенциалов

1. Формирование исходного базисного плана и вычисление F (шаг 1)
(таблице 2).

Формирование исходного базисного плана будет производиться с помощью *метода минимального элемента*, суть которого сводится к следующему.

Просматриваются тарифы таблицы и, в первую очередь, заполняется клетка с минимальным значением тарифа. При этом в клетку записывается максимально возможное значение поставки. Затем из рассмотрения исключают строку, соответствующую поставщику, запасы которого полностью израсходованы, или столбец, соответствующий потребителю, спрос которого полностью удовлетворен. После этого из оставшихся клеток таблицы снова выбирают клетку с наименьшим тарифом. Процесс распределения заканчивается, когда все запасы поставщиков исчерпаны, а спрос потребителей полностью удовлетворен.

Таблица 2 - Исходный базисный план

Участки/ Склады	1	2	3	a_i	α
1	5 0	3 0	1 1	20	0
	—	—	20		
2	3 3	2 3	4 4	40	3
	30	—	10		
3	4 1	1 1	2 2	60	1
	—	40	20		
b_j	30	40	50	120	
F	0	0	1	$F(x) = 230$	

Пояснение к таблице 2:

В полях закрашенных зеленым - c_{ij} , в полях, закрашенных серым - c'_{ij} .

2. Расчет потенциалов (шаг 2 алгоритма) :

Обычно потенциал первого поставщика (в данном случае склада) принимают равным нулю ($\alpha_1=0$). Остальные потенциалы рассчитываются по формуле:

$$\beta_j = c'_{ij} - \alpha_i ;$$

$$\alpha_i = c'_{ij} - \beta_j,$$

где в правых частях – цены заполненных клеток и потенциалы, которые к данному моменту вычислений уже известны

В базисных клетках $c'_{ij} = c_{ij}$

В небазисных клетках $c'_{ij} = \alpha_i + \beta_j$

$$c'_{13} = c_{13} = \beta_3 = 1 ; \alpha_1 = 0$$

$$c'_{21} = c_{21} = 3 \beta_1 = 0 ; \alpha_2 = 3$$

$$c'_{23} = c_{23} = 4 \beta_3 = 1 ; \alpha_2 = 3$$

$$c'_{32} = c_{32} = 1 \beta_2 = 0 ; \alpha_3 = 1$$

$$c'_{33} = c_{33} = 2 \beta_3 = 1 ; \alpha_3 = 1$$

$$F(x) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} = 20 * 1 + 30 * 3 + 10 * 4 + 40 * 1 + 20 * 2 = 230 \text{ ед.}$$

3. Вычисление условных цен

Зная все потенциалы, можем перейти к шагу 3 и вычислить условные цены для незаполненных клеток по формуле ($c'_{ij} = \alpha_i + \beta_j$). Условные цены в таблице 2-3 указаны в клетках серого цвета.

$$c'_{11} = 0 + 0 = 0$$

$$c'_{12} = 0 + 0 = 0$$

$$c'_{22} = 0 + 3 = 3$$

$$c'_{31} = 0 + 1 = 1$$

4. Проверка плана на оптимальность (шаг 4). Решаем задачу на минимум, поэтому

условия оптимальности плана:

для базисных переменных (заполненных клеток): $c'_{ij} = c_{ij}$

для небазисных переменных: $\delta_{ij} = c'_{ij} - c_{ij} \leq 0$ при $F(x) \rightarrow \min$

