ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

А.А. Чалганова

Методические указания по решению задач линейной оптимизации с использованием табличного процессора Excel по дисциплине «Экономико-математическое моделирование в управлении»

Направление 38.03.02 «Менеджмент организации»

Санкт-Петербург РГГМУ 2021

УДК 33 ББК 65.05

Чалганова А. А.

Методические указания по решению задач линейной оптимизации с использованием табличного процессора Excel по дисциплине «Экономико-математическое моделирование в управлении» / А. А. Чалганова. – Санкт-Петербург : РГГМУ, 2021. – 20 с.

В методических указаниях по решению задач линейной оптимизации внимание уделяется практической реализации экономико-математического моделирования путем обращения к сервису «Поиск решения» модуля «Анализ данных» (надстройка табличного процессора Exel).

Методические указания предназначены для студентов всех форм обучения по направлению подготовки 38.03.02 «Менеджмент организации».

Методические указания по решению задач линейной оптимизации с использованием табличного процессора Excel по дисциплине «Экономико-математическое моделирование в управлении» одобрены на заседании кафедры экономики предприятия природопользования и учетных систем от 18 марта 2021 г., протокол № 8.

© Чалганова А.А., 2021 © «Российский государственный гидрометеорологический университет», (РГГМУ), 2021

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	5
1. Задачи линейной оптимизации	.6
2. Методические указания к для решения задач с использованием стандартного табличного	
процессора Microsoft Exel	8

Сокращения

ЛО	_	Линейная оптимизация
ЛП	_	Линейное программирование
ЗЛП	_	Задача линейного программирования;
ЦФ	_	Целевая функция;

Введение

Теоретические основы современной науки, техники, экономики И организации производства Практическое очень сложны. использование экономико-математического моделирования, благодаря повсеместному внедрению компьютеров для автоматизации сложных математических расчетов, становится все более простым и доступным. Реализация сложных алгоритмов в качестве функций и сервисов табличного процессора Exel позволила использовать их для расчетов широкому кругу научных работников и практиков, от которых требуется:

- · грамотная постановка задачи;
- подбор и оценка исходных данных;
- построение концептуальной модели;
- построение алгоритма решения задачи;
- подбор программных средств для ее решения;
- построение модели в компьютере;
- проведение расчетов с помощью программных средств;
- интерпретация результатов и оценка их надежности;
- оформление результатов работы.

При этом знание математических методов и моделей по-прежнему остается актуальным. Знание теории необходимо для понимания возможных «подводных камней».

В данном пособии рассмотрено получение численного решения для задачи линейной оптимизации с помощью надстройки «Поиск решения» табличного процессора Exel.

Основная цель планирования любой деятельности – получение максимального результата при имеющихся ограничениях. Сервис «Поиск решения» дает возможность решать оптимизационные задачи, не вникая в сложную математику. Поэтому основной целью данных методических указаний является изложение численной методики решения основных задач линейного программирования в табличном процессоре Exel.

5

1. Задачи линейной оптимизации

Экономико-математическое моделирование заключается в использовании методов и средств математического моделирования для исследования экономических объектов и явлений.

Экономико-математическая модель – это математическое описание исследуемого экономического объекта или явления (процесса).

Экономико-математическое моделирование можно разделить на следующие 5 этапов:

1 этап – постановка экономической проблемы;

2 этап – построение математической модели;

3 этап – численное решение;

4 этап – оценка адекватности построенной модели;

5 этап – применение численных результатов моделирования.

Экономико-математическое моделирование сводится к построению математической модели.

При построении математической модели можно выделить следующие основные этапы:

1. Определение цели решения задачи, т.е. чего хотят добиться, решая данную задачу.

2. Определение параметров модели, т.е. заранее известных фиксированных факторов, на значение которых исследователь не влияет.

3. Формирование управляющих переменных, значения которых являются решением задачи и при изменении которых можно достичь поставленной цели.

4. Определение области допустимых решений, т.е. ограничений, которым должны удовлетворять управляющие переменные.

5. Выявление неизвестных факторов, т.е. величин, которые могут изменяться случайным или неопределенным образом.

6. Выражение цели через управляющие переменные, параметры и неизвестные факторы, т.е. формирование целевой функции, называемой также критерием эффективности или критерием оптимальности задачи.

Линейные модели являются одним из наиболее простых и часто используемых классов математических моделей, используемых в экономике. Они изучаются в рамках линейного программирования.

