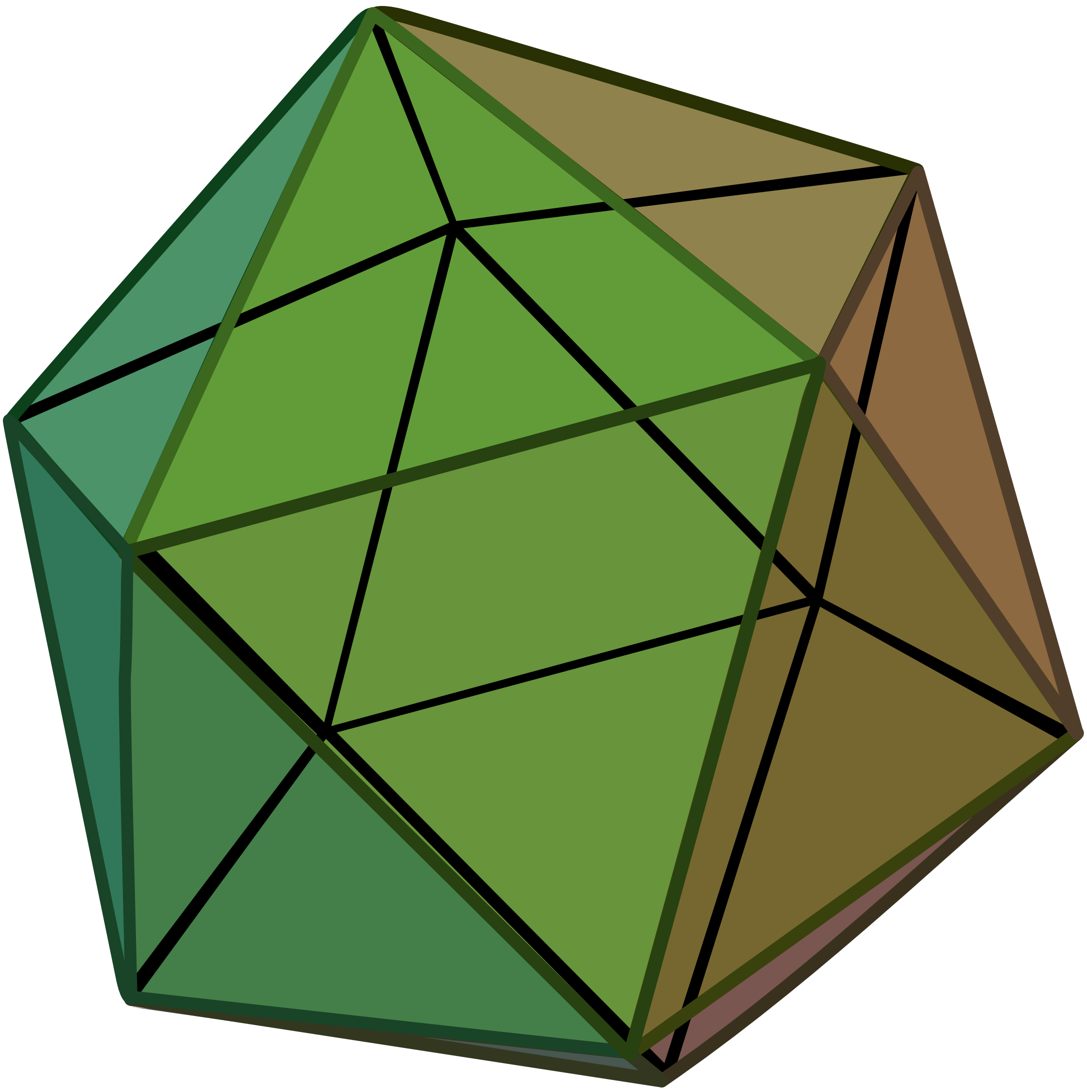

Simplex Solver

Руководство пользователя

г. Барнаул, 2009

Оглавление

1 Общая информация 4
2 Алгоритм работы программы 5
2.1 Выделение начального базиса 5
2.2 Нахождение оптимального опорного плана 5
2.3 Вычисление интервалов устойчивости двойственных оценок 6
3 Установка программы 7
3.1 Windows 7
3.2 Linux/X11 7
3.3 Сборка из исходных текстов 7
4 Использование программы 8
4.1 Ввод задачи 8
4.2 Вывод результата 9
5 Примеры решения задач 11
5.1 Пример I 11
5.1.1 Решение исходной ЗЛП 11
5.1.2 Решение двойственной ЗЛП 12
5.1.3 Решение исходной и двойственное ЗЛП в программе 14
5.2 Пример II 16
5.2.1 Решение исходной ЗЛП 16
5.2.2 Решение ЗЛП в программе 18
5.3 Пример III 19
5.3.1 Решение исходной ЗЛП 19
5.3.2 Нахождение целочисленных решений 19
5.3.3 Решение ЗЛП в программе 21

1 Общая информация

SimplexSolver решает задачу линейного программирования (ЗЛП). Задача линейного программирования заключается в нахождении максимума или минимума целевой функции при заданной системе линейных ограничений.