$$\delta_{11} = c'_{11} - c_{11} = 0 - 5 = -5$$

$$\delta_{12} = c'_{12} - c_{12} = 0 - 3 = -3$$

$$\delta_{22} = c'_{22} - c_{22} = 3 - 2 = 1$$

$$\delta_{31} = c'_{31} - c_{31} = 1 - 4 = -3$$

6. формирование нового улучшенного базисного плана

Так как среди значений δ нарушено условие оптимальности (есть положительное значение δ_{22}), следовательно данный план не оптимален и необходимо создать новый улучшенный базисный план (таблица 3). Небазисное переменное, для которого не соблюдается условие оптимальности, должно быть введено в базис. Таких неизвестных может быть несколько, тогда выбирается то из них, которому соответствует максимальное по модулю значение δ_{ij} . В нашем примере оно одно – неизвестное x_{22} . Отметим его знаком «плюс» в левом нижнем углу клетки, тем самым показывая, что в клетку должно быть вписано какое-то число и данное переменное должно стать ненулевым. Но вписав некоторое число (константа пересчета плана) в клетку 2,2, следует это же число из содержимого

клетки 2,3 (клетку отметим знаком «минус»), тем самым соблюдая сумму по строке 2. Таким образом строит замкнутый цикл пересчета плана [5].

Для каждой незаполненной клетки транспортной таблицы существует единственный цикл пересчета, имеющий углы поворота в базисных (заполненных) клетках.

Далее необходимо определить значение константы пересчета, оно должно быть таким, чтобы после пересчета план оставался базисным. Выбираем наименьшее значение в клетках, отмеченных знаком «минус». В нашем случае это число 10 в клетке 2,3. Именно это неизвестное исключается из базиса.

Таблица 3 - Улучшенный базисный план

Участки/ Склады	1	2	3	a_i	α
1	5 1	3 0	1 1	20	0
	—	—	20		
2	3 3	2 2	4 3	40	2
	30	10	—		
3	4 2	1 1	2 2	60	1
	—	30	30		
b_j	30	40	50	120	
B	1	0	1	F(x)=220	

7. переход к шагу 2 (расчет потенциалов)

$$c'_{13} = c_{13} = \beta_3 = 1 ; \alpha_1 = 0$$

$$c'_{21} = c_{21} = 3 \quad \beta_1 = 0; \alpha_2 = 3$$

$$c'_{22} = c_{22} = 2 \quad \beta_2 = 0; \alpha_2 = 2$$

$$c'_{32} = c_{32} = 1 \quad \beta_2 = 0; \alpha_3 = 1$$

$$c'_{33} = c_{33} = 2 \quad \beta_3 = 1; \alpha_3 = 1$$

$$F(x) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} = 20 * 1 + 30 * 3 + 10 * 2 + 30 * 1 + 30 * 2 = 220 \text{ ед.}$$

3. Вычисление условных цен

$$c'_{11} = 0 + 1 = 1$$

$$c'_{12} = 0 + 0 = 0$$

$$c'_{23} = 1 + 2 = 3$$

$$c'_{21} = 1 + 1 = 2$$

4. проверка плана на оптимальность

Условия оптимальности плана:

Для базисных клеток: $c'_{ij} = c_{ij}$

Для небазисных клеток: $\delta_{ij} = c'_{ij} - c_{ij} \leq 0$ при $F(x) \rightarrow \min$

$$\delta_{11} = c'_{11} - c_{11} = 1 - 5 = -4$$

$$\delta_{12} = c'_{12} - c_{12} = 0 - 3 = -3$$

$$\delta_{23} = c'_{23} - c_{23} = 3 - 4 = -1$$

$$\delta_{31} = c'_{31} - c_{31} = 2 - 4 = -2$$

Так как все значения δ отрицательны, данный план оптимален.

Интерпретация оптимального решения

В результате решения данной задачи был определен оптимальный план транспортировки овса с наименьшей стоимостью перевозок.

Чтобы стоимость транспортировки была минимальной, необходимо:

1. С первого склада перевезти все запасы на 3 участок.
2. Запасы второго склада распределить на первых двух по 30 и 10 единиц соответственно.
3. Запасы третьего склада поровну (по 30 ед.) распределить между 2 и 3 участком.

При этом общие затраты на перевозки составит 220 ед.

