

DOI: 10.15593/2499-9873/2018.2.09

УДК 519.816

М.И. Гераськин, И.В. Кругова

Самарский национальный исследовательский университет
имени С.П. Королева, Самара, Россия

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО ФИНАНСИРОВАНИЯ ПОРТФЕЛЯ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ НА ОСНОВЕ МЕХАНИЗМА МИНИМАЛЬНЫХ ДЕВИАЦИЙ ОПТИМУМОВ

Рассматривается проблема планирования распределения инвестиций в инновационные проекты. Проведен динамический анализ эффективности проектов ПАО «МегаФон» за 2013–2016 гг. Методом регрессионного анализа получены функции прибыли проектов от инвестиций, с использованием которых рассчитана потенциальная прибыльность проектов при фактическом распределении инвестиций. На основе механизма минимальных девиаций оптимумов разработана методика оптимального распределения инвестиционных ресурсов между проектами. При оптимальном распределении инвестиций рассчитаны значения потенциальной прибыли каждого проекта, увеличение величины прибыли по каждому проекту с каждым годом подтверждает эффективность механизма.

Ключевые слова: инвестиционный ресурс, эффективность инвестиций, инвестиционный фонд, функция прибыли, механизм распределения.

M.I. Geraskin, I.V. Krugova

Samara National Research University named after S.P. Korolev,
Samara, Russian Federation

THE SIMULATION OF OPTIMAL FINANCING OF THE INVESTMENT PROJECTS PORTFOLIO BASED ON THE MECHANISM OF MINIMUM OPTIMUM DEVIATIONS

The article deals with the problem of planning the distribution of investments in innovative projects. The dynamic analysis of efficiency of projects of OJSC "MegaFon" for 2013-2016 by regression analysis of the resulting profit function of projects from investment, which calculated the potential profitability of projects to determine the actual allocation of investments. On the basis of the mechanism of minimum deviations of Optima, the method of optimal allocation of investment resources between projects is developed. With the optimal distribution of investments, the values of the potential profit of each project are calculated, the increase in the profit for each project every year confirms the effectiveness of the mechanism.

Keywords: investment resource, investment efficiency, investment Fund, the profit function, the mechanism of distribution.

Введение

Оптимальное распределение инвестиций является одной из наиболее важных задач, решение которых предопределяет развитие компании. При вложении средств в наиболее прибыльные проекты отдача от финансовых вложений будет расти. В статье рассматривается метод распределения инвестиционных ресурсов между тремя проектами ПАО «МегаФон» по развитию сетей – в Таджикистане, Абхазии и Южной Осетии. С использованием разработанной методики оптимального распределения инвестиций определены потенциальные значения прибыли на основе функций прибыли от инвестиций. Полученные данные позволят рассчитать прогноз динамики прибыли до 2025 г., при условии применения данного механизма.

Исследования основаны на методах оптимизации взаимодействия в сильносвязанных системах [1, 2], методах анализа инновационных проектов [3, 4], методах согласования интересов операторов сотовой связи [5], статистических методах регрессионного анализа [6]. Структурный анализ телекоммуникационного рынка России [7–10] показывает наличие олигополистической конкуренции на этом рынке, что подтверждает актуальность дальнейших исследований.

Сравнительный анализ эффективности проектов проведен по уровню средней выручки, показатель эффективности рассчитан по формуле

$$E = \frac{ARPU}{INV}, \quad (1)$$

где E – показатель эффективности инвестиций; $ARPU$ – показатель дохода с одного абонента; INV – объем инвестиционных вложений в проекты.

На рис. 1 отражена динамика эффективности инвестиций в компании-проекты в течение трех лет. В результате проведенного динамического анализа эффективности инвестиций можно сделать вывод, что доходность инвестиций существенно различна для реализуемых проектов.

