

УДК 65.011.46

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕСУРСОВ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ

Малых О.В., Хорошев Н.И.

*Пермский национальный исследовательский политехнический университет,
Пермь, e-mail: horoshevni@mail.ru, oksanamalykh@yandex.ru*

Актуальной задачей в ситуации ограничений финансового, материального, трудового и информационного характера наряду с эффективным использованием собственных ресурсов предприятия становится оптимизация управления его инвестиционной деятельностью. В статье рассматривается метод повышения эффективности использования ресурсов, заключающийся в выборе оптимального с позиции множества критериев инвестиционного проекта и рациональном использовании финансовых ресурсов в условиях их ограниченности. Формализованы количественные и качественные критерии, позволяющие наиболее полно оценить эффективность реализации инвестиционных проектов и решить задачу оптимизации распределения необходимых для этого ресурсов. Осуществлено ранжирование наиболее перспективных проектов на основе комплексной оценки путем нахождения глобального приоритета как показателя синтезированных частных критериев. Рассмотрены и проанализированы варианты решения задачи оптимизации затрат (ресурсного обеспечения) при реализации инвестиционных проектов с использованием математического аппарата оптимизации, реализованного на базе современных программных продуктов.

Ключевые слова: инвестиции, проект, эффективность, причинно-следственная диаграмма, экономический эффект, оптимизация, нелинейное программирование

IMPROVE RESOURCE EFFICIENCY IN INVESTMENT PROJECTS

Malykh O.V., Khoroshev N.I.

*Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: horoshevni@mail.ru,
oksanamalykh@yandex.ru*

An urgent task in a situation of limited financial, material, labor and informational nature, along with the effective use of its own resources to optimize the management of the enterprise becomes its investment activities. In the article the method of increasing the efficiency of resource use, is to select the optimum position with the set criteria of the investment project and the rational use of financial resources in terms of their limitations. Formalized quantitative and qualitative criteria to more fully assess the effectiveness of investment projects and solve the problem of optimizing the allocation of the necessary resources. Implemented ranking the most promising projects on the basis of a comprehensive evaluation by finding a global priority as a measure of synthesized partial criteria. Considered and analyzed the options for solving the problem of optimization of costs (resource support) for the implementation of investment projects with the use of mathematical optimization system, implemented on the basis of modern software.

Keywords: investment, project, effectiveness, causal diagram, the economic effect, optimization, nonlinear programming

Актуальность темы исследования определяется тем, что в современных условиях значительной изменчивости финансовых рынков и высокого уровня неопределенности реализации инвестиционных проектов возрастает необходимость в развитии методов оценки и управления стоимостью инвестиционных проектов.

Цель и задачи исследования

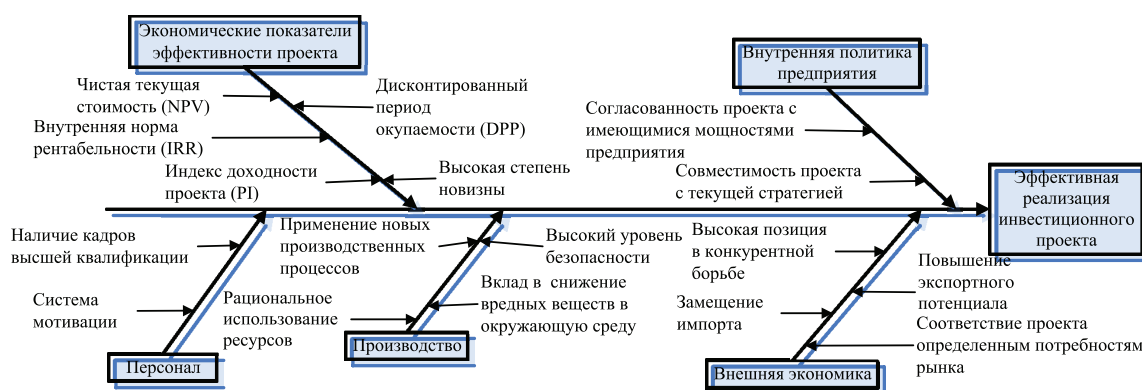
Основной целью исследования является повышение эффективности использования ресурсов, привлекаемых для реализации инвестиционных программ промышленных предприятий. Для этого необходимо решить задачи, связанные с иерархической формализацией критериев оценки проекта, формализацией целевой функции и ограничений для решения задачи оптимизации, численным решением задачи оптимизации на базе современных программных продуктов.