Основная задача линейного программирования может быть записана в следующем виде:

$$F(\vec{X}) = c_1x_1 + c_2x_2 + \ldots + c_nx_n \to max \tag{1}$$

$$\begin{cases} a_{11}x_1 & + & a_{12}x_2 & + & \ldots & a_{1n}x_n & \leq & b_1 \\ a_{21}x_1 & + & a_{22}x_2 & + & \ldots & a_{2n}x_n & \leq & b_2 \\ \vdots & & \vdots & & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{m1}x_1 & + & a_{m2}x_2 & + & \ldots & a_{mn}x_n & \leq & b_m \end{cases} \tag{2}$$

Знаки неравенств (2) могут быть как $\leq$ и $\geq$, так и $=$. В последнем случае говорят, что задача представлена в каноническом виде.

Поскольку отрицательные значения x_{ij} как правило не имеют экономического смысла, то к системе ограничений (2) часто добавляют условие $x_i \geq 0$. Программа предназначена в первую очередь для учащишся экономических специальностей, поэтому имеет естественное ограничение на неотрицательность искомых переменных.

Часто нецелые значения x_{ij} также не имеют экономического смысла. Допустим эти переменные могут показывать количество единиц выпускаемой продукции и дробное значение не уместно в данном случае. Тогда к системе ограничений (2) добавляют также условие целочисленности переменных, что также предусмотрено в программе. В этом случае говорят, что это задача целочисленного линейного программирования.

Для простоты, условия ЗЛП часто записывают ввиде вектор-строки $\vec{C}$ коэффициентов при целевой функции, матрицы коэфициентов в системе ограничений (2) и вектора $\vec{B}$ свободных членов этой системы.

2 Алгоритм работы программы

2.1 Выделение начального базиса

Для решения ЗЛП исходную матрицу ограничений необходимо представить в каноническом виде и выделить в ней начальный базис. Программа пытается найти базисные вектора в исходной системе уравнений, а при отсутствии таковых, добавляет балансовые, и при необходимости искусственные переменные (используется метод искусственного базиса) в систему ограничений. Данные переменные представляют собой разницу между запасами ресурсов и их потреблением. Коэффициенты при искусственных переменных в исходной функции обозначаются буквой W. Подразумевается, что W бесконечно большой число, которое не повлияет на ход нахождения минимума функции.

Алгоритм программы сводит любую задачу к нахождению минимума. Для этого коэффициенты при целевой функции умножаются на -1, что позволяет заменить задачу максимизации задачей минимизации.

2.2 Нахождение оптимального опорного плана

После выделения начального плана, программа в поисках оптимального опорного плана начинает перемещение по вершинам симплекса. Для этого составляются промежуточные симплекс-таблицы.

В $m+1$ в столбце В находится текущее значение целевой функции. В $m+2$ строке в столбце B находится искусственная часть значения функции. В случае максимизации, данные значения записаны с противоположным знаком. В столбцах P_i $m+1$ строки находятся объективно-обусловленные оценки (решений двойственной задачи). Экономическая интерпретация данных оценок может быть различна, но как правило данные оценки показывают степень важности каждого из ресурсов.

В $m+2$ строке находится искуственная часть двойственных оценок, которая при успешном решении задачи обращается в ноль (это может означать, что все искусственные переменные исключены).

Выводимый из базиса компонент определяется по максимальному неотрицательному значению в $m+2$ строке. В случае обращения значений в неискусственных столбцах P_i строки $m+2$, выполняется поиск максимального значения в $m+1$ строке. В случае отсутствия положительных неискуственных элементов в $m+2$ строке и равенству нулю значения в столбце B, выполняется поиск максимального значения в $m+1$ строке над нулевыми элементами $m+2$. В противном случае задача не имеет решения. Отсутствие положительных элементов в $m+1$ наоборот говорит о нахождении оптимального опорного плана и соотвественно решения задачи. Следует учитывать, что выведенная из базиса искуственная переменная больше в базис не вводится.

По столбцу θ определятся компонент, вводимый в базис. Отсутствие в столбце положительных значений говорит о невозможности нахождения оптимального плана.

После нахождение оптимального опорного плана (а значит и решения задачи), программа проверяет условие целочисленности выбранных переменных. В случае нецелочисленности одной из указанных переменных, выполняется отсечение Гомори и смена базиса, после чего поиск оптимального целочисленного решения продолжается вновь.

2.3 Вычисление интервалов устойчивости двойственных оценок

Программа также умеет вычислять интервалы значений $\vec{\mathrm{C}}$ и $\vec{B}$, в которых двойственные оценки сохраняют свое значение. Для этого из симплекс таблица находится обратная матрица (она содержится в столбцах исходного опорного плана канонической задачи) и умножается на приращение Δb_i.

3 Установка программы

Программа поддерживает все основные платформы, в том числе Windows, Unix/X11 и MacOS. Для графического интерфейса используется библиотека Qt 4.5, поэтому данная библиотека должна быть установлена в системе.