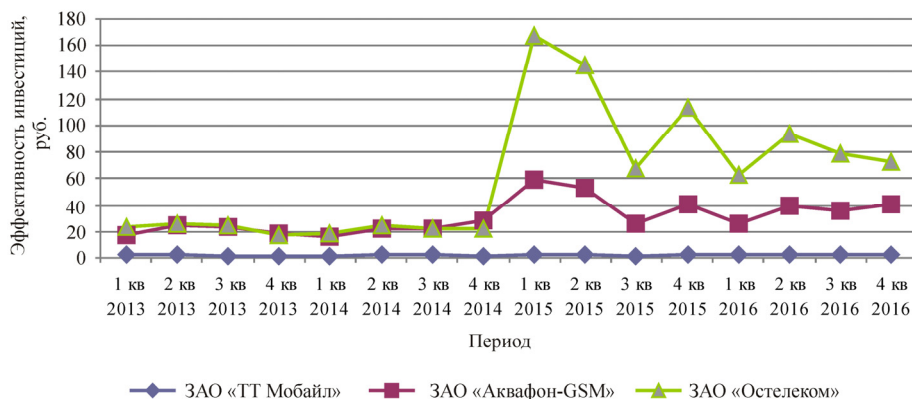


Рис. 1. Сравнение эффективности инвестиций в компании-проекты за 2013–2016 гг.

1. Разработка регрессионных моделей прибыли

Регрессионный анализ является статистическим методом исследования, который позволяет определить статистическую зависимость параметра от одной или нескольких переменных. Выявим связь между показателями прибыли и инвестиций по каждому проекту.

Поскольку функции прибыли проектов от инвестиций имеют линейный характер (рис. 2), сформируем соответствующие регрессионные модели в виде

$$П_k(INV) = a_k INV_k + b_k, \tag{2}$$

где $П(INV)$ – функция прибыли k -го проекта; k – номер проекта ($k = 1 \dots 3$); a_k, b_k – коэффициенты регрессии.

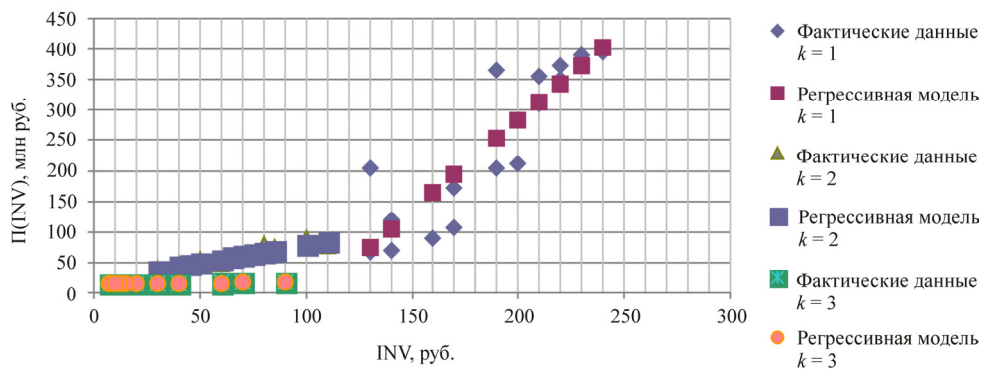


Рис. 2. Сравнение полученных регрессионных моделей с фактическими данными

С использованием встроенного пакета в Excel «Анализ данных» рассчитаны коэффициенты регрессий (2). В табл. 1 приведены результаты статистической оценки регрессий, сформированных в виде (2). Поскольку в функциях прибыли по всем проектам $a_k > 0$, то с увеличением инвестиций величина прибыли будет расти. Значение $b_k < 0$ означает, что проект в Таджикистане для получения положительной прибыли требует больший объем инвестиций по сравнению с другими проектами.