Ограниченность ресурсов обуславливает необходимость в решении задачи оптимизации их распределения при реализации конкретных видов работ. При этом можно выделить следующие ограничения, которые принимались во внимание:

- задан объем инвестиций для реализации проекта (критерий – максимум возможного экономического эффекта);
- ограничено количество работников с 32 до 15 чел. (критерий – максимальный эффект от каждого участника проекта при минимальных затратах).

Критерии инвестиционного проекта

В ходе исследования формализованы количественные и качественные критерии с помощью причинно-следственной диаграммы [1], отражающей результат со всеми возможными причинами, влияющими в конечном итоге на эффективную реализацию проекта (рисунок).



Причинно-следственная диаграмма

Таблица 1

Сводная информация значений синтеза критериев по проектам

Обозначение проекта	Консолидированный критерий оценки проекта (первый уровень)			
	K_1	K_2	K_3	K_4
ИП ₁	0,18	0,20	0,34	0,23
ИП ₂	0,67	0,61	0,12	0,52
ИП ₃	0,07	0,11	0,25	0,11
Значимость базовых критериев	0,47	0,42	0,07	0,10

Оценка эффективности инвестиционного проекта

На основе комплексной оценки инвестиционных проектов для промышленных предприятий целлюлозно-бумажной отрасли проанализированы численные значения критериев и проранжированы следующие проекты [2]:

1) «Энергомодуль на местных топливах» (ИП₁) – утилизация отходов предприятий ЦБП на основе современной экологически безопасной плазмо-электрохимической технологии с целью получения электрической и тепловой энергии;

2) «Система энергетического менеджмента» (ИП₂) – оптимизация процессов генерации, распределения и потребления топливно-энергетических ресурсов предприятия [3];

3) «Производство древесного угля» (ИП₃) – создание дополнительного постоянного источника доходов и диверсификация бизнеса (табл. 1).

Исходя из табл. 1 произведена оценка глобальных приоритетов ИП:

$$S_1 = 0,18 \cdot 0,47 + 0,20 \cdot 0,42 + 0,34 \cdot 0,07 + 0,23 \cdot 0,10 = 0,216;$$

$$S_2 = 0,67 \cdot 0,47 + 0,61 \cdot 0,42 + 0,12 \cdot 0,07 + 0,52 \cdot 0,10 = 0,632;$$

$$S_3 = 0,07 \cdot 0,47 + 0,11 \cdot 0,42 + 0,25 \cdot 0,07 + 0,11 \cdot 0,10 = 0,108.$$

Согласно рассмотренной методике оценки ИП промышленных предприятий все альтернативы были ранжированы в порядке убывания значений показателя глобального приоритета (S_i) [4], то есть {ИП₂, ИП₁, ИП₃}. Таким образом, наиболее значимым явился проект «Система энергетического менеджмента».

Решение задачи оптимизации

Согласно полученным ранее результатам ранжирования проектов для оптимизации выбран проект «Организация и внедрение системы энергетического менеджмента (СЭнМ)», обладающий хорошей экономической эффективностью. В табл. 2 показана структура стадий проекта, представляющая собой перечень этапов и работ, каждому этапу соответствуют ориентировочная длительность и стоимость. По перечисленным параметрам поэтапно рассчитывается количество рабочих часов, работников и человеко-часов, а также тарифная ставка, определяющая размер оплаты труда всех работников за час. Тарифная ставка, количество работников и человеко-часов были получены на основе опыта и знаний аналогичных проектов.

Таблица 2

Сроки и стоимость выполнения работ проекта

Наименование этапа	Стоимость выполнения работ, млн руб.	Срок реализации, мес. (ч.)	Тарифная ставка, руб./ч	Количество работников, чел.	Количество человеко-часов
Разработка и согласование ТЗ	0,2	2 (330)	606,06	2	660
Проведение диагностического аудита	0,6	3 (494)	1214,57	6	2964
Разработка СЭнМ	1,6	8(1317)	1214,88	10	13170
Внедрение СЭнМ	1,2	6 (988)	1214,57	13	12844

Таблица 3

Результаты решения задачи оптимизации

Переменные данной задачи	Предполагаемые значения	Численное решение задачи оптимизации с помощью программных пакетов	
		Scilab	EasyNP
Количество человеко-часов на разработку и согласование ТЗ (x_1)	660	600	641
Количество работников (x_2)	2	2	3
Количество человеко-часов на проведение диагностического аудита (x_3)	2964	2900	2900
Количество работников (x_4)	6	8	8
Количество человеко-часов на разработку СЭнМ (x_5)	13170	13000	13000
Количество работников (x_6)	10	10	10
Количество человеко-часов на внедрение СЭнМ (x_7)	12844	12000	12000
Количество работников (x_8)	13	12	12
Стоимость выполнения работ (млн руб.)	3,6	3,41	3,36

Каждый этап состоит из перечня работ. С помощью диаграммы Ганта можно представить график работ по проекту.

