

УДК 004.02, 330.46

ПРИМЕНЕНИЕ ЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ПРОЦЕССОМ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КРЕДИТНЫХ ЗАЯВОК ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ БИЗНЕС-ПЛАНА

К. Г. Гуменюк, аспирант РГРТУ, Рязань, Россия;

orcid.org/0000-0002-2274-8760, e-mail: zebrzn@mail.ru;

А. Н. Пылькин, д.т.н., профессор кафедры ВПМ РГРТУ, Рязань, Россия;

orcid.org/0000-0001-9925-2870, e-mail: pylkin.a.n@rsreu.ru;

Рассматривается задача распределения кредитных заявок при управлении процессом в банке для оптимального выполнения бизнес-плана с использованием методов решения задачи линейного программирования (ЗЛП). Целями работы являются постановка и решение ЗЛП в заданных условиях с ограничениями. Входными данными являются параметры актуальной бизнес-задачи для кредитного отдела в коммерческом банке. Задача кредитному отделу поставлена с целью выполнения бизнес-плана с ограничениями по времени и использованию трудовых ресурсов. Этими условиями определяется актуальность темы статьи. Рекомендации к принятию управленческого решения даны на основе применения методов для решения ЗЛП. Рассмотрен бизнес-процесс распределения кредитных заявок в банке, а также произведен математический расчет с использованием методов для решения ЗЛП. Даны рекомендации для программной реализации произведенных расчетов в информационных системах коммерческих банков.

Ключевые слова: линейное программирование, задача линейного программирования, коммерческий банк, кредитный продукт, бизнес-план, кредитный отдел, кредит, банковская гарантия, математический расчет, информационные системы.

DOI: 10.21667/1995-4565-2020-74-73-79

Введение

Сохраняющийся повышенный спрос на банковские кредитные продукты в экономике РФ, а также целевые ориентиры коммерческих банков на рост чистой прибыли и оптимизацию затрат приводят к необходимости банкам совершенствовать бизнес-процессы путем их автоматизации, улучшать методы управления, а также использовать математические модели оптимизации и распределения ресурсов. Следует отметить, что задачи оптимизации [3] и совершенствования методологии управления [4] стоят перед большинством компаний финансового сектора РФ. Для помощи в принятии управленческого решения в работе предложен расчет оптимального варианта распределения заявок между специалистами в кредитном отделе банка с целью выполнения максимального уровня бизнес-плана по данному направлению коммерческой деятельности в ограниченный срок и с ограниченным количеством трудовых ресурсов. Оптимальный вариант может быть найден с помощью методов для решения ЗЛП. Использование примера данных расчетов и их дальнейшая программная реализация представляются актуальными с точки зрения практического использования.

Теоретическая часть

Существуют различные методы решения ЗЛП для оптимизации процессов. Для дальнейшего рассмотрения вопроса следует отметить, что линейное программирование является направлением математического программирования, которое изучает методы решения экстремальных задач с линейной зависимостью между переменными и линейным критерием [1].

Пример алгоритма работы с кредитными заявками в коммерческом банке представлен на рисунке 1. В упрощенном варианте эта схема имеет последовательность: заявка-распределение-рассмотрение-решение.

Предложенный в статье вариант решения ЗЛП можно использовать при управлении процессом оценки и приоритизации заявок.