Таблица 1

Результаты регрессионного анализа, $F_{\text{табл}} = 4,54$, $\alpha = 0,05$

Проект	a_k	b_k	R^2	F-критерий	MAPE, %
ЗАО «ТТ МОБАЙЛ» (Таджикистан)	2,969	-311,232	0,764	45,197	27,198
ЗАО «АКВАФОН-GSM» (Абхазия)	0,588	20,532	0,821	64,367	7,493
ЗАО «Остелеком» (Южная Осетия)	0,031	14,236	0,766	45,881	2,469

2. Оптимизация распределения инвестиционных ресурсов

Проблема оптимизации распределения инвестиционных ресурсов состоит в следующем. Существует K инвестиционных проектов, в которые необходимо направить инвестиционные ресурсы для получения положительного эффекта роста прибыли по каждому проекту. Обозначим каждый проект как $k \in K$, $K = 3$. На каждый проект выделяется объем инвестиций INV_k^* из имеющегося инвестиционного фонда IF, причем должно выполняться условие максимальной прибыльности портфеля проектов:

$$INV_k^* = \text{Arg max} \sum_{k \in K} \pi_k (INV_k^*). \quad (3)$$

Решением задачи (3) является компромиссное распределение на основе механизма минимальных девиаций оптимумов, разработанного в [2]. Его суть состоит в том, что ресурс распределяется между проектами на основе согласования их интересов с позиции наименьших

отклонений выделяемых им инвестиций от индивидуальных максимумов их прибыли. Механизм основан на агрегированном критерии эффективности, введенном Дж. Нэшем в виде мультипликативной функции нормализованных значений прибыли агентов, позволяющей определить Парето-эффективное распределение прибыли, обеспечивающее устойчивость системы.

Механизм распределения инвестиций INV_k^0 заключается в применении следующей формулы:

$$INV_k^0 = \begin{cases} \pi_k^{\max} - \mu \bar{\pi}, & k \in K_1, \\ \pi_k^{\max}, & k \in M, \end{cases} \quad (4)$$

где π_k^{\max} – полезность от вложений в k -й проект общего фонда инвестиций IF, т.е. максимальная прибыль проекта,

$$\pi_k^{\max} = \max \pi_k (IF),$$

$\bar{\pi}$ – средняя по всем проектам величина превышения потенциально возможной (рассчитанной с учетом направления всего инвестиционного фонда в соответствующий проект) прибыли над суммой инвестиций, т.е. потери прибыли в портфеле проектов,

$$\bar{\pi} = \frac{1}{K} \left(\sum_{k \in K} \pi_k^{\max} - IF \right),$$

μ – коэффициент распределения прибыли между миноритарными и прочими проектами,

$$\mu = \frac{K}{K - M} \geq 1,$$

M – количество миноритарных проектов, т.е. таких, максимум прибыли которых ниже средних потерь прибыли в портфеле проектов; множество проектов, таким образом, представлено в виде двух подмножеств:

$$M = \{k \in K : \pi_k^{\max} < \bar{\pi}\}; \quad K_1 = \{k \in K \setminus M : \pi_k^{\max} \leq \bar{\pi}\}.$$

Если при распределении инвестиций имеется несколько миноритарных проектов, тогда они, согласно механизму (4), получают максимально возможный объем инвестиций, равный их потенциальной

прибыли, что не совсем корректно, учитывая разную величину полезности от каждого проекта к общей полезности от инвестиционного портфеля.

В связи с этим модернизируем механизм (4) путем введения коэффициентов значимости проектов γ_k , зависящих от величины полезности, которую приносит проект в общую полезность портфеля. Для определения коэффициентов значимости предположим, что инвестиции в каждый проект одинаковы и равны IF, поэтому с учетом регрессионных моделей прибыли (2) получим следующую формулу расчета коэффициентов:

$$\gamma_k = \frac{\Pi_k(\text{IF})}{\sum_{k \in K} \Pi_k(\text{IF})}. \quad (5)$$

Получим модернизированный механизм распределения инвестиций:

$$\text{INV}_k^0 = \begin{cases} \pi_k^{\max} - \mu \bar{\pi}, & k \in K_1, \\ \gamma_k \pi_k^{\max}, & k \in M, \end{cases} \quad (6)$$