3.1 Windows

Для установки программы следует использовать программу установки SimplexSolver.exe, находящуюся в дистрибутиве программы и далее следовать инструкция мастера установки.

При установке будет предложено установить также необходимую версию библиотеки Qt, которая включена в дистрибутив программы и данный файл документации.

3.2 Linux/X11

В дистрибутиве программы находятся скомпилированные для архитектур x86 и x86_64 бинарные версии программы для linux. Необходимо скомпировать данные файлы на компьютер и установить права на исполнения для файла SimplexSolver (chmod +x SimplexSolver). После этого программу следует запускать командой ./SimplexSolver.

3.3 Сборка из исходных текстов

Вместе с дистрибутивом программы предоставляются исходные тексты, из которых программа может быть скомпилирована под любую другую платформу, в том числе Mac OS X, OpenSolaris или FreeBSD.

Для сборки программы необходимо сгенерировать Makefile. Для этого следует использовать команду qmake (входит в состав Qt). После генерации Makefile программу можно собрать командой gmake (или nmake, зависит от платформы).

Вы можете использовать тексты программы в своих разработках при соблюдении лицензионного соглашения программы.

4 Использование программы

Главное окно программы состоит из двух вкладок: “Условия” и “Решение”. В первой вкладке осуществляется ввод условий задачи. Во второй вкладке отображается ход решение и результат. Внешний вид и оформление программы могут отличаться в зависимости от платформы, на которой будет запущена программа.

4.1 Ввод задачи

Во вкладке “Условия” в первой строке необходимо задать целевую функцию (вектор-строк $\vec{C}$ и тип оптимизации. Во всех остальных строках, кроме последней — коэффициенты матрицы, знаки неравенств и значение свободных членов системы ограничений. В последней строке задаются ограничения целочисленности каждой из переменных.

Для добавления переменных и ограничений можно воспользоваться кнопками внизу таблицы или контекстным меню.

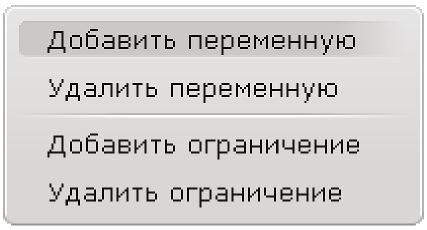

Рисунок 1 — Контекстное меню таблицы

Пример. Задача задана в следующем виде:

$$F(\vec{X}) = x_1 + x_2 \to max, \tag{3}$$

$$\begin{cases} x_1 + 5x_2 \leq 10 \\ 7x_1 + 8x_2 \leq 4 \\ x_i \geq 0. \end{cases} \tag{4}$$

В окне программы это будет выглядеть следующим образом:

	X_1	X_2		B
Функция	1	1	Максимум	
Ограничение 1	1	5	<=	10
Ограничение 2	7	8	<=	4
Число	Дробное	Дробное		

Рисунок 2 — Задание условий задачи в программе

4.2 Вывод результата

Во вкладке “Решение” отображается ход решения. В начале документа показана задача, приведенная к каноническому виду.

$$F(X) = -(-x_1 - x_2) \to \max$$
$$x_1 + 5x_2 + x_3 = 10$$
$$7x_1 + 8x_2 + x_4 = 4$$
$$x \geq 0$$

Рисунок 3 — Задача в каноническом виде

Далее идут промежуточные симплекс-таблицы, которые могут быть полезны для понимания механизма работы алгоритма или более детального исследования задачи. Следует учитывать, что при нахождении максимума, оценки в $m+1$ и $m+2$ строках таблицы записаны с противоположными знаками. При отсутствии искусственных переменных $m + 2$ строка не отображается.

i	базис	C_i	B	P_1	P_2	P_3	P_4	Θ
1	P_3	0	9,4286	0	3,8571	1	-0,14286	10
2	P_1	-1	0,57143	1	1,1429	0	0,14286	0,57143
m+1			-0,57143	0	-0,14286	0	-0,14286	

Рисунок 4 — Симплекс-таблица

После таблиц отображается оптимальное значение функции $F(\vec{X})$ и значения соответствующих переменных x_i ввиде компонентов вектора $\vec{X}$.

Оптимум найден:
F = 0,57143,
X = (0,57143;0;9,4286;0).

Рисунок 5 — Результат

В самом конце указаны интервалы устойчивости $\vec{\mathrm{C}}$ и $\vec{B}$, при которых двойственные оценки сохраняют свое значение.

Решение стабильно, если:
$B_1 \in (-\infty\ ;\ 19{,}429]$
$B_2 \in [-62\ ;\ 8]$

$C_1 \in [-1\ ;\ -1]$
$C_2 \in (-\infty\ ;\ -0{,}85714]$

Рисунок 6 — Интервалы устойчивости

Вывод программы можно сохранить в файл. В данной версии поддерживается формат OpenDocument Text (.odt), который в свою очередь использует популярный офисный пакет OpenOffice.org, и формат HTML 4 (.html), который может быть открыт любым совместимым веб-браузером. Также предусмотрена возможность отправки вывода программы на печать.