6

Линейное программирование – это набор математических методов и приемов решения задачи оптимального распределения имеющихся ограниченных ресурсов для достижения определенной цели (максимума прибыли или минимума издержек). Такого рода задачи связаны с планированием закупок, перевозок, инвестиций, замены оборудования и т.д.

Если критерий эффективности Z (целевая функция) представляет собой линейную функцию, а функции в системе ограничений также линейны, то такая задача является задачей линейного программирования.

Общей задачей линейной оптимизации называют задачу

$$f(x_1, x_2, \dots, x_n) = \sum_{j=1}^n c_j \cdot x_j \longrightarrow \max(\min)$$

при ограничениях:

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij} \cdot x_{j} \le b_{i}, i = 1, 2, ..., m_{1}$$
$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij} \cdot x_{j} = b_{i}, i = (m_{1} + 1), ..., m_{2}$$
$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij} \cdot x_{j} \ge b_{i}, i = m_{2}, ..., m$$
$$x_{j} \ge 0, j = 1, 2, ..., n_{1}$$

 x_i - произвольного знака, $j=(n_1+1),...,n$

Т.е. целевая функция задается на максимум или на минимум, ограничения имеют форму равенств или неравенств типа «≤» или «≥», на некоторые переменные наложено требование неотрицательности.

Набор значений переменных задачи $(x_1, x_2, ..., x_n)$, удовлетворяющих системе ограничений, называется *допустимым планом* (допустимым решением) задачи линейной оптимизации. Совокупность допустимых планов образует *множество допустимых планов*.

Допустимый план, доставляющий целевой функции экстремальное значение, называется оптимальным планом и обозначается $(x_1^*, x_2^*, ..., x_n^*)$. Значение целевой функции на оптимальном плане называется оптимальным значением и обозначается $f^* = f(x_1^*, x_2^*, ..., x_n^*)$

Решение задачи линейной оптимизации состоит в отыскании оптимального плана и оптимального значения.

2. Решение задач ЛП в табличном редакторе Microsoft Excel

Для того чтобы решить задачу ЛП в табличном редакторе Microsoft Excel, необходимо выполнить следующие действия:

1. Ввести условия задачи, что потребует следующих действий на листе табличного редактора Microsoft Excel:

- а) создание экранной формы для ввода условия задачи;
- b) ввод необходимых исходных данных в экранную форму;
- с) ввод зависимостей из математической модели в экранную форму;
- d) задание вида и направления оптимизации ЦФ;
- е) ввод ограничений и граничных условий модели.
- 2. Получить численное решение задачи в Excel:
- а) установка параметров решения задачи;
- b) запуск решения задачи;
- с) выбор формата вывода решения.

Рассмотрим последовательность решения следующей одноиндексной задачи линейного программирования (ЛП), модель которой представлена в примере 1.

Пример 1. $Z(X) = 130.5 \cdot x_1 + 20 \cdot x_2 + 56 \cdot x_3 + 87.8 \cdot x_4 \rightarrow \max;$ $\begin{cases}
-1.8 \cdot x_1 + 2 \cdot x_2 + x_3 - 4 \cdot x_4 = 756, \\
-6 \cdot x_1 + 2 \cdot x_2 + 4 \cdot x_3 - x_4 \ge 450, \\
4 \cdot x_1 - 1.5 \cdot x_2 + 10.4 \cdot x_3 + 13 \cdot x_4 \le 89, \\
x_j \ge 0; j = \overline{1, 4}.
\end{cases}$

(1)

а) создание экранной формы для ввода условия задачи.

Условие задачи включает:

- переменные (x_1, x_2, x_3, x_4)
- целевую функцию (ЦФ) ,
- ограничения,
- граничные условия;
- b) необходимо ввести исходные данные в экранную форму, т.е.:
- коэффициенты ЦФ,
- коэффициенты при переменных в ограничениях,
- правые части ограничений;

Экранная форма для ввода условий задачи примера 1 вместе с введенными в нее исходными данными представлена на рисунке 1.

X 🖬 🤊 -	(* - -			Пример для мет	годички – Microsoft Excel (Сбой а	ктивации продукта)				O X
Сайл Гл	авная Вставка Разметка страниц	цы Формулы Данные	Рецензирование Вид						0	3 - 5 X
	A	В	С	D	E	F	G	Н	I	
1			Π	еременнь	le					
2	Имя	x1	x2	x3	x4					
3	Значение									
	Нижн.	0	0	0	0	ЦФ				
4	Граница									
5						Значение	Направл			
6	Коэф. ЦФ	130,5	20	56	87,8	0	max			
7										
8			0	граничени	ия					
9	Вид						Знак	Прав. Часть		
10	Огран. 1	-1,8	2	1	-4	0	=	756		
11	Огран. 2	-6	2	4	-1	0	>=	450		
12	Огран. З	4	-1,5	10,4	13	0	<=	89		
13										
14										Ţ
н н н н Лі Готово	ист1 / Лист2 / Лист3 / 😏 /					14			III 290% -	→ [
<u>(</u>)) 🧉 🍯 🗎	W (R &	Y ڬ 🔀						EN 🔺 🕪 🏲 🗔	17:03 08:04:2021

Рис. 1. Экранная форма задачи примера 1.