Значения INV_k^0 , вычисленные по (6), представляют собой предварительное распределение инвестиций, поскольку для них не соблюдается условие сбалансированности, т.е. $\sum_{k \in K} \text{INV}_k^0 \neq \text{IF}$. Величину дис-

баланса обозначим Δ , который определяется как $\Delta = \text{IF} - \sum_{k \in K} \text{INV}_k^0$. Этот

показатель распределим между агентами с учетом темпа роста прибыли каждого проекта. Рассчитаем распределение Δ исходя из темпов роста прибыли в регрессиях (2) по следующей формуле:

$$\delta_k = \frac{a_k}{\sum_{k \in K} a_k}, \quad k \in K, \quad (7)$$

где a_k – коэффициент уравнения регрессии прибыли от k -го проекта, определяющий темп роста прибыли.

Таким образом, механизм распределения инвестиций между проектами примет вид

$$\text{INV}_k^* = \text{INV}_k^0 + \delta_k \Delta, \quad k \in K. \quad (8)$$

Вектор распределенных инвестиций INV_k^* обеспечивает максимальную прибыль портфеля проектов при условии неубывания прибыли отдельного проекта.

Алгоритм распределения инвестиций в виде блок-схемы представлен на рис. 3.

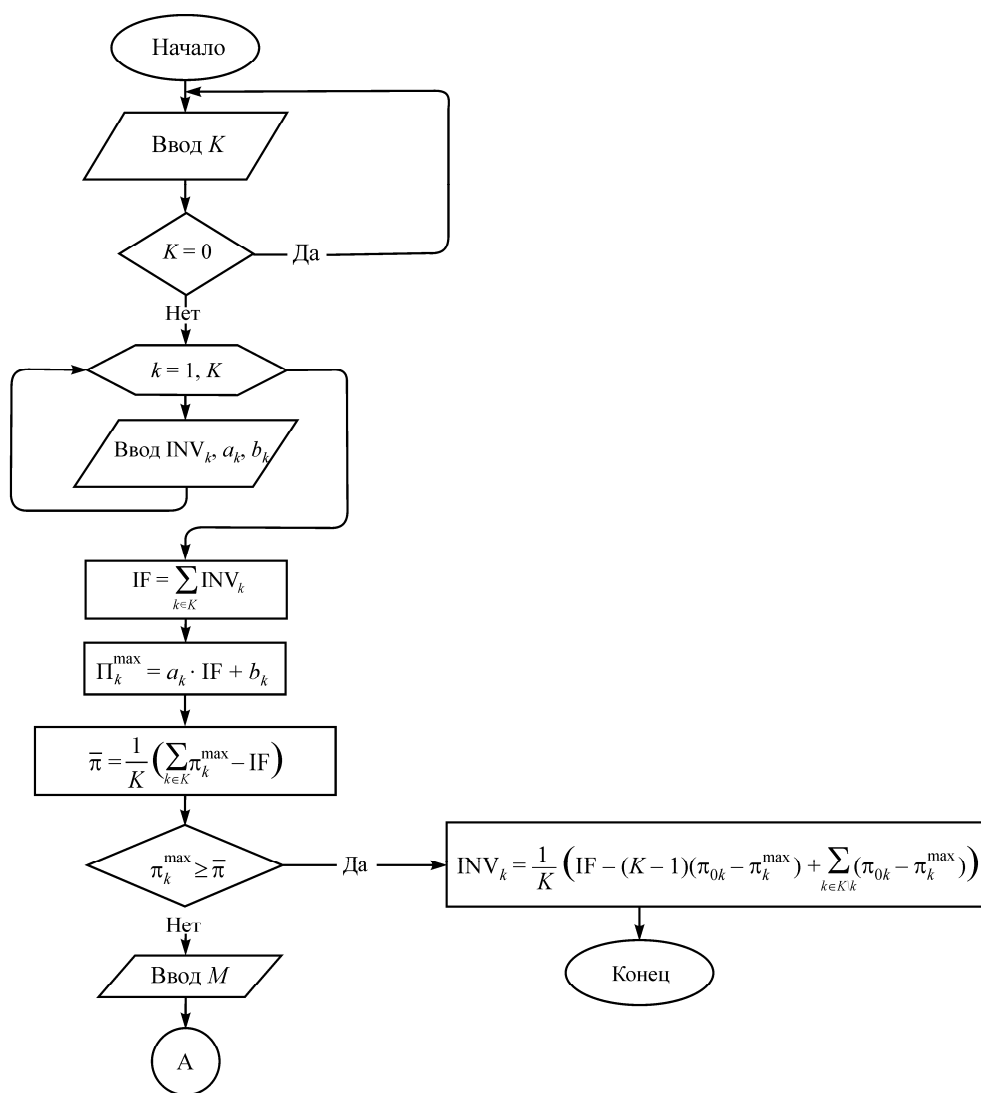


Рис. 3. Алгоритм поиска оптимальной величины инвестиций согласно механизму

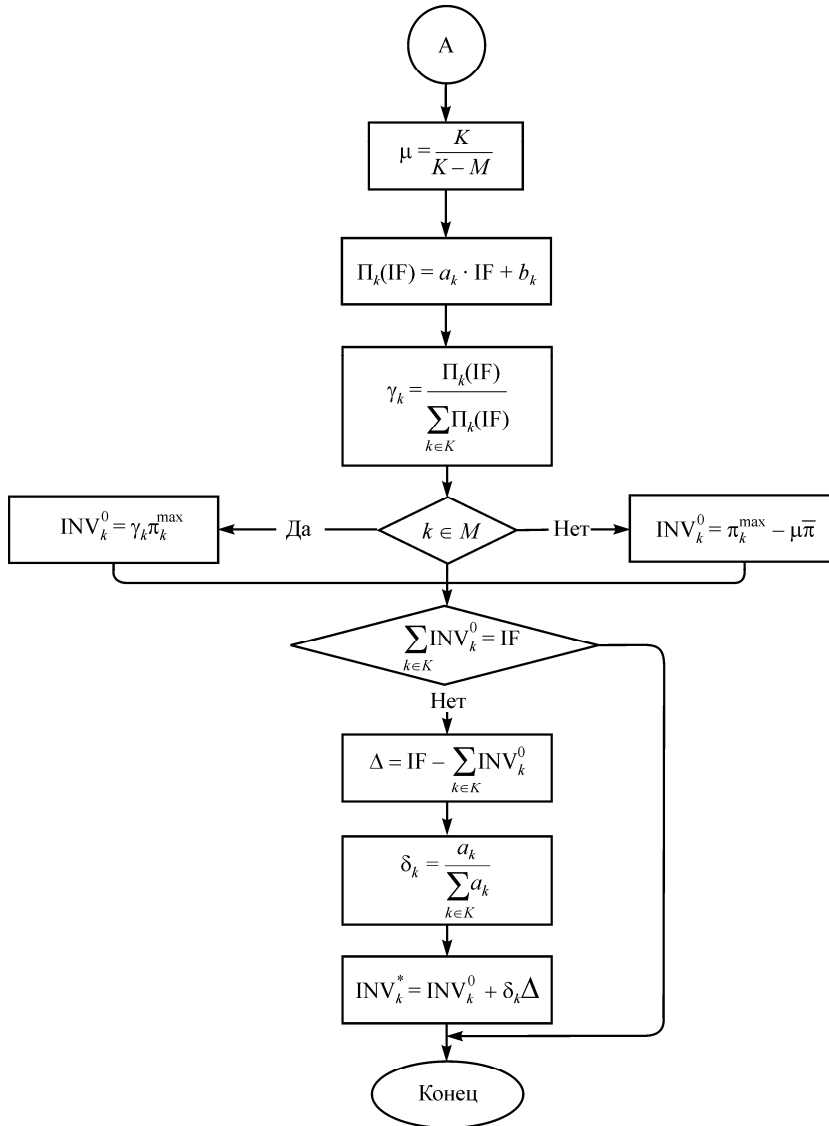


Рис. 3. Окончание (см. также с. 136)

С использованием механизмов (6), (8) были получены величины оптимальных инвестиций в проекты INV_k^* (табл. 2), а также рассчитана прибыль каждого проекта от вложений оптимальной величины инвестиций $\Pi(INV_k^*)$ и общая прибыль портфеля проектов Π^* .