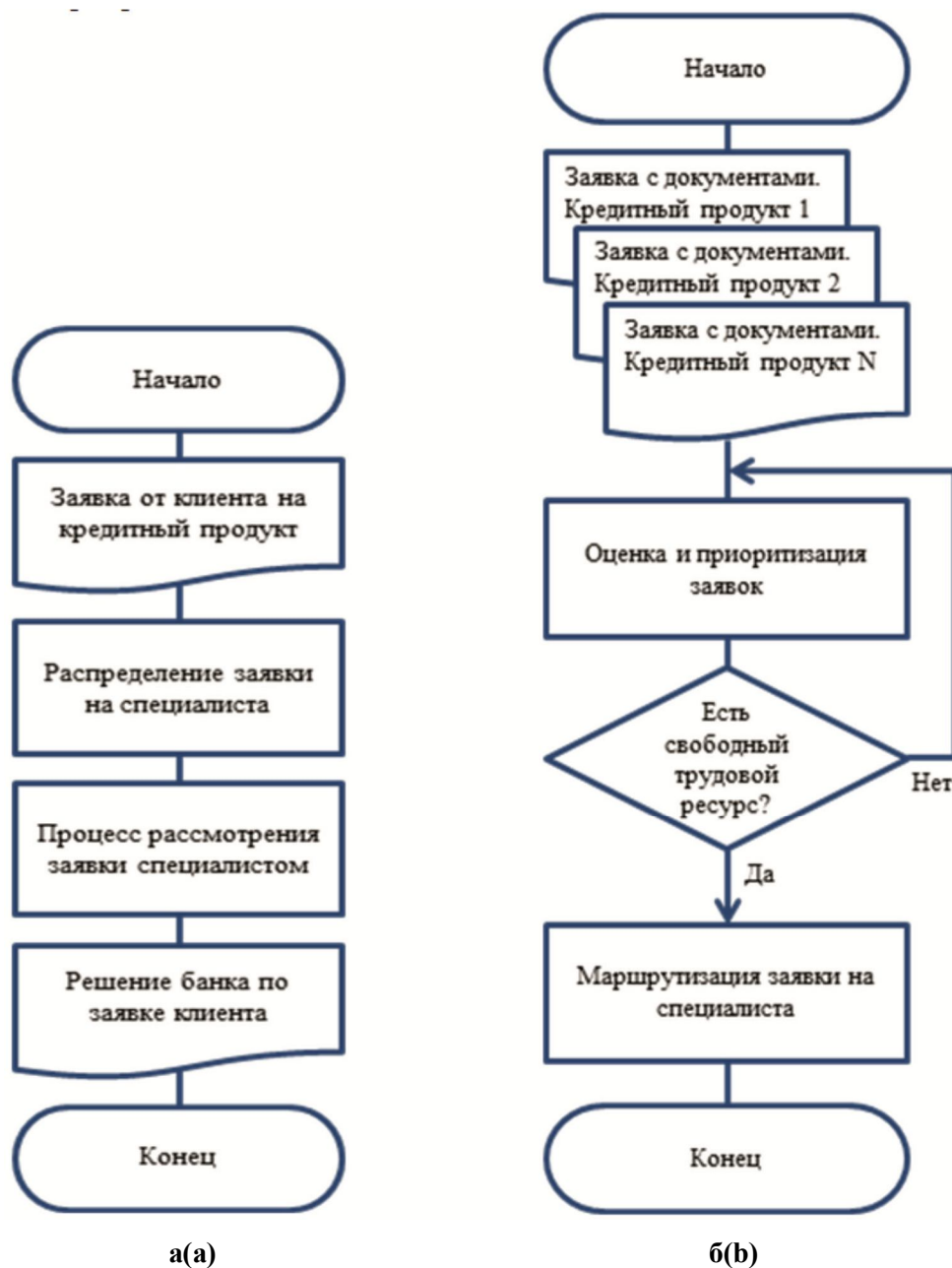


Рисунок 1 – Алгоритм процесса:

а – работы с кредитными заявками в банке; б – распределения заявок на специалистов

Figure 1 – Process algorithm:

a – working with loan applications in a bank; b – distributing applications on specialists

Каждый кредитный продукт имеет свое нормативное время рассмотрения заявки. Для постановки и решения ЗЛП рассмотрим пример кредитного отдела, состоящего из 3 кредитных специалистов разной квалификации. Задача кредитного отдела - на коротком промежутке времени достичь максимальных показателей бизнес-плана. Промежуток времени равен одному спринту по Agile-методологии рабочего процесса – 2 недели (или 10 рабочих дней). Таким образом, один специалист кредитного отдела является трудовым ресурсом в рамках 1 спринта в размере 10 человеко-дней (рисунок 2).



Рисунок 2 – Распределение трудовых ресурсов в 1 спринте

Figure 2 – Distribution of labor resources in 1st sprint

При принятии управленческих решений в процессе оценки и приоритизации заявок в кредитном отделе использовался принцип очереди заявок, что может не являться оптимальным решением задачи выполнения максимального показателя бизнес-плана по внутренним установленным ключевым показателям эффективности KPI (Key performance indicators). С целью нахождения оптимального решения и помощи в принятии управленческого решения в процессе оценки и приоритизации заявок предложены: расчет с использованием методов решения ЗЛП и рекомендации для программной реализации расчета в информационных системах коммерческого банка.

Практическая часть

Для постановки ЗЛП в статье рассмотрен ряд условий и ограничений.