В экранной форме на рисунке 1 каждой переменной и каждому коэффициенту задачи поставлена в соответствие конкретная ячейка листа Excel. Имя ячейки состоит из буквы, обозначающей столбец, и цифры, обозначающей строку, на пересечении которых находится объект задачи ЛП. Так, например, переменным задачи соответствуют ячейки **B3** (x_1), **C3** (x_2), **D3** (x_3), **E3** (x_4), коэффициентам ЦФ соответствуют ячейки **B6** ($c_1 = 130,5$), **C6** ($c_2 = 20$), **D6** ($c_3 = 56$), **E6** ($c_4 = 87,8$), правым частям ограничений соответствуют ячейки **H10** ($b_1 = 756$), **H11** ($b_2 = 450$), **H12** ($b_3 = 89$) и т.д.

с) ввод зависимости из математической модели в экранную форму означает необходимость ввести:

• формулу для расчета ЦФ,

формулы для расчета значений левых частей ограничений;

В ячейку **F6**, в которой будет отображаться значение ЦФ, необходимо ввести формулу, по которой это значение будет рассчитано. Согласно модели примера 1 значение ЦФ определяется выражением (1):

$$Z(X) = 130.5 \cdot x_1 + 20 \cdot x_2 + 56 \cdot x_3 + 87.8 \cdot x_4 \to \max;$$
⁽²⁾

Формулу для расчета ЦФ (2) можно записать как сумму произведений каждой из ячеек, отведенных для значений переменных задачи (**B3**, **C3**, **D3**, **E3**), на соответствующую ячейку, отведенную для коэффициентов ЦФ (**B6**, **C6**, **D6**, **E6**):

$B6 \cdot B3 + C6 \cdot C3 + D6 \cdot D3 + E6 \cdot E3 \tag{3}$

(4)

Чтобы задать эту формулу (3) необходимо в ячейку **F6** ввести следующее выражение и нажать клавишу «Enter»:

=СУММПРОИЗВ(В\$3:Е\$3; В6:Е6),

где символ **\$** перед номером строки 3 означает, что при копировании этой формулы в другие места листа Excel номер строки 3 не изменится.

Символ «:» означает, что в формуле будут использованы и все ячейки, расположенные между ячейками, указанными слева и справа от двоеточия (например, запись **B6:E6** указывает на ячейки **B6**, **C6**, **D6** и **E6**). После этого в целевой ячейке появится 0 (нулевое значение) (рисунок 2).

X 🖬 🤊 •	(v - 1=	-	_	Пример для мет	одички - Microsoft Excel (Сбой ак	тивации продукта)				×
Файл Гл	евная Вставка Разметка страниц	ы Формулы Данные Ле =СVM	Рецензирование Вид	:B6:F6)					S 🚷 s	- # X
	10	-0,111		,00.207						^
			1							-
	А	В	С	D	E	F	G	Н	1	Ĺ
1			П	еременнь	ie					
2	Имя	x1	x2	x3	x4					
3	Значение									
	Нижн.	_		_						
4	Граница	0	0	0	0	ЦФ				-
5						Значение	Направл			
6	Коэф. ЦФ	130.5	20	56	87.8	0	max			
7					/ _					
8			0	граничени	19					
9	Вид			-			Знак	Прав. Часть		
10	Огран. 1	-1,8	2	1	-4	0	=	756		
11	Огран. 2	-6	2	4	-1	0	>=	450		
12	Огран. З	4	-1,5	10,4	13	0	<=	89		
12 R 4 D B J	ест1 / Лист2 / Лист3 / 😏 /					14				• I
Готово							~		III 290% O	· •
		× ×	V 🙂 🗠						08.0	4.2021

Рис. 2. Экранная форма задачи после ввода всех необходимых формул.

Если дважды кликнуть на ячейку **F6**, то мы увидим формулу, по которой вычисляется значение целевой функции. Скриншот листа с ячейкой целевой функции представлен на рисунке 3.