Полученное значение прибыли используется для финансирования проектов в следующем году, с учетом политики ПАО «МегаФон», которая заключается в том, что инвестиции на финансирование проектов

Таблица 2

Результаты моделирования

Величины	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
INV [*] ₁	818,60	1276,52	2084,91	3511,84	6030,53	10 476,25	18 323,35	32 174,13	56 621,95
INV [*] ₂	205,96	307,94	488,50	807,57	1371,01	2365,69	4121,45	7220,58	12 690,82
INV [*] ₃	5,44	8,10	12,83	21,21	36,01	62,14	108,27	189,70	333,43
Π(INV1 [*])	2119,20	3478,76	5 878,85	10 115,41	17 593,41	30 792,76	54 090,78	95 213,77	167 799,34
Π(INV2 [*])	141,64	201,60	307,77	495,39	826,69	1411,56	2443,95	4266,23	7482,74
Π(INV3 [*])	14,26	14,26	14,27	14,28	14,31	14,35	14,43	14,57	14,82
Π [*] =	2275,09	3694,62	6200,89	10 625,08	18 434,40	32 218,67	56 549,16	99 494,58	175 296,90

должны составлять не более 70 % от годовой прибыли по проектам. Исходя из этого, получим значение прибыли на следующий год. По результатам расчетов можно сказать, что прибыль увеличивается с каждым годом по каждому из трех проектов, это говорит о том, что механизм работает корректно. Графически динамика инвестиций представлена на рис. 4, динамика прибыли проектов – на рис. 5.

