

ПРОБЛЕМА ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОГО ИНВЕСТИЦИОННОГО ПРОЕКТА

THE PROBLEM OF CHOOSING THE OPTIMAL INVESTMENT PROJECT

**R. Botashev
H. Shungarov**

Summary. The problem of attracting investments is a key issue for all economic entities. The use of investments is carried out through the selection and implementation of investment projects. The article is devoted to the development of an economic and mathematical model and an algorithm for solving the problem of choosing the optimal investment project, which allows you to get the maximum possible profit. The article also investigates the effectiveness of the developed discrete model and algorithm for choosing the optimal investment project on a specific example.

Keywords: investments, investment financing, financial transactions, investment project, discounting, discount rate, interest rate, probability, standard deviation, variance, integer programming, Boolean variable, linear form, maximization of payments, profit.

Боташев Руслан Азаматович

Доцент, Карачаево-Черкесский государственный университет имени У.Д. Алиева, г. Карачаевск
botashevruslan@mail.ru

Шунгаров Хамид Джашаевич

К.ф.-м.н, Карачаево-Черкесский государственный университет имени У.Д. Алиева, г. Карачаевск
hamidsh@rambler.ru

Аннотация. Проблема привлечения инвестиций является ключевым вопросом для всех субъектов экономики. Использование инвестиций осуществляется через выбор и реализацию инвестиционных проектов. Статья посвящена разработке экономико-математической модели и алгоритма решения задачи по выбору оптимального проекта инвестиций, который позволяет получать максимально возможную прибыль. В статье также проводится исследование эффективности действия разработанной дискретной модели и алгоритма по выбору оптимального инвестиционного проекта на конкретном примере.

Ключевые слова: инвестиции, финансирование инвестиций, финансовые операции, инвестиционный проект, дисконтирование, ставка дисконта, ставка процента, вероятность, среднее квадратическое отклонение, дисперсия, целочисленное программирование, булева переменная, линейная форма, максимизация выплат, прибыль.

Для развития национальной экономики на современном этапе и в улучшении экономической деятельности предприятий важное значение имеют инвестиции. Благоприятный инвестиционный климат и эффективно действующая система инвестирования, как правило, позволяют решить целый комплекс экономических задач. Такая инвестиционная система создает условия для оптимизации структуры производства.

Для нормального функционирования инвестиционного процесса необходимо привлечение и эффективное распределение денежных средств. Посредником в распределении денежных средств между субъектами экономических отношений является финансовый рынок, основной функцией которого становится привлечение финансовых ресурсов в реальный сектор экономики посредством внесения инвестиций. Использование инвестиционных ресурсов осуществляется через реализацию инвестиционных проектов, которые направлены на достижение стратегических целей государства в целом и отдельного предприятия (организации). Проблема привлечения инвестиций всегда остается приоритетной для развития экономики и бизнеса

Каждое предприятие с целью получения прибыли должно постоянно вкладывать капитал на обновление или расширение производства. При этом, необходимо выбирать оптимальный проект инвестиций с целью учёта вероятности банкротства предприятия. Оптимальный проект инвестиций содержит такие параметры как: период инвестирования, объём инвестиций, а также прибыльность объекта инвестирования [3, с.42]

Для решения задачи выбора наиболее эффективного проекта инвестиций существует два основных методов проведения расчетов:

1. использование обычных показателей экономической эффективности;
2. использование экономико-математических моделей.

Первый метод не позволяет выбрать оптимальный вариант внесения инвестиций.

В данной статье исследуется возможность применения экономико-математической модели, решение которой при некоторых ограничениях на параметры задачи, позволяет выбрать оптимальный инвестиционный

проект. Выбранный проект обеспечивает получение максимально возможной прибыли от внесения этих инвестиций.

Рассмотрим экономическую постановку и модель задачи инвестиций.

Допустим, что на условном предприятии имеется ограниченная сумма денежных средств (C), которую можно распределить между n вариантами инвестиций в каждом из m периодов времени. Разница между размером выплаты и размером инвестиции в каждом периоде времени есть величина $\Delta ij = p_{ij} - q_{ij}$, где p_{ij} — средняя выплата, получаемая в период j от инвестиций i , q_{ij} — размер инвестиций i , которая вносится в период времени j .