Entin	Frankag Britanka Passar	са страницы Фромуры	Данные Рецензирование	First .	Пример для методиния - А	licrosoft Eacel (Clicili actenature re	надчата)				• 0 • 4 X
СУ	ММПРОИЗВ	• (= × ✓ fe	=СУММПРОИЗ	B(B\$3:E\$3;B6:E	56)						
	-				_		-				0
	A	В	С	D	E	F	G	Н	1	J	K
1			П	еременнь	le						
2	Имя	x1	x2	х3	x4						
3	Значение										
4	Нижн. Граница	0	0	0	0	ЦФ					
5						Значение	Направл.				
6	Коэф. ЦФ	130,5	20		=СУММП	РОИЗВ(<mark>В\$</mark> З	E\$3; B6:E6)			
7					Суммпроизв(массия1;	[массив2]; [массив3]; [массив4]; .					
8			0	граничени	ля						1
9	Вид						Знак	1 рав. Часть			
10	Огран. 1	-1,8	2	1	-4		=	756			
11	Огран. 2	-6	2	4	-1		>=	450			
12	Огран. З	4	-1,5	10,4	13		<=	89			
н е н н	Лист1 Лист2 Лист3 2	7							11		• 0
@	0 6 0	R 🖗 🗐	🛛 🕐 🧯							EN 🔺 🚯 🏴 🕇	17:43 08.04.2021

Рис. 3. Формула для расчета ЦФ при выделении ячейки ЦФ.

Существует другой способ задания функций в Excel с помощью режима «Вставка функций», который можно вызвать из вкладки «Формулы» или при нажатии кнопки « f_x » на стандартной панели инструментов:

2 11 2 1	(* -) #			Typesage are same	narros - Monte Cod (Choil an	waage gogyne	_		
(66) In	anas Brans Pasaria reaso	a bosta das 1	Pegerasponenen Bog						* 😡 o 🖉 🕮
CVN	мпроизв -	× ✓ <u>×</u> =CYM	МПРОИЗВ(ВЗ:ЕЗ	;86:66)					
	А	В	С	D	E	F	G	Н	- i
1			n,	еременнь	le		Critering Byrelaw	10 - 1040	
2	Имя	x1	x2	х3	x4		Haconit Incol Haconit	(100,5,20,7	101.0
3	Значение								
	Нижн.	0	0	0	0	114	Benganaan cyny tysennau R	* 0 Al guarantees etc ractance. Automatic ractancipercentic	
4	Граница	0	0	0	0	цΦ	harmer 1	Northeast and the strategy report of the net	a reported in the spectrum of the
5						Значение	Common constitutions of	-	
6	Коэф. ЦФ	130,5	20	56	=CYMMI	ПРОИЗВ(ВЗ:	E3;B6:E6)		
7									
8			0	граничени	19				
9	Вид						Знак	Прав. Часть	
10	Огран. 1	-1,8	2	1	-4	0	=	756	
11	Огран. 2	-6	2	4	-1	0	>=	450	
12	Огран. 3	4	-1,5	10,4	13	0	<=	89	
.1.3	en /hen /hen /ta/					0.4			
0) 🤄 o 🗎	9 g 🕷	Y 😆 🖄						N + 0 P D 100

Рис. 4. Стрелка указывает на «Вставку функций»

Так, например, формулу (3) можно задать следующим образом:

- курсор установить в поле **F6**;
- нажав кнопку « f_x », вызвать окно «Мастер функций шаг 1 из 2»;
- выбрать в окне «Категория» категорию «Математические»;
- в окне «Функция» выбрать функцию СУММПРОИЗВ;

• в появившемся окне «**СУММПРОИЗВ**» в строку «Массив 1» ввести выражение **B\$3:E\$3**, а в строку «Массив 2» - выражение **B6:E6.** Скриншот окна функции представлен на рисунке 5.

После ввода ячеек в строки «Массив 1» и «Массив 2» в окне функции «СУММПРОИЗВ» появятся числовые значения введенных массивов, а в экранной форме в ячейке F6 появится текущее значение, вычисленное по введенной формуле, то есть 0 (так как в момент ввода формулы значения переменных задачи нулевые).