Оценка эффективности оптимального решения

Оптимальный план эффективнее исходного плана на

$$\frac{(230 - 220) * 100\%}{220} = 4,5\%$$

Применение средств Microsoft Excel для решения задачи

Для решения задач оптимизации в MS Excel 2010 используется инструмент Поиск решения [7]. Подробнее о возможностях применения Microsoft Excel 2010 в решении оптимизационных задач можно ознакомиться в [7], в данном учебном пособии Шадриной Н.И. на страницах 30 - 41 приводится подробный алгоритм решения транспортной задачи средствами Ms Excel.

Общий алгоритм решения оптимизационных задач в MS Excel 2010 следующий:

1. Составить математическую модель.
2. Ввести на рабочий лист Excel условия задачи:

- а) создать таблицу на рабочем листе для ввода условия задачи;
 - б) ввести исходные данные, целевую функцию, ограничения и граничные условия.
3. Выполнить команду Данные, Анализ, Поиск решения.
 4. Указать параметры в диалоговом окне «Параметры поиска решения», выполнить решение.
 5. Проанализировать полученные результаты.

Настройка доступа к инструменту Поиск решения

Доступ к инструменту Поиск решения осуществляется с помощью команды Данные, Анализ, Поиск решения (рисунок 1)

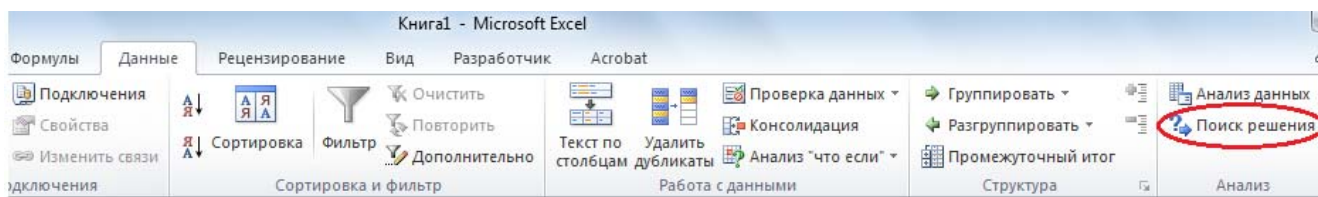


Рисунок 1 – Экранная форма инструмента Поиск решения

Данная команда отображает окно диалога Параметры поиска решения (рисунок 2).

Перед использованием инструмента «Поиск решения» на листе электронной таблицы должны быть сформированы целевая функция, область изменяемых ячеек (неизвестные), значения которых будут найдены в процессе решения. Решение (изменяемые ячейки) должно находиться в определенных пределах или удовлетворять определенным ограничениям (рисунок 2).

Оптимизируется значение целевой функции до максимума, минимума, или некоторого определенного значения.

В поле, изменяя ячейки переменных, указывается адрес блока ячеек,

которые и будут решением (рисунок 3).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1											
2		Дано				Изменяемые переменные			Значение целевой функции		
3		5	3	1		0	0	20	220		
4		3	2	4		30	10	0			
5		4	1	2		0	30	30			
6											
7											
8		Ограничения по запасам				Ограничения по потребностям					
9		20 =		20		30 =		30			
10		40 =		40		40 =		40			
11		60 =		60		50 =		50			
12											