Следует отметить, что величина (Δij) является случайной, а дисперсия этой величины σ_{ij}^2 является известной. Особенностью данной модели является то, что это дискретная модель, где в условии задачи используется булева переменная x_i :

$$x_i = \begin{cases} 1 - \text{если инвестиция } i \text{ выбрана,} \\ 0 - \text{если инвестиция } i \text{ не выбрана} \end{cases}, \text{ где } i = 1, 2, \dots, n$$

При условии, что выполняется закон нормального распределения, суммы получаемых выплат (за вычетом внесенных инвестиций), а также суммарная дисперсия для каждого варианта инвестирования по периодам $j = 1 \dots m$, вычисляются по формулам:

$$\sum_{i=1}^n x_i (p_{ij} - q_{ij}), j = 1 \dots m, \tag{1}$$

$$\sum_{i=1}^n x_i^2 \sigma_{ij}^2, j = 1 \dots m. \tag{2}$$

Условия внесения инвестиций и получения выплат задаются следующим неравенством:

$$\sum_{i=1}^n x_i (p_{ij} - q_{ij}) + C_j > \Psi(\alpha) \sqrt{\sum_{i=1}^n x_i^2 \sigma_{ij}^2}, \tag{3}$$

где C_j — сумма, которая имеется в распоряжении предприятия в период j , α — некоторая доверительная вероятность, $\Psi(\alpha) = (1 - \alpha)$ — коэффициент, $q = 1 - \alpha$ — вероятность обанкротиться.

Экономическое содержание условия (3) заключается в том, что сумма

$$\sum_{i=1}^n x_i (p_{ij} - q_{ij}),$$

вместе с количеством имеющихся в наличии денег C_j в период j , должна превосходить суммарную «разницу» размера получаемых выплат

$$\sqrt{\sum_{i=1}^n x_i^2 \sigma_{ij}^2}$$

в этот же период. Условия (3) должны выполняться с вероятностью α .

Требуется максимизировать следующую линейную форму:

$$f_0(x) = \sum_{i=1}^n x_i \sum_{j=1}^m (p_{ij} - q_{ij}) \rightarrow \max \tag{4}$$

при выполнении условий (1) — (3). Задача (1) — (4) является задачей нелинейного целочисленного программирования. Однако её можно преобразовать в линейную задачу, если дисперсии в неравенстве (3) заменить на среднеквадратичные отклонения. Тогда (3) примет вид:

$$\sum_{i=1}^n x_i (p_{ij} - q_{ij}) - \Psi(\alpha) (1/\sqrt{n}) \sqrt{\sum_{i=1}^n x_i^2 \xi_{ij}^2} + C_j > 0, \tag{5}$$

$$j = 1, \dots, m,$$

где σ_{ij} и ξ_{ij} являются величинами одного и того же порядка. С учётом коэффициента $(1/\sqrt{n})$ и того, что для булевой переменной верно равенство $x_{ij} = x_{ij}^2$, выражения (3) и (5) будут равносильными в пределах принятой погрешности. Введем следующие обозначения с дополнительными условиями:

$$\beta_i = \sum_{j=1}^m (p_{ij} - q_{ij}), (i = 1 \dots n).$$

Если $p_{ij} - q_{ij} < \psi(\alpha) \xi_{ij}$, то $\gamma_{ij} = |p_{ij} - q_{ij} - \psi(\alpha) \xi_{ij}|$, иначе $\gamma_{ij} = 0$. Тогда получим рассматриваемую задачу инвестиций-

максимизировать:

$$f_0(x) = \sum_{j=1}^m x_j \sum_{i=1}^n \beta_i \rightarrow \max, \tag{6}$$

при условиях:

$$\sum_{i=1}^n x_i \beta_i \leq c_j, j = 1, 2, \dots, m, \tag{7}$$

$$x_i \in \{0, 1\}, x = (x_1, x_2, \dots, x_n). \tag{8}$$

Отметим, задача (6) — (8) является задачей специального линейного булевого программирования, которую можно решить посредством известных методов программирования [6, с. 143].

В Карачаево-Черкесской Республике ежегодно растут инвестиции. В республике ежегодно разрабатываются, рассматриваются и утверждаются десятки инвестиционных проектов, весьма привлекательных и рентабельных с экономической точки зрения. Однако, как показал анализ, на практике реализуются единицы, в основном это те проекты, где участвует федеральное правительство.