5 Примеры решения задач

5.1 Пример I

Задана ЗЛП с целевой функцией:

$$F(\vec{X}) = x_1 + x_2 \rightarrow max. \tag{5}$$

Система ограничений имеет следующий вид:

$$\begin{cases} 20x_1 + 10x_2 \leq 45 \\ 2x_1 + 7x_2 \leq 14 \\ x_i \geq 0 \end{cases} \tag{6}$$

.

5.1.1 Решение исходной ЗЛП

Введем балансовые переменные и приведем к каноническому виду. Для нахождения максимума, умножим целевую функцию на -1.

$$-F(\vec{X}) = -(-x_1 - x_2) \rightarrow max$$

$$\begin{cases} 20x_1 + 10x_2 + x_3 = 45 \\ 2x_1 + 7x_2 + x_4 = 14 \\ x_i, s_i \geq 0 \end{cases} \tag{7}$$

Составим таблицу и решим задачу симплекс-методом.

i	Базис	C_i	B	$C_1 = -1$	$C_2 = -1$	$C_3 = 0$	$C_4 = 0$	Θ_i
1	P_3	0	45	20	10	1	0	2,25
2	P_4	0	14	2	7	0	1	7
$m+1$			0	1	1	0	0	

i	Базис	C_i	B	$C_1 = -1$	$C_2 = -1$	$C_3 = 0$	$C_4 = 0$	Θ_i
1	P_1	-1	2,25	1	0,5	0,05	0	4,5
2	P_4	0	9,5	0	6	$-0{,}1$	1	1,583
$m+1$			$-2{,}25$	0	0,5	$-0{,}05$	0	

i	Базис	C_i	B	$C_1 = -1$	$C_2 = -1$	$C_3 = 0$	$C_4 = 0$	Θ_i
1	P_1	-1	1,458	1	0	0,05833	$-0{,}08333$	4,5
2	P_2	-1	1,583	0	1	$-0{,}01667$	0,1667	1,583
$m+1$			$-3{,}042$	0	0	$-0{,}04167$	$-0{,}08333$	
$m+1$			3,042	0	0	0,04167	0,08333	

Получен оптимальный план: $X^{\text{опт}} = (1{,}458; 1{,}583)$, и оптимальное значение целевой функции $F^{\text{опт}} = 3{,}04$.

Тогда оптимальный план и значение двойственной симметричной ЗЛП:

$$Y^{\text{опт}} = (0{,}042; 0{,}083),\ Z^{\text{опт}} = 3{,}04.$$

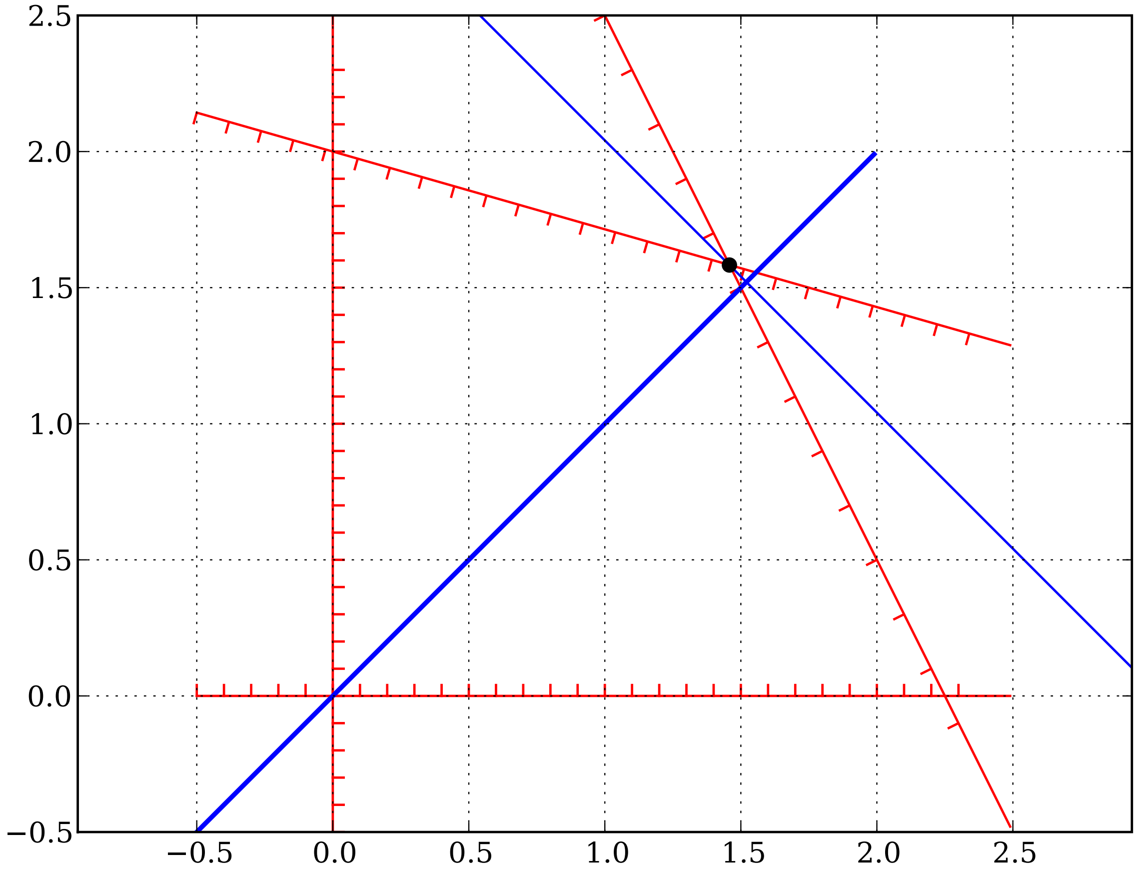

Рисунок 7 — Решение исходной ЗЛП графическим методом

5.1.2 Решение двойственной ЗЛП

Построим двойственную симметричную ЗЛП:

$$Z(\vec{Y}) = 45y_1 + 14y_2 \to min, \tag{8}$$

$$\begin{cases} 20y_1 + 2y_2 \geq 1, \\ 10y_1 + 7y_2 \geq 1, \\ y_1, y_2 \geq 0. \end{cases} \tag{9}$$

Введем искусственные переменные и приведем к каноническому виду.

$$Z(\vec{Y}) = 45y_1 + 14y_2 + Wy_5 + Wy_6 \to min \tag{10}$$

$$\begin{cases} 20y_1 + 2y_2 - y_3 + s_5 = 1 \\ 10y_1 + 7y_2 - y_4 + s_6 = 1 \\ y_i, s_i \geq 0 \end{cases} \tag{11}$$

i	Базис	B_i	C	$B_1 = 45$	$B_2 = 14$	$B_3 = 0$	$B_4 = 0$	$B_5 = W$	$B_6 = W$	Θ_i
1	P_5	W	1	20	2	-1	0	1	0	0,05
2	P_6	W	1	10	7	0	-1	0	1	0,1
$m+1$			0	-45	-14	0	0	0	0	
$m+2$			$2W$	$30W$	$9W$	$-1W$	$-1W$	$0W$	$0W$	

i	Базис	B_i	C	$B_1 = 45$	$B_2 = 14$	$B_3 = 0$	$B_4 = 0$	$B_5 = W$	$B_6 = W$	Θ_i
1	P_1	45	0,05	1	0,1	$-0{,}05$	0	0,05	0	0,5
2	P_6	W	0,5	0	6	0,5	-1	$-0{,}5$	1	0,08333
$m+1$			2,25	0	$-9{,}5$	$-2{,}25$	0	2,25	0	
$m+2$			$0{,}5W$	$0W$	$6W$	$0{,}5W$	$-1W$	$-1{,}5W$	$0W$	

i	Базис	B_i	C	$B_1 = 45$	$B_2 = 14$	$B_3 = 0$	$B_4 = 0$	$B_5 = W$	$B_6 = W$	Θ_i
1	P_1	45	0,04167	1	0	$-0{,}05833$	0,01667	0,05833	$-0{,}01667$	
2	P_2	14	0,08333	0	1	0,08333	$-0{,}1667$	$-0{,}08333$	0,1667	
			3,042	0	0	$-1{,}458$	$-1{,}583$	1,458	1,583	
			$0W$	$0W$	$0W$	$0W$	$0W$	$-1W$	$-1W$	

Получен оптимальный план: $Y^{\text{опт}} = (0{,}0417; 0{,}0833)$, и оптимальное значение целевой функции $Z^{\text{опт}} = 3{,}04$.