Ниже представлены основные формулы (1) и (2), участвующие в формализации целевой функции и ограничений.

$$\text{Ч} = \text{X} \cdot \text{T}, \quad (1)$$

где Ч – количество человеко-часов; X – количество работников; T – время, потраченное на выполнение работы.

$$\text{Ц} = \text{ЗП} / \text{РЧ}, \quad (2)$$

где Ц – стоимость человеко-часа; ЗП – заработная плата всех работников за этап; РЧ – количество рабочих часов каждого этапа проекта.

Целью оптимизации является сокращение затрат на реализацию этапов инвестиционного проекта, которая обуславливает необходимость уменьшения численных значений параметров (количество человеко-часов и работников на каждом этапе). Обо-

значим: $F(x)$ – инвестиции в проект; x_1, x_3, x_5, x_7 – количество человеко-часов; x_2, x_4, x_6, x_8 – количество работников.

Решим задачу нелинейной оптимизации [5], для чего определим минимальное значение целевой функции.

$$F(x) = \frac{606,06 \cdot x_1}{x_2} + \frac{1214,57 \cdot x_3}{x_4} + \frac{1214,88 \cdot x_5}{x_6} + \frac{1214,57 \cdot x_7}{x_8} \rightarrow \min \quad (3)$$

при следующих условиях-ограничениях, сформированных при помощи формул (1) и (2):

$$\begin{cases} 330x_2 + 494x_4 + 1317x_6 + 988x_8 < 29638; \\ \frac{200000}{x_1} + \frac{600000}{x_3} + \frac{1600000}{x_5} + \frac{1200000}{x_7} < 137,1; \\ \frac{x_1}{x_2} + \frac{x_3}{x_4} + \frac{x_5}{x_6} + \frac{x_7}{x_8} < 2000. \end{cases} \quad (4)$$

Таблица 4

Параметры задачи оптимизации

Параметры данной задачи	Полученные параметры задачи оптимизации с помощью программных пакетов	
	Scilab	EasyNP
Количество итераций	40	619
Погрешность измерения	0,001	0,001
Время выполнения (с)	0,275	0,4

Кроме указанных ограничений (4) были введены нижние и верхние границы переменных, например количество всех работников, участвующих в проекте, должно быть от 15 до 32 и количество человеко-часов не должно превышать 29638.

$$\begin{cases} x_1 + x_3 + x_5 + x_7 < 29638; \\ x_1 + x_3 + x_5 + x_7 > 900; \\ x_2 + x_4 + x_6 + x_8 < 32; \\ x_2 + x_4 + x_6 + x_8 > 15. \end{cases} \quad (5)$$

На основании сроков и стоимости выполнения работ проекта (табл. 2) были определены минимальные и максимальные величины переменных с помощью формулы (1)

$$\begin{cases} 600 < x_1 < 700; \\ 1 < x_2 < 3; \\ 2900 < x_3 < 4000; \\ 4 < x_4 < 8; \\ 13000 < x_5 < 14000; \\ 6 < x_6 < 10; \\ 12000 < x_7 < 13500; \\ 8 < x_8 < 12; \\ x_i > 0. \end{cases} \quad (6)$$

Для решения задачи нелинейного программирования были использованы программные пакеты *Slilab* и *Easy NP*. *Slilab*-система компьютерной математики, которая предназначена для выполнения инженерных и научных вычислений [6]. *Easy NP* – приложение для создания математической модели, то есть описания задачи в виде множества переменных и ограничений, а также генетического поиска оптимального решения.

В табл. 3 приведены результаты решения задачи нелинейной оптимизации на базе рассматриваемых программных продуктов. Видно, что количество человеко-часов уменьшилось на каждом этапе и стоимость

выполнения получилось минимизировать в той и другой программе. Однако наилучшее решение получилось с помощью программного приложения *Easy NP*, поскольку показатель стоимости выполнения работ уменьшился на 0,24 млн руб. против уменьшения в 0,19 млн руб., полученного в системе нелинейного программирования *Scilab*.