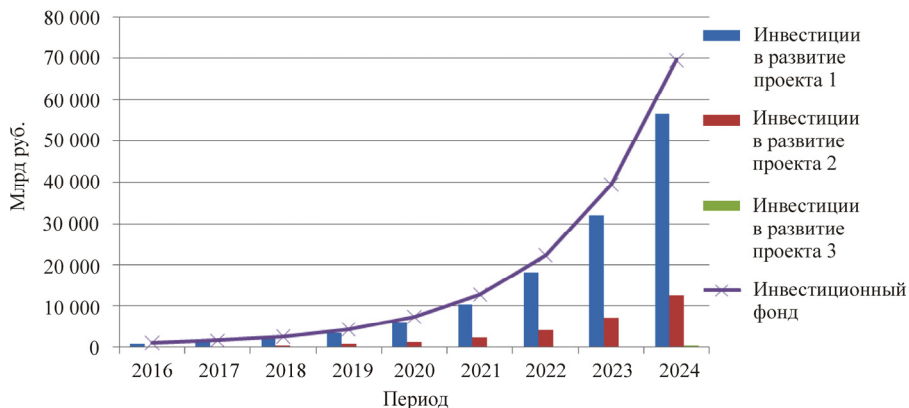


Рис. 4. Сравнение вложений инвестиционных ресурсов по проектам

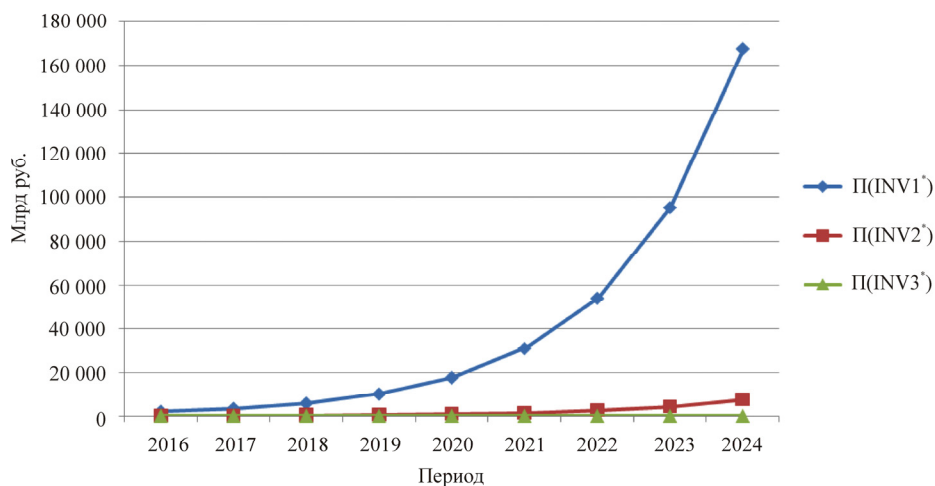


Рис. 5. Сравнение показателей прибыли по каждому проекту

На рис. 4 видно, что наибольшую величину инвестиционных ресурсов получает первый проект, так как является наиболее эффективным. Остальные проекты необходимо поддерживать по другим причи-

нам, в частности для удержания доли рынка. Сравнение прибыли от вложений инвестиционных ресурсов по оптимальному механизму распределения (см. рис. 4) показывает, что первый проект наиболее прибыльный и составляет основу портфеля. При снижении инвестиций в этот проект совокупная прибыль будет снижаться.

Если сравнить значения прибыли за 2016 г., то величина прибыли от вложения инвестиций по механизму (6), (8) больше, чем прибыль от вложения первоначального объема инвестиций, что удовлетворяет условию (3).

$$\sum \Pi_k (INV_k^*) > \sum \Pi_k (INV_k).$$

Таким образом, разработанный механизм (6), (8) действительно позволяет распределить инвестиционные ресурсы таким образом, что увеличивается эффективность не только от инвестиционного портфеля в целом, но и каждого проекта в частности.

Заключение

Анализ эффективности инвестиций в крупнейшие инвестиционные проекты компании «МегаФон» показал, что наиболее эффективным проектом является проект по развитию сетей мобильной связи в Таджикистане.

Сформированы регрессионные модели прибыли проектов от инвестиций. Исследование темпов развития инвестиционных проектов компании проведено с целью оптимизации распределения инвестиций между этими проектами в перспективном периоде по критерию максимума прибыли портфеля проектов при условии неубывания прибыли каждого из проектов. Разработан и реализован в виде автоматизированной системы алгоритм оптимального распределения инвестиционных ресурсов на основе механизма минимальных девиаций оптимумов.

В соответствии с разработанным алгоритмом располагаемый компанией инвестиционный фонд перераспределен таким образом, чтобы с ростом прибыли каждого проекта обеспечивать максимальную прибыль портфеля проектов в целом. Рассчитан прогноз развития компании до 2024 г., согласно которому наблюдается положительная динамика прибыли.

Список литературы

1. Гераськин М.И. Модели оптимизации управления неиерархическими системами корпораций при межкорпоративных взаимодействиях // Проблемы управления. – 2010. – № 5. – С. 28–38.
2. Гераськин М.И. Оптимальный механизм распределения эффекта в интегрированной сильносвязанной системе анонимных агентов с трансферабельной полезностью // Проблемы управления. – 2017. – № 62. – С. 27–41.
3. Гераськин М.И. Инновационный менеджмент в современной экономике / Самар. гос. аэрокосмич. ун-т. – Самара, 2005. – 164 с.
4. Гераськин М.И. Инновационный менеджмент наукоемких технологий / Самар. гос. аэрокосмич. ун-т. – Самара, 2006. – 160 с.
5. Гераськин М.И., Корева Е.Б., Кузнецов А.В. Модели согласования экономических интересов агентов на рынке сотовой связи самарской области // Terra Economicus. – 2008. – Т. 6, № 4–2. – С. 278–234.
6. Носко В.П. Эконометрика. Кн. 1 Ч. 1, 2: учебник. – М.: Изд. дом «Дело» РАНХиГС, 2011. – 672 с.
7. Гераськин М.И., Чхартишвили А.Г. Моделирование структур рынка олигополии при нелинейных функциях спроса и издержек агентов // Проблемы управления. – 2015. – № 6. – С. 10–22.
8. Гераськин М.И., Бирюкова И.А. Структурный анализ рынка олигополии на основе модели рефлексивной игры на примере телекоммуникационного рынка России // Актуальные проблемы экономики и права. – 2017. – Т. 11, № 4. – С. 24–39.
9. Гераськин М.И., Чхартишвили А.Г. Теоретико-игровые модели рынка олигополии с нелинейными функциями издержек агентов // Автоматика и телемеханика. – 2017. – № 9. – С. 106–130.
10. Годовой отчет ПАО «МегаФон» за 2013–2016 гг. [Электронный ресурс]. – URL: http://corp.megafon.ru/investoram/shareholder/year_report (дата обращения: 25.12.2017).