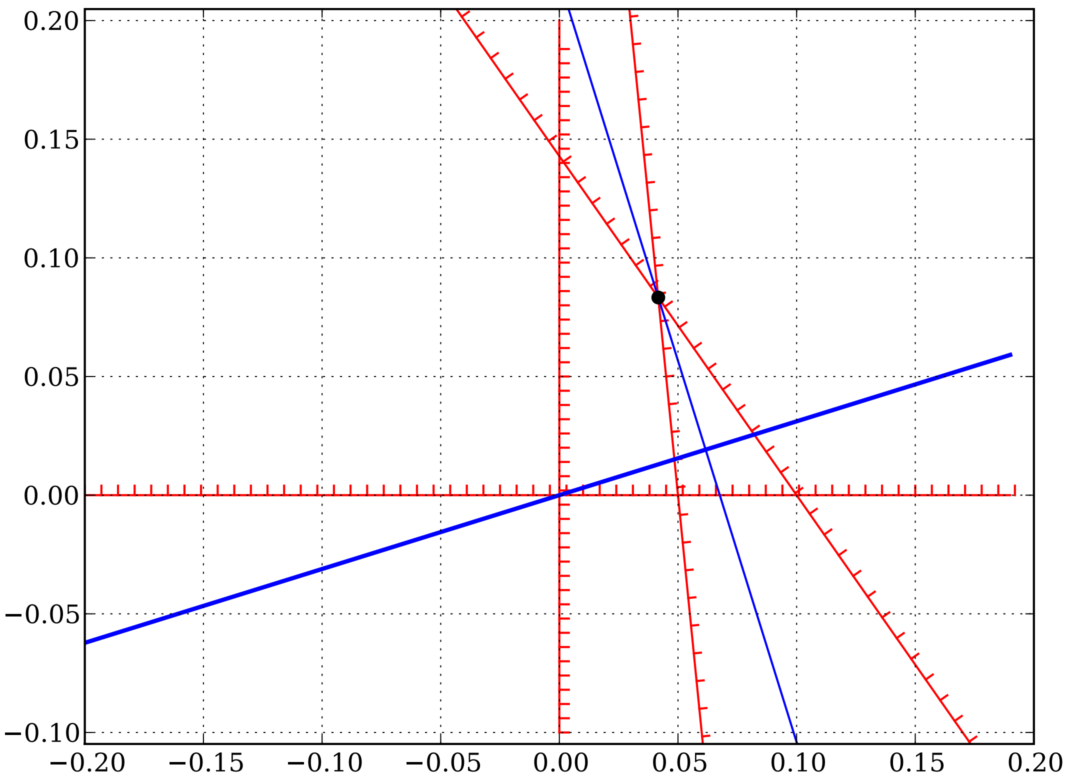

Рисунок 8 — Решение двойственной задачи графическим методом

5.1.3 Решение исходной и двойственное ЗЛП в программе

Введем исходную и двойственную ЗЛП в программу и сравним результаты.

	X_1	X_2		B
Функция	1	1	Максимум	
Ограничение 1	20	10	<=	45
Ограничение 2	2	7	<=	14
Число	Дробное	Дробное		

Рисунок 9 — Условие задачи в программе

Оптимум найден:
F = 3,0417,
X = (1,4583;1,5833;0;0).

Решение стабильно, если:
$B_1 \in [-50\ ;\ 70]$
$B_2 \in [-3{,}5\ ;\ 23{,}5]$

$C_1 \in [-1\ ;\ -1]$
$C_2 \in [-1\ ;\ -1]$

Рисунок 10 — Решение задачи в программе

	X_1	X_2		B
Функция	45	14	Минимум	
Ограничение 1	20	2	>=	1
Ограничение 2	10	7	>=	1
Число	Дробное	Дробное		

Рисунок 11 — Условие двойственной задачи в программе

Оптимум найден:
F = 3,0417,
X = (0,041667;0,083333;0;0;0;0).

Решение стабильно, если:
$B_1 \in [0{,}28571\ ;\ 2]$
$B_2 \in [0{,}5\ ;\ 3{,}5]$

$C_1 \in [45\ ;\ 45]$
$C_2 \in [14\ ;\ 14]$

Рисунок 12 — Решение двойственной задачи в программе

5.2 Пример II

Задана ЗЛП:

$$F(\vec{X}) = 3x_1 + 3x_2 \to max, \tag{12}$$

$$\begin{cases} x_1 - 4x_2 \leq 4 \\ 3x_1 + 2x_2 \leq 6 \\ x_1 + 2x_2 \geq 2 \\ x_1, x_2 \geq 0 \end{cases} \tag{13}$$

.

5.2.1 Решение исходной ЗЛП

Введем искусственные переменные и приведем к каноническому виду. Для нахождения максимума, умножим целевую функцию на -1.

$$-F(\vec{X}) = -(-3x_1 - 3x_2 + Wx_6) \to max$$

$$\begin{cases} x_1 - 4x_2 + x_3 = 4 \\ 3x_1 + 2x_2 + x_4 = 6 \\ x_1 + 2x_2 - x_5 + s_6 = 2 \\ x_i, s_i \geq 0 \end{cases} \tag{14}$$

i	Базис	C_i	B	$C_1 = -3$	$C_2 = -3$	$C_3 = 0$	$C_4 = 0$	$C_5 = 0$	$C_6 = W$	Θ_i
1	P_3	0	4	1	-4	1	0	0	0	–
2	P_4	0	6	3	2	0	1	0	0	3
3	P_6	W	2	1	2	0	0	-1	1	1
$m+1$			0	3	3	0	0	0	0	
$m+2$			$2W$	$1W$	$2W$	$0W$	$0W$	$-1W$	$0W$	

i	Базис	C_i	B	$C_1 = -3$	$C_2 = -3$	$C_3 = 0$	$C_4 = 0$	$C_5 = 0$	$C_6 = W$	Θ_i
1	P_3	0	8	3	0	1	0	-2	2	2,667
2	P_4	0	4	2	0	0	1	1	-1	2
3	P_2	-3	1	0,5	1	0	0	$-0{,}5$	0,5	2
$m+1$			-3	1,5	0	0	0	1,5	$-1{,}5$	
$m+2$			$0W$	$0W$	$0W$	$0W$	$0W$	$0W$	$-1W$	