В *Easy NP*, исходя из особенностей модели, устанавливаются параметры генетического поиска и математических вычислений [7]. Поиск решений в *Scilab* осуществляется за 40 итераций, а в *Easy NP* – за 619. При этом известно, что чем меньше итераций, тем более эффективным является процесс. Однако это не означает, что решение, найденное с помощью генетического алгоритма, не оптимально (табл. 4). Погрешность измерения в той и другой программе устанавливается равной 0,001, тем самым обеспечивается высокая точность вычислений.

В рассматриваемом случае метод генетического алгоритма подходит больше, поскольку имеет ряд преимуществ: не имеет значительных математических требований к видам целевых функций и ограничений, алгоритм позволяет эффективно отыскать глобальный оптимум, то есть значение целевой функции (3).

Заключение

Представлена процедура оптимизации различных ресурсов (стоимость выполнения работ, количество работников, количество человеко-часов), участвующих в реализации инвестиционного проекта «Организация и внедрение системы энергетического менеджмента (СЭнМ)», с использованием пакетов прикладных математических программ, позволяющих учесть уровень сэкономленных инвестиций. По результатам решения задачи оптимизации можно сделать вывод об эффективности использования генетического алгоритма в программе *Easy NP*, который предлагает наиболее выгодный вариант распределения инвестиций, но согласно полученным

параметрам (количество итераций, быстродействие выполнения) превосходит *Scilab*. Выбор наилучшего варианта реализации задачи оптимизации подразумевает в первую очередь результат целевой функции, программа *Easy NP* справилась с этим лучше. Многокритериальная оценка предоставляет возможность проводить выбор лучшего инвестиционного проекта и рационально использовать финансовые ресурсы в условиях их ограниченности.

Список литературы

1. Исикава К. Японские методы управления качеством. – М.: Изд-во «Экономика», 1988. – 215 с.
2. Хорошев Н.И., Малых О.В. Комплексная оценка эффективности инвестиционных проектов промышленных предприятий // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 11–7. – С. 1526–1530.
3. Хорошев Н.И., Елтышев Д.К., Кычкин А.В. Комплексная оценка эффективности технического обеспечения энергомониторинга // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 5–4. – С. 716–720.
4. Ковалев В.В. Методы оценки инвестиционных проектов. – М.: Финансы и статистика, 1998. – 144 с.
5. Акулич И.Л. Математическое программирование в примерах и задачах. – М.: Высш. шк., 1986. – 319 с.
6. Бакусов Л.М., Кондратьева О.В. Решение задач оптимизации средствами *Slilab* и *Excel*: Методическое указание к лабораторной работе по дисциплине «Математическая экономика» / Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т. – Уфа, 2011. – 33 с.
7. Гладков Л.А., Курейчик В.В., Курейчик В.М. Генетические алгоритмы: Учебное пособие. – 2-е изд. – М.: Физматлит, 2006. – С. 320.

References

1. Isikava K. Japonskie metody upravlenija kachestvom. M.: Izd-vo «Jekonomika», 1988. 215 p.
2. Horoshev N.I., Malyh O.V. Kompleksnaja ocenka jeffektivnosti investicionnyh proektov promyshlennyh predpriyatij // Fundamentalnye issledovanija. 2014. no. 11–7. pp. 1526–1530.
3. Horoshev N.I., Eltyshev D.K., Kychkin A.V. Kompleksnaja ocenka jeffektivnosti tehničeskogo obespečenija jenergomonitoringa // Fundamentalnye issledovanija. 2014. no. 5–4. pp. 716–720.
4. Kovalev V.V. Metody ocenki investicionnyh proektov. M.: Finansy i statistika, 1998. 144 p.
5. Akulich I.L. Matematicheskoe programmirovanie v primerah i zadachah. M.: Vyssh.shk., 1986. 319 p.
6. Bakusov L.M., Kondrateva O.V. Reshenie zadach optimizacii sredstvami *Slilab* i *Excel*: Metodicheskoe ukazanie k laboratornoj rabote po discipline «Matematicheskaja jekonomika» / Ufimsk. gos. aviac. tehn. un-t. Ufa, 2011. 33 p.
7. Gladkov L.A., Kurejchik V.V., Kurejchik V.M. Geneticheskie algoritmy: Uchebnoe posobie. 2-e izd. M.: Fizmatlit, 2006. pp. 320.