Referenses

1. Geraskin M.I. optimization Model of non-hierarchical management systems of corporations in business-to-business interaction // Problems of management. 2010. No. 5. С. 28-38.

2. Geraskin M.I. Optimal allocation mechanism of effect in tightly-coupled integrated system of anonymous agents with transferable utility // Problems of management. 2017. No. 62. P. 27-41.

3. Geraskin M.I. Innovation management in the modern economy / Samara, Samar. state aerospace. UN-t, 2005. 164 С.

4. Geraskin M.I.: Innovation management, high technologies / Samara, Samar. state aerospace. UN-t, 2006. 160 p.

5. Geraskin M.I., Karaeva E.B., Kuznetsov A.V. Model of coordination of economic interests of the agents in the market of cellular communication of the Samara region // Terra Economicus. 2008. Vol.6. № 4-2. С. 278-234.

6. Nosko V.P. Econometrics. кН. 1 Н 1, 2: tutorial. Moscow: publishing house "Delo" Ranepa, 2011. 672 p.

7. Geraskin I.M., Chkhartishvili A.G. Modeling of market structures oligopoly with linear demand functions and costs of agents // problems of management. 2015. No. 6. S. 10-22.

8. Geraskin M.I., Biryukova I.A. Structural analysis of oligopoly market on the basis of reflexive game model on the example of Russian telecommunication market // Actual problems of Economics and law. 2017. Т. 11. No. 4. С. 24-39.

9. Geraskin M.I., Chkhartishvili A.G. game-Theoretic models of oligopoly market with nonlinear functions of agents' costs / / Avtomatika I telemekhanika. 2017. No. 9. P. 106-130.

10. Annual report of OJSC "MegaFon" for the years 2013-2016 [Electronic resource]. URL: http://corp.megafon.ru/investoram/shareholder/year_report (date accessed: 25.12.2017).

Получено 10.03.2018

Об авторах

Гераськин Михаил Иванович (Самара, Россия) – доктор экономических наук, заведующий кафедрой математических методов в экономике Самарского национального исследовательского университета имени С.П. Королева (443086 г. Самара, ул. Московское шоссе, 34, e-mail: innovation@ssau.ru).

Кругова Ирина Викторовна (Самара, Россия) – магистрант Самарского национального исследовательского университета имени С.П. Королева (443086 г. Самара, ул. Московское шоссе, 34, e-mail: krugova-irina@mail.ru).

About the authors

M.I. Geraskin (Samara, Russian Federation) – Doctor of Economic Sciences, Head of Department of Mathematical Methods in Economics of Samara National Research University named after S.P. Korolev (34, Moskovskoe shosse, Samara, 443086, Russian Federation, e-mail: innovation@ssau.ru).

I.V. Krugova (Samara, Russian Federation) – Master Student, Samara National Research University named after S.P. Korolev (34, Moskovskoe shosse, Samara, 443086, Russian Federation, e-mail: krugova-irina@mail.ru).