Аргументы функции						?	×
СУММПРОИЗВ							
Массив1	B\$3:E\$3	1	<u> </u>	{0;0;0;0}			
Массив2	B6:E6	1	<u> </u>	{130,5;20;56;8	37,8}		
Массив3		1		массив			
	велений лизо		=	0			
объращает сумму произ	Maccupt		- 2	255 112551120			
	массивт.	массивт, массив2, о компоненты которы полученные произв	их нуж едени	но сначала п я. Все массива	s, соответствующ еремножить, а з ы должны иметь	атем сло одинак	ожить овую
Значение: О							
Справка по этой функци	и				ОК	Отме	ена

Рис. 5. Ввод формулы для расчета ЦФ в окно «Мастер функций»

Зависимости для левых частей ограничений нужно ввести в соответствующие ячейки.

Левые части ограничений задачи (1) представляют собой сумму произведений каждой из ячеек, отведенных для значений переменных задачи (**B3**, **C3**, **D3**, **E3**), на соответствующую ячейку, отведенную для коэффициентов конкретного ограничения (**B10**, **C10**, **D10**, **E10** - 1-е ограничение; **B11**, **C11**, **D11**, **E11** - 2-е ограничение и **B12**, **C12**, **D12**, **E12** - 3-е ограничение).

Формулы, соответствующие левым частям ограничений, представлены в таблице 1.

Таблица 1

	•
Левая часть ограничения	Формула Exel
$-1.8 \cdot x_1 + 2 \cdot x_2 + x_3 - 4 \cdot x_4$, или $B10 \cdot B3 + C10 \cdot C3 + D10 \cdot D3 + E10 \cdot E3$	=СУММПРОИЗВ(В\$3:Е\$3; В10:Е10)
$-6 \cdot x_1 + 2 \cdot x_2 + 4 \cdot x_3 - x_4$, или B11 · B3 + C11 · C3 + D11 · D3 + E11 · E3	=СУММПРОИЗВ(В\$3:Е\$3; В11:Е11)
$4 \cdot x_1 - 1.5 \cdot x_2 + 10.4 \cdot x_3 + 13 \cdot x_4$, или B12 · B3 + C12 · C3 + D12 · D3 + E12 · E3	=СУММПРОИЗВ(В\$3:Е\$3; В12:Е12)

Формулы, описывающие ограничения модели (1)

Как видно из таблицы 1, формулы, задающие левые части ограничений задачи (1), отличаются друг от друга и от формулы (4) в целевой ячейке F6 только номером строки во втором массиве. Этот номер определяется той строкой, в которой ограничение записано в экранной форме. Поэтому для задания зависимостей для левых частей ограничений достаточно скопировать формулу из целевой ячейки в ячейки левых частей ограничений. Для этого необходимо:

• поместить курсор в поле целевой ячейки **F6** и протянуть за маркер автозаполнения (черный крестик в правом нижнем углу ячейки);

• на экране в полях **F10**, **F11** и **F12** появится 0 (нулевое значение) (см. рисунок 2).

Проверка правильности введения формул необходима для уверенности в верном вводе условия задачи.

Для проверки правильности введенных формул нужно произвести поочередно двойное нажатие левой клавиши мыши на ячейки с формулами. При этом на экране рамкой будут выделяться ячейки, используемые в формуле.

Дальнейшие действия производятся в окне «Поиск решения», которое вызывается из вкладки «Данные» (рисунок 6):

日						Приме	р Книга1 - Ех	:el	▲ №	Іарианна		Ŧ	1 –		×
Файл	Главная	Вставка	Разметка	страниць	Формулы	Данные	Рецензирован	ие Вид	Справк	a Acrob	oat Q	По	иощн Д	Подели	ться
5 Пол	Са Са		Обнов	ить	Â∫ श्∣ Cor	Я А А Я отировка	Фильтр	Работа] [егноз	Структу	pa	📑 Анализ ?., Поиск	данных решения	
дан	ные т		BCE	. 3	A+ .		· •	данным	и т	*	Ŧ		A		_~
олучит	ви преобра	2 2	запросы и З	4	. Cor	опировка и	фильтр /		8	у		0	II	143	

Рис. 6. Надстройка Поиск решения установлена; вкладка «Данные», группа «Анализ»

Для поиска решения в группе **Анализ** на вкладке Данные становится доступна команда **Поиск решения** (рис.7).