Каждый кредитный продукт в заданном диапазоне сумм сделок для кредитного отдела банка имеет свой приоритет и балльную оценку в рамках выполнения бизнес-плана. Например, для рассматриваемого кредитного отдела банка заявка на кредит имеет балльную оценку 2, а заявка по банковской гарантии оценивается на 1 балл. Ресурс кредитного отдела ограничен 3 кредитными специалистами разной квалификации. Нормативное время рассмотрения заявки по каждому продукту указано в таблице 1. На момент старта нового спринта в кредитный отдел поступили и ожидают рассмотрения 10 заявок по кредиту и 18 заявок по банковским гарантиям.

Таким образом, необходимо определить количество заявок по кредитам и банковским гарантиям, которые должны обработать 3 специалиста кредитного отдела банка за 1 спринт, и оптимальное распределение заявок между специалистами. Критерием оптимального распределения заявок является показатель KPI, достигающий максимального значения по балльной оценке в заданной системе ограничений. В данных условиях время работы специалистов равно 30 человеко-дням или 240 человеко-часам при восьми часовом рабочем дне.

Сформулированная задача решается с использованием методов решения ЗЛП. Условия актуальной задачи для бизнеса коммерческого банка записаны в таблице 1.

Сформулированная ЗЛП решена симплексным методом с использованием симплексной таблицы.

Максимальное значение целевой функции:

$$f(x) = 2x_1 + x_2 + 2x_3 + x_4 + 2x_5 + x_6 \rightarrow \max.$$

Ограничения:

$$12x_1 + 8x_2 + 14x_3 + 10x_4 + 16x_5 + 12x_6 \leq 240,$$

$$12x_1 + 8x_2 \leq 80,$$

$$14x_3 + 10x_4 \leq 80,$$

$$16x_5 + 12x_6 \leq 80,$$

$$x_1 + x_3 + x_5 \leq 10,$$

$$x_2 + x_4 + x_6 \leq 18.$$

Таблица 1 – Условия задачи
Table 1 – Problem conditions

Кредитный специалист	Кредит. Нормативное время рассмотрения, ч	Кредит. Кол-во заявок для рассмотрения за 1 спринт, шт.	Банковская гарантия. Нормативное время рассмотрения, ч	Банковская гарантия. Кол-во заявок для рассмотрения за 1 спринт, шт.	Запас рабочего времени за 1 спринт, ч
КС1 (высшая квалификация)	12	x_1	8	x_2	80
КС2 (продвину-тая квалификация)	14	x_3	10	x_4	80
КС3 (базовая квалификация)	16	x_5	12	x_6	80
Балльная оценка	-	2	-	1	-

Система ограничений с неравенствами приведена к системе уравнений в первом опорном плане с помощью добавления дополнительных переменных. В первом неравенстве введена базисная переменная x_7 . Во втором неравенстве введена базисная переменная x_8 . В третьем неравенстве введена базисная переменная x_9 . В четвертом неравенстве введена базисная переменная x_{10} . В пятом неравенстве введена базисная переменная x_{11} . В шестом неравенстве введена базисная переменная x_{12} .

$$\begin{aligned}
 12x_1 + 8x_2 + 14x_3 + 10x_4 + 16x_5 + 12x_6 + x_7 &= 240, \\
 12x_1 + 8x_2 + x_8 &= 80, \\
 14x_3 + 10x_4 + x_9 &= 80, \\
 16x_5 + 12x_6 + x_{10} &= 80, \\
 x_1 + x_3 + x_5 + x_{11} &= 10, \\
 x_2 + x_4 + x_6 + x_{12} &= 18.
 \end{aligned}$$

Для приведенной системы уравнений матрица коэффициентов $A = a(ij)$ записана в таблице 2.

Таблица 2 – Матрица
Table 2 – Matrix

12	8	14	10	16	12	1	0	0	0	0	0
12	8	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
0	0	14	10	0	0	0	0	1	0	0	0
0	0	0	0	16	12	0	0	0	1	0	0
1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0
0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1

Переменные, входящие только в одно уравнение системы ограничений с единичным коэффициентом, называются базисными переменными.

Система уравнений решается относительно $x_7, x_8, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12}$. Первый опорный план:

$$x_0 = (0, 0, 0, 0, 0, 0, 240, 80, 80, 80, 10, 18).$$

Базисное решение называется допустимым, если оно неотрицательно.

Алгоритм симплекс-метода реализован в итерациях с поиском оптимального плана. В итерации № 0:

1. Проверка критерия оптимальности.