Таблица 1.

Инвест проект (i)	Год (j)	Инвестиции (q_{ij})	Ставка (K)	Вер-ть (P)	Сред. выплаты $M(X) = K * p * q_{ij}$	Разница $\Delta ij = p_{ij} - q_{ij} $
№ 1	2021	300	15%	0,60	27	273
(депозиты в банке)	2022	400	16%	0,55	35,2	364,8
	2023	450	17%	0,50	38,25	411,75
	2024	500	18%	0,45	40,5	459,5
	2025	550	19%	0,40	41,8	508,2
Итого C_1		2200			182,75	2017,25
№ 2	2021	1000	20%	0,70	140	860
(акции)	2022	1100	21%	0,65	150,15	949,85
	2023	1200	22%	0,60	158,4	1041,6
	2024	1300	23%	0,55	164,45	1135,55
	2025	1400	24%	0,50	168	1232
Итого C_2		6000			781	5219
№ 3	2021	700	25%	0,75	131,25	568,75
(производство)	2022	750	26%	0,80	156	594
	2023	800	27%	0,85	183,6	616,4
	2024	850	28%	0,90	214,2	635,8
	2025	900	29%	0,95	247,95	652,05
Итого C_3		4000			933	3067
Всего C		12200			1896,75	10303,25

Анализ структуры портфеля инвестиционных проектов свидетельствует о том, что в республике создаётся диверсифицированная экономика, где будут развиты как традиционные (туризм и АПК), так и новые отрасли хозяйства (добыча полезных ископаемых, производство строительных материалов, пищевая и перерабатывающая промышленность). Следует отметить, что приоритетные направления для привлечения инвестиций в Карачаево-Черкесскую Республику основаны на обилии местных ресурсов, и уже существующих конкурентных преимуществах региона и развитии новых видов экономической деятельности.

Следует заметить, что значительное снижение инвестиционных рисков, совершенствование законодательной базы и наличие подготовленных инвестиционных площадок является основой устойчивого притока инвестиций в экономику Карачаево-Черкесии. Основное место в системе показателей, характеризующих объемы и структуру инвестиций, занимают инвестиции в основной капитал. Как известно, они представляют собой совокупность затрат, направленных на создание и воспроизводство основных средств (новое строительство, расширение, а также реконструкция и модернизация объектов, которые приводят к увеличению их первоначальной стоимости, приобретение машин, оборудования, транспортных средств, затраты на формирование основного стада, выращивание многолетних насаждений и т.д.).

На территории Карачаево-Черкесской Республики для инвестиционной деятельности функционируют 10 банковских учреждений: ООО «ХКФ Банк», ПАО «СКБ — банк», ПАО «Мин Банк», ПАО «Ставрополь — промстройбанк», ПАО «Сбербанк», ПАО «Связь — БАНК», АО «Народный банк», АО «ОТПбанк», АО «Тексбанк», АО «Россельхозбанк», ООО «Сетелем банк». Наши инвестиционные проекты финансирует АО «Россельхозбанк», депозиты вкладываются в ПАО «Сбербанк», выкупаются акции ЗАО «Карачаевский пивзавод» [10, с.221].

Рассмотрим задачу выбора оптимального инвестиционного проекта для предприятий. Допустим, на предприятии имеются свободные денежные средства в размере (C), которую можно распределить между тремя инвестиционными проектами (n) в каждом из (m) лет периода времени. Разница между размером выплаты (p_{ij}) и размером инвестиции (q_{ij}) в каждом году есть величина Δij , которая равна ($p_{ij} - q_{ij}$).

Известно, что средняя выплата p_{ij} рассчитывается по формуле: $p_{ij} = K * p * q_{ij} = M(X)$, где K — критерий (ставка); P — уровень вероятности, q_{ij} — деньги для инвестирования i -го проекта в j -ом году; $M(X)$ — математическое ожидание. Следует отметить, что наиболее выгодным будет тот инвестиционный проект, где значение $M(X)$ будет наибольшим [11, с.182].

На промышленном предприятии «ФОТОН» Карачаево-Черкесской Республики имеются свободные деньги

Таблица 2.