X	a) - (c - 1 -	Deserves and		Orange Orange	and the second second		Пример для метод	muse - Microsoft Escel (Clini	armeaure o	PORVATA)						
Us Access	Из Из Из	са Разметка стра других Существу неников * подключ	ницы оормулы ющие Обновить все то Пола	Данные Рецел Подключения Свойства Изменить связи	совтирование вид	К Очистить Ко Повторить И Дополнительно	Текст по Удалит столбцам дублика	Боронарка Консолидация работа с заминалая	Анализ 'что если' ~	ФГ Группировать У	Pasrpynnupoea	ть Промежуточный итог Стоуктива	Ф∄ Отобразить детали "∄ Скрыть детали	Поиск решения Аналия		
	A	В	С	D	E	F	G	Н	L		J	К	L	Поиск решения) 1
1			П	еременнь	le									Средство анализа оптимальное знач	что если" определяет ение целевой ячейки,	
2	Имя	×1	x2	х3	x4									измения значения используются для ячейки.	ячеек, которые расчета значения целевой	
3	Значение													SOLVER Для получения нажните клави	справки по надстройке иу Р1.	
4	Нижн. Граница	0	0	0	0	ЦФ										
5						Значение	Направл.									
6	Коэф. ЦФ	130,5	20	56	87,8	0	max									
7																
8			0	граничени	ия											-
9	Вид		4				Знак	Прав. Часть								
10	Огран. 1	-1,8	2	1	-4	0	=	756								
11	Огран. 2	-6	2	4	-1	0	>=	450								
12	Огран. 3	4	-1,5	10,4	13	0	<=	89								
13																
14																
15																
16																
17																
18																
19																
H + +	н Лист1 Лист2	Лист3 🕲									- 1		11			
0	0 6	0	999		Y 🙆 🛛	X						~			EN 🔺 🌒 🏴	17:59

Рис. 7. Команда Поиск решения на листе Exel

Вид и направление оптимизации ЦФ задается в окне **Поиск решения**. Вид окна представлен на рисунке 8.

Оптимизировать	целевую функцию:	R6C6		Ť
До: 💿 Макс	имум 🔿 Миниму	<u>О З</u> начения:	0	
Изменяя ячейки г	теременных:			
R3C2:R3C5				1
В <u>с</u> оответствии с (ограничениями:			
R10C6 = R10C8 R11C6 <= R11C8 P12C6 <= P12C8			^	<u>До</u> бавить
R3C2:R3C5 > = R40	C2:R4C5			Измени <u>т</u> ь
				<u>У</u> далить
				Сбросить
			~ 3	агрузить/сохранить
🗹 Сделать перем	ие <u>н</u> ные без ограни	чений неотрица	тельными	
Выберите метод решения:	Поиск решения /	лин. задач симпл	екс-методом 🗸	Параметры
Метод решения				
Для гладких нел ОПГ, для линейн негладких задач	инейных задач исп ных задач - поиск р - эволюционный п	ользуйте поиск р ешения линейны юиск решения.	ешения нелинейных х задач симплекс-ме	задач методом годом, а для

Рис. 8. Окно «Поиск решения» задачи (1). Ввод ограничений и граничных условий

d) Чтобы задать вид и направление оптимизации ЦФ в окне «Поиск решения», нужно задать:

- целевую ячейку,
- направление оптимизации ЦФ;

Для этого надо поставить курсор в поле «Оптимизировать целевую функцию», ввести адрес целевой ячейки **F\$6** или сделать одно нажатие левой клавиши мыши на целевую ячейку в экранной форме, что будет равносильно вводу адреса с клавиатуры;

Для того, чтобы ввести направление оптимизации ЦФ для рассматриваемой задачи, достаточно щелкнуть один раз левой клавишей мыши по селекторной кнопке «Максимум».

Ввод ограничений и граничных условий выполняется в том же окне Поиск решения.

е) Для ввода ограничений и граничных условий (в окне «Поиск решения») необходимо задать:

- ячейки со значениями переменных,
- граничные условия для допустимых значений переменных,
- соотношения между правыми и левыми частями ограничений.

Задание ячеек переменных осуществляется следующим образом. В окно **Поиск решения** в поле «Изменяя ячейки» нужно вписать адреса **\$B\$3:\$E\$3**. Необходимые адреса можно вносить в поле «Изменяя ячейки» и автоматически путем выделения мышью соответствующих ячеек переменных непосредственно в экранной форме.

Следующим действием должно быть задание граничных условий для допустимых значений переменных. В нашем случае на значения переменных накладывается только граничное условие неотрицательности, то есть их нижняя граница должна быть равна нулю (1). Это можно сделать следующим образом:

• Нужно нажать кнопку «Добавить», после чего появится окно «Добавление ограничения» (рисунок 9).

Добавление ограничения	×
<u>С</u> сылка на ячейки:	Ограничение:
<u>ok</u>	Отмена

Рис. 9. Добавление граничных условий переменных задачи (1)

• В поле «Ссылка на ячейку» ввести адреса ячеек переменных **\$B\$3:\$E\$3**. Это можно сделать как с клавиатуры, так и путем выделения мышью всех ячеек переменных непосредственно в экранной форме.