Таблица 3 – Симплекс-таблица
Table 3 – Simplex table

Базис	B	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	x_{12}
x_7	240	12	8	14	10	16	12	1	0	0	0	0	0
x_8	80	12	8	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
x_9	80	0	0	14	10	0	0	0	0	1	0	0	0
x_{10}	80	0	0	0	0	16	12	0	0	0	1	0	0
x_{11}	10	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0
x_{12}	18	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1
$f(x_0)$	0	-2	-1	-2	-1	-2	-1	0	0	0	0	0	0

В индексной строке находятся отрицательные коэффициенты, поэтому опорный план не является оптимальным.

2. Определение новой базисной переменной.

В качестве ведущего выбран столбец, соответствующий переменной x_5 , так как это наибольший коэффициент по модулю.

3. Определение новой свободной переменной.

Значения D_i вычислены как частное от деления по строкам: b_i / a_{i5} . Выбрано наименьшее из них:

$$\min = (240:16, -, -, 80:16, 10:1, -) = 5.$$

Следовательно, ведущей является четвертая строка.

Разрешающий элемент на пересечении ведущей строки и ведущего столбца равен 16.

Таблица 4 – Симплекс-таблица
Table 4 – Simplex table

Базис	B	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	x_{12}	min
x_7	240	12	8	14	10	16	12	1	0	0	0	0	0	15
x_8	80	12	8	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	-
x_9	80	0	0	14	10	0	0	0	0	1	0	0	0	-
x_{10}	80	0	0	0	0	16	12	0	0	0	1	0	0	5
x_{11}	10	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	10
x_{12}	18	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	-
$f(x_1)$	0	-2	-1	-2	-1	-2	-1	0	0	0	0	0	0	

4. Пересчет симплекс-таблицы.

Формируем следующую часть симплекс-таблицы. Вместо переменной x_{10} в план 1 вошла переменная x_5 . Строка, соответствующая переменной x_5 в плане 1, получена в результате деления всех элементов строки x_{10} плана № 0 на разрешающий элемент, равный 16. На месте разрешающего элемента получили 1. В остальных клетках столбца x_5 записан 0. В новом плане № 1 заполнены строка x_5 и столбец x_5 . Остальные элементы нового плана № 1, включая элементы индексной строки, определяются по правилу прямоугольника.

Для этого из старого плана выбраны четыре числа, которые расположены в вершинах прямоугольника и всегда включают разрешающий элемент.

$$\text{Новый элемент} = \text{старый элемент} - \frac{A \times B}{\text{разрешающий элемент}},$$

где A и B – элементы старого плана, образующие прямоугольник с элементами.

Получена новая симплекс-таблица с неоптимальным опорным планом. Для поиска оптимального плана последовательно произведены итерации, с использованием заданного алгоритма, начиная с итерации № 0 до итерации № 8. Симплекс-таблица на итерации № 8 в финальном пересчете записана в таблице 5.

Таблица 5 – Симплекс-таблица

Table 5 – Simplex table

Базис	B	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	x_{12}
x_4	1	-1,4	0	0	1	0	1,05	0,088	-0,088	0,013	0	-1,4	0
x_{10}	0	0	0	0	0	0	0	-1	1	1	1	0	0
x_2	10	1,5	1	0	0	0	0	0	0,125	0	0	0	0
x_3	5	1	0	1	0	0	-0,75	-0,063	0,063	0,063	0	1	0
x_5	5	0	0	0	0	1	0,75	0,063	-0,063	-0,063	0	0	0
x_{12}	7	-0,1	0	0	0	0	-0,05	-0,088	-0,038	-0,013	0	1,4	1
$f(x_{10})$	31	0,1	0	0	0	0	0,05	0,088	0,038	0,013	0	0,6	0

Оптимальный план:

$$x_1 = 0, \quad x_2 = 10, \quad x_3 = 5, \quad x_4 = 1, \quad x_5 = 5, \quad x_6 = 0.$$

$$f(x) = 2 \cdot 0 + 1 \cdot 10 + 2 \cdot 5 + 1 \cdot 1 + 2 \cdot 5 + 1 \cdot 0 = 31.$$

Таким образом, получен результат решения задачи в таблице 6.