Инвест проект (i)	Год (j)	Инвестиции (q _{ij})	Ставка (K)	Вер-ть (P)	Сред.выплата M(X) = p _{ij} *K*p*q _{ij}	Разница Δij = p _{ij} - q _{ij}	X _{ij}	X _{ij} (p _{ij} - q _{ij})
№ 1 (депозиты)	2021	300	15%	0,60	27	273	0	0
№ 2 (акции)	2021	1000	20%	0,70	140	860	1	860
№ 3 (производ)	2021	700	25%	0,75	131,25	568,75	0	0
Итого С₁		2000			298,25	1701,75		860
№ 1 (депозиты)	2022	400	16%	0,55	35,2	364,8	0	0
№ 2 (акции)	2022	1100	21%	0,65	150,15	949,85	0	0
№ 3 (производ)	2022	750	26%	0,80	156	594	1	594
Итого С₂		2250			341,35	1908,65		5940
№ 1 (депозиты)	2023	450	17%	0,50	38,25	411,75	0	0
№ 2 (акции)	2023	1200	22%	0,60	158,4	1041,6	0	0
№ 3 (производ)	2023	800	27%	0,85	183,6	616,4	1	616,4
Итого С₃		2450			380,25	2069,75		616,4
№ 1 (депозиты)	2024	500	18%	0,45	40,5	459,5	0	0
№ 2 (акции)	2024	1300	23%	0,55	164,45	1135,55	0	0
№ 3 (производ)	2024	850	28%	0,90	214,2	635,8	1	635,8
Итого С₄		2650			419,15	2230,85		635,8
№ 1 (депозиты)	2025	550	19%	0,40	41,8	508,2	0	0
№ 2 (акции)	2025	1400	24%	0,50	168	1232	0	0
№ 3 (производ)	2025	900	29%	0,95	247,95	652,05	1	652,05
Итого С₅		2850			457,75	2392,25		652,05
Всего С		12200			1896,75	10303,25		3358,25

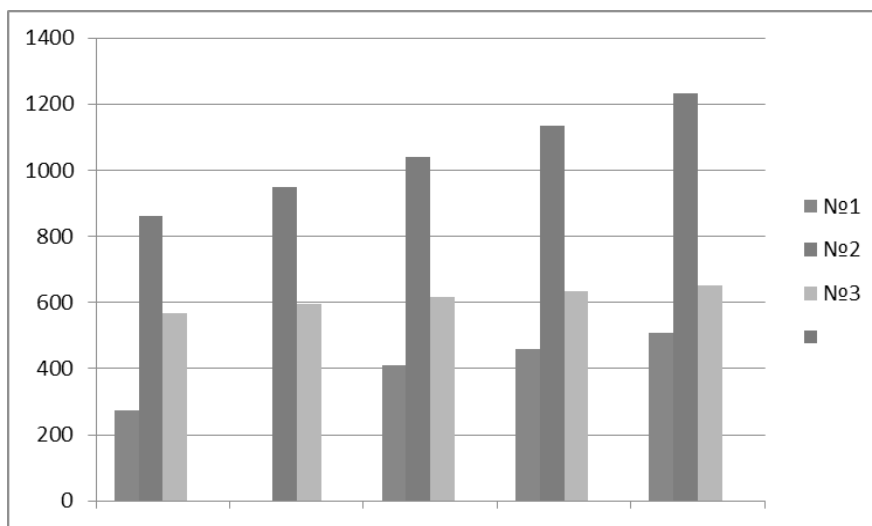


Рис. 1. Диаграмма выплат.

в сумме 12200 тыс. руб., которые можно вложить в альтернативные инвестиционные проекты: № 1 — депозиты в банке; № 2 — акции; № 3 — производство в течение пяти лет с 2021 по 2025 г.г. При этом известно, что ставка процента ежегодно меняется: в проекте № 1 — от 15 до 19%; в № 2 — от 20 до 24%; в № 3 — от 25 до 29%. Вероятность инвестирования меняется: в про-

екте № 1 — от 0,60 до 0,40%; в № 2 — от 0,70 до 0,50%; в № 3 — от 75 до 95%.