• В поле знака открыть список предлагаемых знаков и выбрать нужный.

• В поле «Ограничение» ввести адреса ячеек нижней границы значений переменных, то есть **\$B\$4:\$E\$4**. Их также можно ввести путем выделения мышью непосредственно в экранной форме.

Для ввода следующих ограничений и граничных условий необходимо:

• Нажать кнопку «Добавить» в окне «Добавление ограничения».

• В поле «Ссылка на ячейку» ввести адрес ячейки левой части конкретного ограничения, например **\$F\$10**. Это можно сделать как с клавиатуры, так и путем выделения мышью нужной ячейки непосредственно в экранной форме.

• В соответствии с условием задачи (1) выбрать в поле знака необходимый знак, например =.

• В поле «Ограничение» ввести адрес ячейки правой части рассматриваемого ограничения, например **\$H\$10**.

• Аналогично ввести ограничения: **\$F\$11>=\$H\$11, \$F\$12<=\$H\$12**.

• Подтвердить ввод всех перечисленных выше условий нажатием кнопки ОК.

Окно «Поиск решения» после ввода всех необходимых данных задачи (1) представлено на рисунке 8.

Если при вводе условия задачи возникает необходимость в изменении или удалении внесенных ограничений или граничных условий, то это делают, нажав кнопки «Изменить» или «Удалить» (см. рисунок 8).

На этом ввод условия задачи для получения численного решения завершен.

Следующий этап – собственно получение численного решения для построенной модели

2. Численное решение задачи в Excel предполагает следующие действия:

а) установка параметров решения задачи (в окне «Поиск решения»);

b) запуск задачи на решение (в окне «Поиск решения»);

с) выбор формата вывода решения (в окне «Результаты поиска решения»).

Рассмотрим подробнее выполнение требуемых действий.

Для установки параметров решения задачи, до запуска на решение в окне «Поиск решения», надо предварительно для установления конкретных параметров решения задач оптимизации определенного класса нажать кнопку «Параметры» и заполнить некоторые поля окна «Параметры поиска решения», вид которого приведен на рисунке 10.

Параметры	? ×
Все методы Поиск решения нелинейных задач	методом ОПГ 🛛 ЭЕ 📕 🕨
<u>Т</u> очность ограничения:	0,0001
Использовать автоматическое масштабиро	вание
Показывать результаты итераций	
Решение с целочисленными ограничениями	
Игнорировать целочисленные ограничени	я
Целочисленная оптимальность (%):	0
Пределы решения	
<u>М</u> аксимальное время (в секундах):	100
Ч <u>и</u> сло итераций:	100
Эволюционные и целочисленные ограничени	я:
Максимальное число подзадач:	
<u>Максимальное число допустимых решений:</u>	
0 <u>K</u>	О <u>т</u> мена

Рис. 10. Параметры поиска решения, подходящие для большинства задач ЛП

Параметр «Максимальное время» служит для назначения времени (в секундах), выделяемого на решение задачи. В поле можно ввести время, не превышающее 32 767 секунд (более 9 часов).

Параметр «Предельное число итераций» служит для управления временем решения задачи путем ограничения числа промежуточных вычислений. В поле можно ввести количество итераций, не превышающее 32 767.

Чтобы подтвердить установленные параметры, нужно нажать кнопку «ОК».

Запуск задачи на решение производится из окна «Поиск решения» путем нажатия кнопки «Выполнить».

После запуска на решение задачи ЛП на экране появляется окно «Результаты поиска решения» с сообщением.

Если при заполнении полей окна «Поиск решения» были допущены ошибки, не позволяющие Excel применить симплекс-метод для решения задачи или довести ее решение до конца, то после запуска задачи на решение на экран будет выдано соответствующее сообщение с указанием причины, по которой решение не найдено.

Иногда слишком малое значение параметра «Относительная погрешность» не позволяет найти оптимальное решение.

Для исправления этой ситуации можно увеличивать погрешность поразрядно, например от 0,000001 до 0,00001 и т.д.

В окне «**Результаты поиска решения**» представлены названия трех типов отчетов: «Результаты», «Устойчивость», «Пределы». Они необходимы при анализе полученного решения на чувствительность.

Для получения же ответа (значений переменных, ЦФ и левых частей ограничений) прямо в экранной форме просто нужно нажать кнопку «**OK**». После этого в экранной форме появляется оптимальное решение задачи.