Таблица 6 – Параметры решенной задачи

Table 6 – Parameters of the problem solved

Кредитный специалист	Кредит. нормативное время рассмотрения, ч	Кредит. кол-во заявок для рассмотрения за 1 спринт, шт.	Банковская гарантия. Нормативное время рассмотрения, ч	Банковская гарантия. Кол-во заявок для рассмотрения за 1 спринт, шт.	Запас рабочего времени за 1 спринт, ч
КС1 (высшая квалификация)	12	0	8	10	80
КС2 (продвинутой квалификации)	14	5	10	1	80
КС3 (базовая квалификация)	16	5	12	0	80
Бальная оценка	-	2	-	1	-
Итого баллов	-	20	-	11	-

Решение этой задачи позволяет максимизировать показатель KPI для кредитного отдела коммерческого банка в заданных условиях за ограниченный период времени, что является оптимальным вариантом в сравнении с принципом очереди заявок.

Программную реализацию расчета можно выполнить на языке программирования Python с использованием библиотеки `scipy` или с использованием других аналогичных библиотек. Также рекомендуется использовать инструмент «Поиск решения» в программе Microsoft Office Excel при установке соответствующей надстройки.

Заключение

Таким образом, в статье поставлена и решена задача линейного программирования для оптимального выполнения бизнес-плана в ограниченный срок и с ограниченным количеством ресурсов при управлении процессом распределения кредитных заявок. Данное решение имеет эффект в достижении максимального показателя бизнес-плана по внутренним

установленным КРІ коммерческого банка. Для практического применения произведенных расчетов даны рекомендации программной реализации в информационных системах коммерческих банков. Кроме того, при программной реализации приведенного расчета можно предусмотреть дополнительные факторы, учитывающие особенности ведения коммерческой деятельности каждого банка.

Библиографический список

1. **Леонова Н. Л.** Задачи линейного программирования и методы их решения. Учебно-методическое пособие. СПб.: Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД. 2017. 75 с.
2. **Шапкин А. С., Мазаева Н. П.** Математические методы и модели исследования операций: учебник / 2-е изд., перераб. и доп. М.: Дашков и К, 2005. 400 с.
3. **Мкртычев С. В.** Методология построения проблемно-ориентированных систем управления операционной деятельностью страховой компании на основе объектно-структурного подхода: диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. Тольятти. 2016. 288 с.
4. **Новиков Д. А.** Методология управления. М.: Либроком, 2011. 128 с.

UDC 004.02, 330.46

APPLICATION OF LINEAR PROGRAMMING TO MANAGE THE PROCESS OF DISTRIBUTING LOAN APPLICATIONS FOR OPTIMIZED BUSINESS PLAN EXECUTION

K. G. Gumenyuk, graduate student RSREU, Ryazan, Russia;

orcid.org/0000-0002-2274-8760, e-mail: zebrzn@mail.ru

A. N. Pylkin, Dr. Sc. (Tech.), full professor, RSREU, Ryazan, Russia;

orcid.org/0000-0001-9925-2870, e-mail: pylkin.a.n@rsreu.ru

The article discusses distribution of loan applications to ensure the optimal business plan execution using methods for solving linear programming problems (LPP). The aims of the article are formulating and solving LPP in the given conditions with restrictions. The input data are the parameters of actual business problem for credit department in a commercial bank. The task of credit department is to execute business plan with time and labor constraints. These conditions determine the relevance of the article. Recommendations for making a managerial decision are given based on the application of methods for solving LPP. The business process of distributing loan applications in a bank is considered, mathematical calculations using methods to solve LPP are provided. Recommendations for software implementation of the recommendations given are offered.

Key words: linear programming, linear programming problem, commercial bank, credit product, business plan, credit department, credit, bank guarantee, mathematical calculation, information systems.

DOI: 10.21667/1995-4565-2020-74-73-79

References

1. **Leonova N. L.** *Zadachi linejnogo programmirovaniya i metody ih resheniya* (Linear programming problems and methods for their solutions). Uchebno-metodicheskoe posobie. Vyshaya shkola tehnologii i energetiki SPbGUPTD. 2017, 75 p. (in Russian).
2. **Shapkin A. S., Mazaeva N. P.** *Matematicheskie metody i modeli issledovaniya operacij* (Mathematical methods and models for operations research). Uchebnik. 2-e izd., pererab. i dop. Moscow: Dashkov i K. 2005, 400 p. (in Russian).
3. **Mkrtychev S. V.** *Metodologiya postroeniya problemno-orientirovannyh sistem upravleniya operacionnoj deyatel'nost'ju strahovoj kompanii na osnove ob'ektno-strukturnogo podhoda*. Dissertaciya na soiskanie uchenoj stepeni doktora tehniceskikh nauk. Tol'yatti. 2016. 288 p. (in Russian).
4. **Novikov D. A.** *Metodologiya upravleniya*. Moscow: Librokom. 2011. 128 p. (in Russian).