Требуется выбрать оптимальный вариант инвестирования. Оптимальность искомого варианта инвестирования заключается в том, что найденное решение должно максимизировать функцию прибыли при мини-

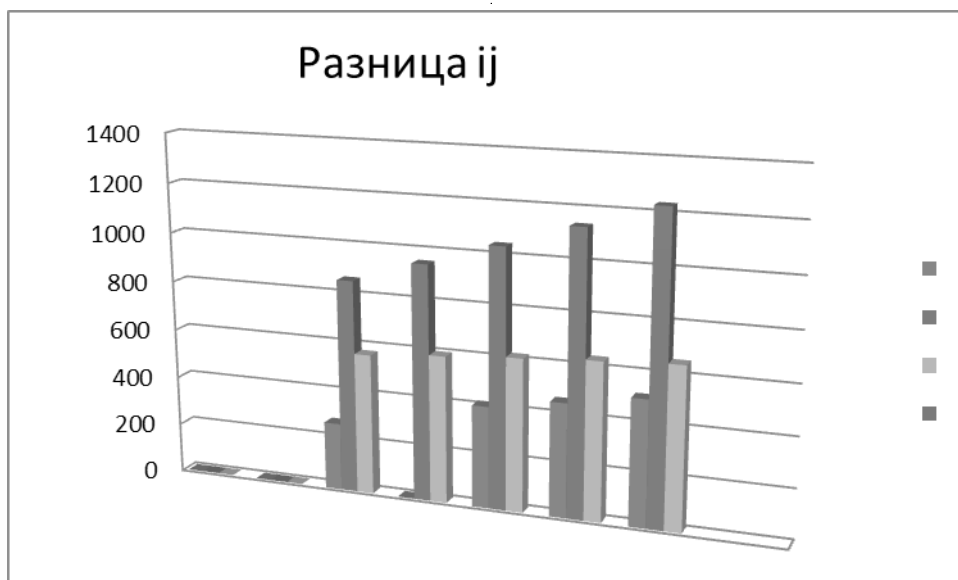


Рис. 2. Диаграмма разницы значений.

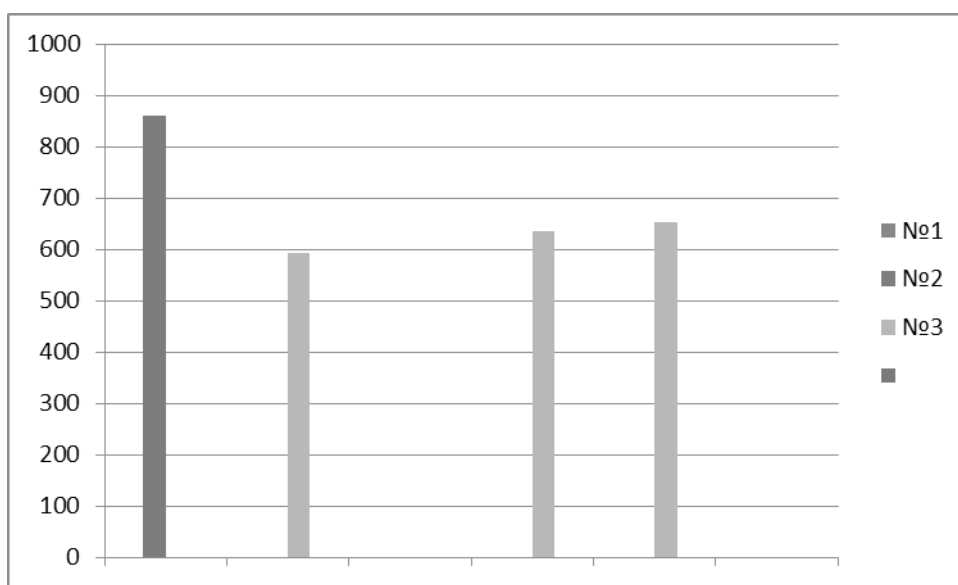


Рис. 3. Диаграмма выбора оптимального инвестиционного проекта.

мальных значениях затрат. В общем случае исследуемая задача инвестирования является сложной многокритериальной задачей. Поэтому вопросы моделирования оптимального внесения инвестиций в настоящей работе рассматриваются на конкретном примере, который сформулирован выше. Решение задачи и расчёты осуществляются в таблицах 1 и 2.