i	Базис	C_i	В	$C_1 = -3$	$C_2 = -3$	$C_3 = 0$	$C_4 = 0$	$C_5 = 0$	$C_6 = W$	Θ_i
1	P_3	0	2	0	0	1	−1,5	−3,5	3,5	–
2	P_1	−3	2	1	0	0	0,5	0,5	−0,5	4
3	P_2	−3	0	0	1	0	−0,25	−0,75	0,75	–
$m+1$			−6	0	0	0	−0,75	0,75	−0,75	
$m+2$			$0W$	$0W$	$0W$	$0W$	$0W$	$0W$	$-1W$	

i	Базис	C_i	В	$C_1 = -3$	$C_2 = -3$	$C_3 = 0$	$C_4 = 0$	$C_5 = 0$	$C_6 = W$	Θ_i
1	P_3	0	16	7	0	1	2	0	0	–
2	P_5	0	4	2	0	0	1	1	−1	4
3	P_2	−3	3	1,5	1	0	0,5	0	0	–
$m+1$			−9	−1,5	0	0	−1,5	0	0	
$m+1$			9	1,5	0	0	1,5	0	0	
$m+2$			$0W$	$0W$	$0W$	$0W$	$0W$	$0W$	$-1W$	

Получен оптимальный план: $X^{\text{опт}} = (0; 3)$, и оптимальное значение целевой функции $F^{\text{опт}} = 9$.

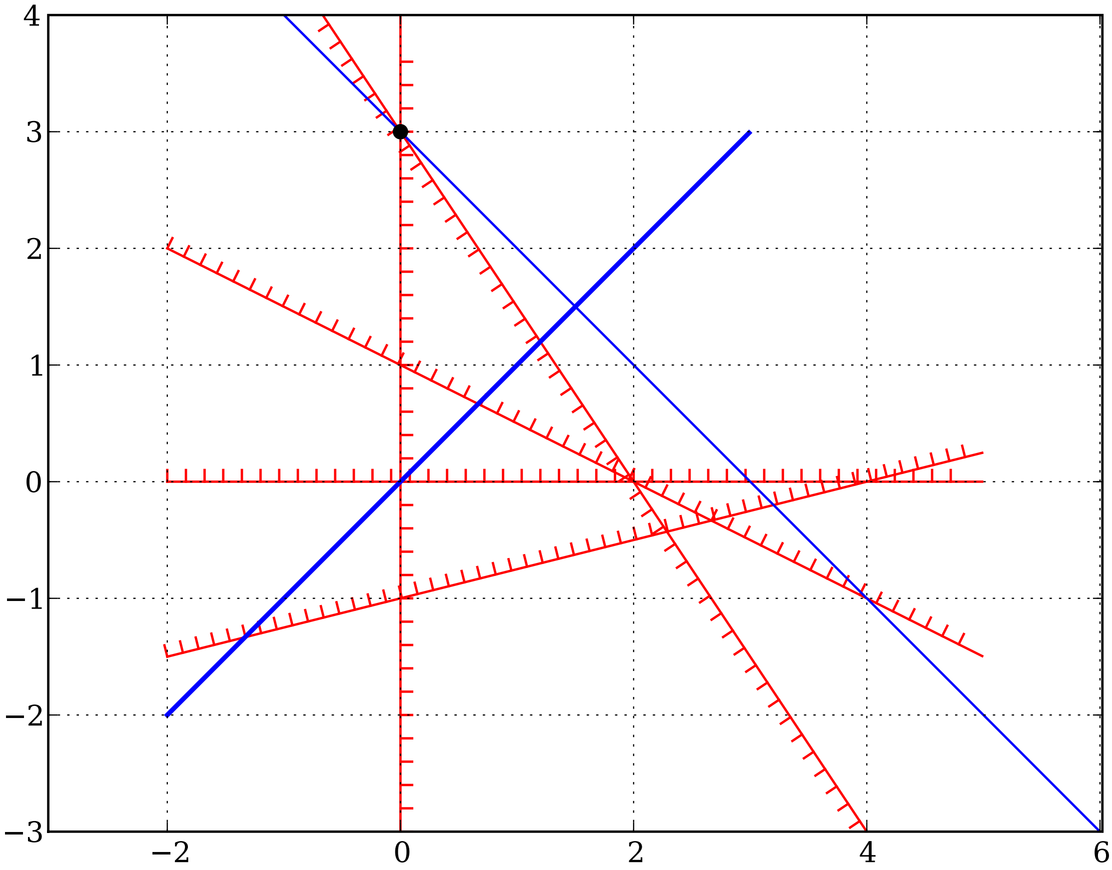

Рисунок 13 — Решение ЗЛП графическим методом

5.2.2 Решение ЗЛП в программе

Введем ЗЛП в программу и сравним результаты.

	X_1	X_2		B
Функция	3	3	Максимум	
Ограничение 1	1	-4	<=	4
Ограничение 2	3	2	<=	6
Ограничение 3	1	2	>=	2
Число	Дробное	Дробное		

Рисунок 14 — Условие задачи в программе

Оптимум найден:
F = 9,
X = (0;3;16;0;4;0).