Рисунок 2 - Исходные данные задачи

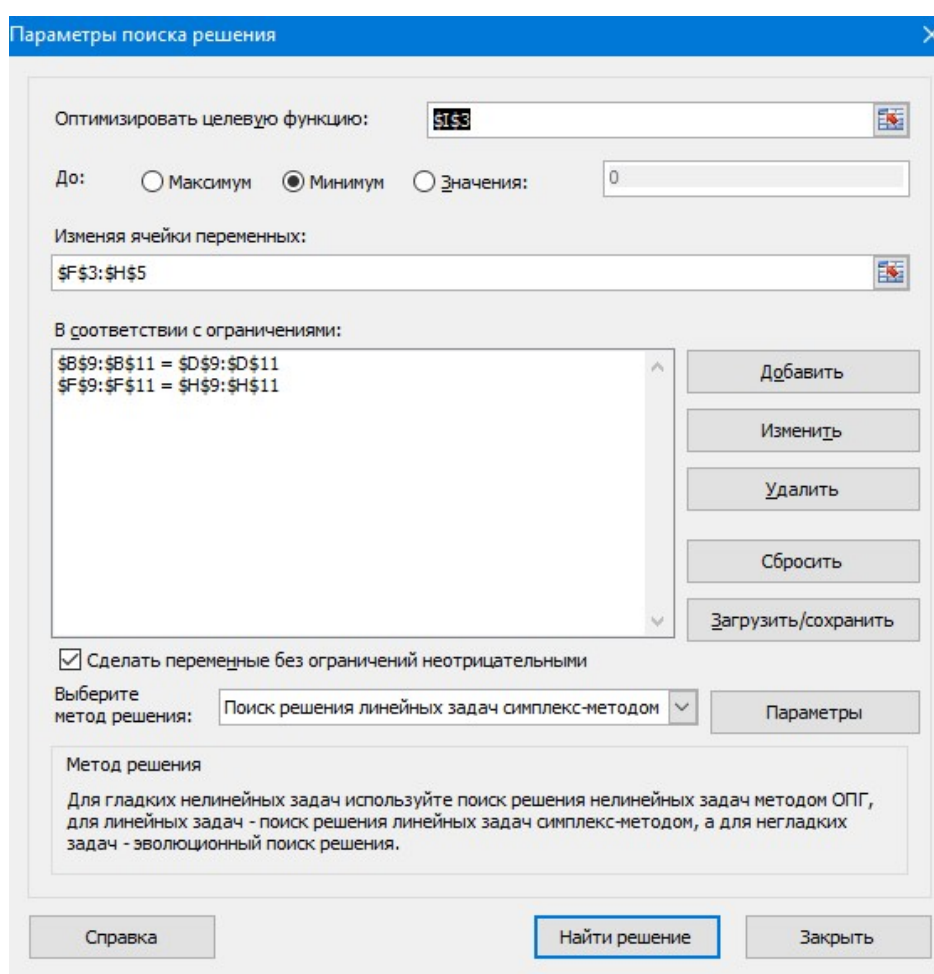


Рисунок 3 Параметры поиска решения для индивидуального задания

На последнем шаге выполнения индивидуального задания необходимо решить эту же задачу с применением средств MS Excel и сравнить полученный результат с решением задачи методом потенциалов.

5. ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Студенты заочного отделения оформляют контрольную работу и предоставляют ее на проверку в электронном виде с использованием инструментов системы дистанционного обучения университета МИИГАиК.

Требования к оформлению контрольной работы:

Текст работы может быть оформлен в одном из следующих вариантов:

«от руки» с последующим сканированием и сохранением в формате pdf;

в электронном виде в формате doc, docx.

6. ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. В чем отличие открытой транспортной задачи?
2. Что такое линейное программирование?
3. Охарактеризуйте ЭММ (метод потенциалов для решения транспортной задачи ЛП)
4. Что такое закрытая транспортная задача линейного программирования?
5. Как превратить открытую транспортная задача линейного программирования в закрытую?
6. Что такое базисный план?
7. Что такое базисные переменные?
8. Как рассчитать условную цену?
9. Что такое потенциалы, использование их в расчетах?
10. Назовите условие оптимальности при решении транспортной задачи линейного программирования методом потенциалов
11. Охарактеризуйте этапы алгоритма решения транспортной задачи линейного программирования методом потенциалов

7. Рекомендуемые информационные источники

а) основная литература:

1. Алексеев, Г.В. Численное экономико-математическое моделирование и оптимизация [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Алексеев Г.В., Холявин И.И.— Электрон.текстовые данные.— Саратов: Вузовское образование, 2019.— 195 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/79692.html>.— ЭБС «IPRbooks»
2. Аттетков, А.В. Методы оптимизации [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Аттетков А.В., Зарубин В.С., Канатников А.Н.— Электрон.текстовые данные.— Саратов: Вузовское образование, 2018.— 272 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/77664.html>.— ЭБС «IPRbooks» Бюджетный кодекс РФ [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://www.consultant.ru/popular/nalog1/> - Дата доступа: 2019.
3. Волков, С.Н. Экономико-математические методы и модели в ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВЕ.- М.: Колос, 2011.
4. Глухов, В.В., Медников, М.Д. Математические модели менеджмента: Учебное пособие. – СПб: Издательство «Лань», 2018. – 500с.
5. Забаева, М.Н., Васютинская, С.И. Учебно-методическое пособие по дисциплине «Экономика предприятия» / метод. указ. по вып. контр. работы для студ. заоч. ф. обуч. по напр. 21.03.02 Землеустройство и кадастры. – М. : МИИГАиК, 26 с.
6. Фельдман, И.А. , Краснопевцева Б.В., Шингарева, К.Б., Синицына, А.Л. Методические указания к практическим занятиям по курсу «Экономика и менеджмент», раздел «Применение математических методов в экономике». – М. : МИИГАиК, 2006. – 34с.
7. Шадрина, Н.И. Решение задач оптимизаций Microsoft Excel 2010 : учеб. пособие. – Хабаровск: Изд-во ТГУ, 2016. – 101с.
8. Яковлев, С.В. Теория систем и системный анализ (лабораторный

практикум). Учебное пособие для вузов. М.-: Горячая линия – Телеком, 2015.- 320 с.

9. Яроцкая, Е.В. Экономико-математические методы и моделирование [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Яроцкая Е.В.— Электрон.текстовые данные.— Саратов: Ай Пи Эр Медиа, 2018.— 227 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/69291.html>.— ЭБС «IPRbooks»

б) дополнительная литература:

1. Катаргин, Н.В. Экономико-математическое моделирование в Excel [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие/ Катаргин Н.В.— Электрон.текстовые данные.— Саратов: Вузовское образование, 2019
2. Павлидис, В.Д. Практикум по экономико – математическим методам: учебное пособие. - М.: Издательство «Омега -Л»; Оренбург, 2014. – 130с.
3. Плескунов, М.А. Задачи сетевого планирования: учебное пособие / М.А. Плескунов. – Екатеринбург : Изд – во Урал. Ун-та, 2014. – 92с.

Электронные ресурсы

1. Официальный интернет-сайт Федеральной службы государственной статистики (Росстат) – <http://www.gks.ru/>
3. Сайт журнала «Экономика и математические методы»
<http://www.cemi.rssi.ru/emm/home.htm>
5. ЭБС «IPRbooks» – <http://www.iprbookshop.ru>
6. Научная электронная библиотека – <http://www.elibrary.ru/defaultx.asp>

Приложение А

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Московский государственный университет геодезии и картографии»

(МИИГАиК)

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

по дисциплине «Экономико-математические методы и модели»

студента заочной формы обучения

по направлению подготовки 21.03.02 Землеустройство и кадастры

ФИО _____

Москва 20__

Приложение Б

СОДЕРЖАНИЕ

Контрольная работа на тему:

«Применение метода потенциалов для решения транспортной задачи
линейного программирования»

	<i>стр.</i>
1 Формулировка задачи с исходными данными студента	
2 Обозначения экономико – математической модели	
3 Экономико - математическая модель задачи	
4 Решение транспортной задачи с применением метода потенциалов	
5 Интерпретация оптимального решения	
6 Оценка эффективности оптимального решения	
7 Применение средств Microsoft Excel для решения задачи	

Для заметок

Внутривузовское издание

Подписано в печать 28.12.2020. Гарнитура Таймс

Формат 60×90/16 Бумага офсетная

Объем 2 усл. печ. л.

Тираж 25 экз. Заказ № 132

Отпечатано в типографии МИИГАиК