Скриншот листа Excel с численным решением задачи примера 1 представлен на рисунке 11.

18

9 • 6 • 1						Пример для метод	ки - Microsoft Excel (Сбой активации продук	ra)				
л Главная Вст.	авка Разметка стр	аницы Формулы	Данные Реце	нзирование Вид								⊽ 😮
F12	• (f.	=СУММ	ПРОИЗВ(В	53:E\$3;B12	:E12)						
-1												
A	В	С	D	E	F	G	H I	J K	L	M	N	0
Имя	x1	x2	х3	x4			Результаты поиска решения					
Значение	100,661	546,444	0	38,9249			Решение найдено. Все ограничения и оптимальности выполнены. © сохранить найденное решение	Отчеты Результаты Устойчивость				
Нижн. Граница	0	0	0	0	ЦФ		О досстановить исходные значения	Пределы				
					Значение	Направл.	О <u>к</u> Отмена	Сохранить сценарий				
Коэф. ЦФ	130,5	20	56	87,8	27482,7	max	Отчеты					
							книги	псарстнаядин отчет на отделаном листе				
		0	граничен	ия								
Вид						Знак	Прав. Часть					
Огран. 1	-1,8	2	1	-4	756	=	756					
Огран. 2	-6	2	4	-1	450	>=	450					
Огран. 3	4	-1,5	10,4	13	89	<=	89					
3												
L .												
;												
5												
,												
3												
)												
)												
N Ourst (Ours)	Run 2 (Sunt											
 Лист1 / Лист2 Оправляется и правляется и прав И правляется и правляе И правляется и правляется	лист3_/лист4_/	W /										184% 😑
0 6	0	а 😪 я	W	Y ڬ 🛛	X							• P 10

Рис. 11. Экранная форма численного решения задачи примера 1.

В ряде случаев на переменные накладывается требование целочисленности. Экранная форма численного решения рассматриваемой задачи, к ограничениям которой добавлено требование целочисленных значений переменных, приведено на рисунке 12.

l de	4.6.						Пример для метод	onnes - Microsoft Excel (Cho	й активации продукта	4					
Санл	F12	та — Разметка стра •	ницы формулы Ге	=СУММ		\$3.F\$3.B12	·F12)								
1	A	В	С	D	E	F	G	Н	1	J	K	L	М	N	0
2	Имя	x1	x2	x3	x4								_		
	-	400							Результаты поиска	а решения		_	×		
3	значение	100	546	0	39				Решение найде	ено. Все ограничения и выполнены.	а и условия	Отчеты			
	Нижн.	0	0	0	0	110			© <u>С</u> охранить	найденное решение		Результаты			
4	Граница	0	0	0	0	цΨ			О восстанови	ть исходные значения					
5						Значение	Направл.		Вернуться в	диалоговое окно па	араметров	🗋 Отчеты до			
	Koad IID	130 5	20	56	87.8	27394.2	may		OK	Отмена		Сохранить сценарий.			
6	поэф. цФ	130,5	20	50	07,0	27334,2	IIIdA		Решение найд	ено. Все ограничени	я и условия оптим	альности выполнены.			
7									Если использует	ся модуль ОПГ, то на	йдено по крайней м	лере локально			
8			O	раничен	ия				симплекс-метоу	ешение, соли использ дом, то найдено глоб	уется модуль покок ально оптимальное	а решение.	·		
9	Вид						Знак	Прав. Часть		-	1				
0	Огран. 1	-1,8	2	1	-4	756	=	756							
1	Огран. 2	-6	2	4	-1	453	>=	450							
.2	Огран. 3	4	-1,5	10,4	13	88	<=	89							
3															
4															
5															
.6															
.7															
.8															
.9															
0															
1	н Лист1 Лист2	Отчет о результа	гах 1 Лист 3 Лис	cr4 (2 3					Ĩ] 4 [1			1	
1050	6	0		w	× 6				1011					E	18.28

Рис. 12. Экранная форма численного решения задачи примера 1, к ограничениям которого добавлено требование целочисленности переменных.

Учебное издание

Чалганова А.А.

Методические указания по решению задач линейной оптимизации с использованием табличного процессора Excel по дисциплине «Экономико-математическое моделирование в управлении»

Печатается в авторской редакции.

Подписано в печать 31.05.2021. Формат 60×90 1/16. Гарнитура Times New Roman. Печать цифровая. Усл. печ. л. 1,25. Тираж 15 экз. Заказ № 1086. РГГМУ, 192007, Санкт-Петербург, Воронежская ул., д.79.