Решение стабильно, если:
$B_1 \in (-\infty\ ;\ 20]$
$B_2 \in (-\infty\ ;\ 10]$
$B_3 \in [-2\ ;\ \infty)$

$C_1 \in (-\infty\ ;\ -1{,}5]$
$C_2 \in [-3\ ;\ -3]$

Рисунок 15 — Решение задачи в программе

5.3 Пример III

Задана ЗЛП:

$$F(\vec{X}) = x_1 + 4x_2 \to max$$

$$\begin{cases} 2x_1 + 4x_2 \leq 17 \\ 10x_1 + 3x_2 \leq 15 \\ x_i \geq 0 \end{cases} \tag{15}$$

5.3.1 Решение исходной ЗЛП

Введем искусственные переменные и приведем к каноническому виду. Для нахождения максимума, умножим целевую функцию на -1.

$$-F(\vec{X}) = -(-x_1 - 4x_2) \to max$$

$$\begin{cases} 2x_1 + 4x_2 + x_3 = 17 \\ 10x_1 + 3x_2 + x_4 = 15 \\ x_i, s_i \geq 0 \end{cases} \tag{16}$$

i	Базис	C_i	B	$C_1 = -1$	$C_2 = -4$	$C_3 = 0$	$C_4 = 0$	Θ_i
1	P_3	0	17	2	4	1	0	4,25
2	P_4	0	15	10	3	0	1	5
$m+1$			0	1	4	0	0	

i	Базис	C_i	B	$C_1 = -1$	$C_2 = -4$	$C_3 = 0$	$C_4 = 0$	Θ_i
1	P_2	-4	4,25	0,5	1	0,25	0	4,25
2	P_4	0	2,25	8,5	0	$-0{,}75$	1	5
$m+1$			-17	0	0	-1	0	

Получен оптимальный план: $X^{\text{опт}} = (0; 4{,}25)$, и оптимальное значение целевой функции $F^{\text{опт}} = 17$.

5.3.2 Нахождение целочисленных решений

Компонент P_2 полученного плана не является целочисленным. Применим алгоритм Гомори. Первое отсечение:

$$-0{,}5x_1 - 0{,}25x_3 + U_1 = -0{,}25. \tag{17}$$

i	Базис	C_i	B	$C_1 = -1$	$C_2 = -4$	$C_3 = 0$	$C_4 = 0$	$C_5 = 0$	Θ_i
1	P_2	-4	4,25	0,5	1	0,25	0	0	–
2	P_4	0	2,25	8,5	0	$-0{,}75$	1	0	–
3	P_5	0	$-0{,}25$	$-0{,}5$	0	$-0{,}25$	0	1	–
$m+1$			-17	0	0	0	0	0	

i	Базис	C_i	B	$C_1 = -1$	$C_2 = -4$	$C_3 = 0$	$C_4 = 0$	$C_5 = 0$	Θ_i
1	P_2	-4	4	0	1	0	0	1	–
2	P_4	0	-2	0	0	-5	1	17	–
3	P_1	-1	0,5	1	0	0,5	0	-2	–
$m+1$			-17	0	0	0	0	0	

Второе отсечение:

$$-0{,}5x_3 + U_2 = -0{,}5. \tag{18}$$

i	Базис	C_i	B	$C_1 = -1$	$C_2 = -4$	$C_3 = 0$	$C_4 = 0$	$C_5 = 0$	$C_6 = 0$	Θ_i
1	P_2	-4	4	0	1	0	0	1	0	–
2	P_4	0	-2	0	0	-5	1	17	0	–
3	P_1	-1	0,5	1	0	0,5	0	-2	0	–
4	P_6	0	$-0{,}5$	0	0	$-0{,}5$	0	0	1	–
$m+1$			-17	0	0	0	0	0	0	

i	Базис	C_i	B	$C_1 = -1$	$C_2 = -4$	$C_3 = 0$	$C_4 = 0$	$C_5 = 0$	$C_6 = 0$	Θ_i
1	P_2	-4	4	0	1	0	0	1	0	–
2	P_4	0	3	0	0	0	1	17	-10	–
3	P_1	-1	0	1	0	0	0	-2	1	–
4	P_3	0	1	0	0	1	0	0	-2	–
$m+1$			-17	0	0	0	0	0	0	

Получен оптимальный план: $X^{\text{опт}} = (0; 4)$, и оптимальное значение целевой функции $F^{\text{опт}} = 16$.

5.3.3 Решение ЗЛП в программе

Введем ЗЛП в программу и сравним результаты.

	X_1	X_2		B
Функция	1	4	Максимум	
Ограничение 1	2	4	<=	17
Ограничение 2	10	3	<=	15
Число	Целое	Целое		

Рисунок 16 — Условие задачи в программе

Оптимум найден:
$F = 16$,
$X = (0;4;1;3;0;0)$.

Решение стабильно, если:
$B_1 \in [14 ; 34]$
$B_2 \in (-\infty ; 17{,}25]$

$C_1 \in (-\infty ; 0]$
$C_2 \in [-4 ; -4]$

Рисунок 17 — Решение задачи в программе