Первый этап. В таблице 1 рассматривается эффективность ежегодного инвестирования каждого инвестиционного проекта в рамках отпущенных сумм в те-

чение 5-ти лет с 2021 по 2025 г.г. с увеличением суммы инвестиций ежегодно на 100 тыс. руб. В таблице мы видим, что в инвестиционном проекте № 1 инвестиции по годам меняются от 300 тыс. руб. до 550 тыс. руб., ставка процента меняется от 15 до 19%, вероятность внесения инвестиций меняется от 0,60 до 0,40 и т.д. по всем трём инвестиционным проектам.

Из данных таблицы 1 также видно, сумма всех полученных выплат от инвестиций, которые были внесены в период с 2021 по 2025 год, составила 1896,75

тыс. руб. Вместе с количеством имеющихся в наличии денег в этот период (12200 тыс. руб.), эта сумма составляет 14096,75 тыс. рублей. Она превосходит суммарное «отклонение» размера получаемых в этот же период выплат (10303, 25 тыс. руб.) на 3793,5 тыс. руб. Это подтверждает правильность процедуры выбора проекта инвестиций. Соответствующая диаграмма выплат в течение каждого периода приведена на рис. 1.

Второй этап. В таблице 2 рассматриваем эффективность ежегодного инвестирования всех трёх инвестиционных проектов с выбором наиболее выгодного проекта в каждом году. Затем выбираем оптимальный вариант инвестиций в течение всего периода с 2021 по 2025 г.г.

Данные таблицы 2 подтверждают, что сумма ежегодных выплат, полученных от трёх инвестиций, внесенных с 2021 по 2025 год, составила 1896,75 тыс. руб. Эта сумма вместе с количеством имеющихся в наличии

денег, составляет 14096,75 тыс. руб. Она превосходит суммарное «отклонение» размера выплат, получаемых в этот же период (10303, 25 тыс. руб.). Это говорит о том, что внесение инвестиций осуществлено удачно. Соответствующая диаграмма приведена на рис. 2

Отметим, что на заключительном этапе решения задачи получено оптимальное решение, которое подтверждает, что в заданных условиях в долгосрочном периоде наиболее выгодным является инвестиционный проект № 3 — вложение денег в расширение производства (№ 1 и № 2 равны 0).

Соответствующая диаграмма приведена на рис. 3

Полученные результаты могут быть использованы при планировании инвестиций предприятий, а также в их производственной деятельности для улучшения финансово-экономического положения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лихтенштейн В.Е. Модели дискретного программирования. — Москва, «Наука», 1971. — 237 с.
2. Бирман И. Оптимальное программирование. — Москва, «Экономика», 1968. — 275 с.
3. Грузинов В.П. Экономика предприятия: учебник. — Москва: ИНФРА-М, 2020. — 342 с.
4. Крейкина М.Н. Финансовый менеджмент: учебное пособие. — Москва: Дело и Сервис, 2019. — 496 с.
5. Ходаков, В.Е. Дискретная математика: учебное пособие. — Москва: ИНФРА-М, 2020. — 542 с.
6. Шевелев, Ю.П. Дискретная математика: учебное пособие. Санкт-Петербург: Лань, 2019. — 592 с.
7. Игонина, Л.Л. Инвестиции: учебник. — Москва: Инфра-М, 2018. — 752 с. — ISBN 978-5-9776-0071-2.
8. Нешиной, А.С. Инвестиции: учебник. — Москва: Дашков и К, 2018. — 352 с. — ISBN 978-5-394-02216-6.
9. Шарп, У.Ф. Инвестиции: учебник. — Москва: ИНФРА-М, 2021. — 1028 с. — ISBN 978-5-16-016789-3.
10. Боташев Р.А. Математические методы в задачах экономики. Учебное пособие. — Карачаевск: КЧГУ, 2018. — 220 с. — ISBN 978-5-8307-0538-7.
11. Боташев Р.А. Экономика Карачаево-Черкесии. Учебное пособие. — Карачаевск: КЧГУ, 2020. — 252 с. — ISBN 978-5-8307-0615-5.

© Боташев Руслан Азаматович (botashevruslan@mail.ru), Шунгаров Хамид Джашаевич (hamidsh@rambler.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»