

УДК 338.4:519.866

ОПТИМИЗАЦИОННАЯ МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПОРТФЕЛЯ ФОНДА ПРЯМЫХ ИНВЕСТИЦИЙ

¹Емохонова Ю.М., ²Медведев А.В., ²Победаш П.Н., ³Федулова Е.А.

¹ЧОУ ВО «Сибирская академия финансов и банковского дела», Новосибирск,
e-mail: emokhonova.yulia@gmail.com;

²Кемеровский филиал ФГБОУ ВО Российский экономический университет
им. Г.В. Плеханова, Кемерово, e-mail: alexm_62@mail.ru;

³ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», Кемерово, e-mail: fedulovaea@mail.ru

В данной работе рассматривается содержательная постановка задачи и строится оптимизационная экономико-математическая модель оценки эффективности портфеля фонда прямых инвестиций. Предложен краткий обзор классических подходов к моделированию финансовых портфелей. В отличие от двухкритериальных моделей типа «доходность – риск» Марковица – Тобина, в работе акцент делается на использовании оптимизационных моделей денежных потоков в форме задачи линейного оптимального управления, позволяющей выявлять экономический потенциал финансовой системы. Основной содержательной особенностью предложенной модели является учет такого существенного условия формирования фонда, как включение в его инвестиционный портфель проектов исключительно производственного содержания, акции которых не котируются на фондовой бирже. Предложен подход, позволяющий учитывать различные риски функционирования фонда путем экспертной оценки объемов финансовых затрат на их минимизацию. Отмечается, что использование многопараметрической задачи линейного оптимального управления обусловлено необходимостью применения автоматизированных программных комплексов в условиях реально действующих фондов, обладающих большим количеством проектов в портфеле. Класс представленной модели позволяет использовать авторский программный комплекс многопараметрического анализа задачи линейного программирования, применяемый в действующем ситуационно-аналитическом центре социально-экономического развития территорий.

Ключевые слова: фонд прямых инвестиций, оптимизационная экономико-математическая модель, автоматизированная оценка экономической эффективности

AN OPTIMIZATION MATHEMATICAL MODEL OF FUND PORTFOLIO

¹Emokhonova Yu.M., ²Medvedev A.V., ²Pobedash P.N., ³Fedulova E.A.

¹Siberian Academy of Finance and banking, Novosibirsk, e-mail: emokhonova.yulia@gmail.com;

²Kemerovo branch of Russian Economic University named after G.V. Plekhanov,
Kemerovo, e-mail: alexm_62@mail.ru;

³Kemerovo State University, Kemerovo, e-mail: fedulovaea@mail.ru

In this paper, a meaningful statement of the problem is considered and an optimization economic-mathematical model is created for assessing the efficiency of the private equity fund portfolio. A brief review of classical approaches to the modeling of financial portfolios is offered. In contrast to Markovits-Tobin's two-criteria «profitability-risk» models, the emphasis is placed on the use of optimization models of cash flows in the form of linear optimal control problem that makes it possible to identify the economic potential of the fund. The main content of the proposed model is the consideration of such an essential condition for the formation of the fund, as the inclusion in its investment portfolio of exclusively production content, which shares are not listed on the stock exchange. An approach is suggested that allows to take into account various risks of the functioning of the fund by means of an expert evaluation of the financial costs for their minimization. It is noted that the use of multiparameter linear optimal control problem is caused by the need to use automated software systems in conditions of real operating funds possessing a large number of projects in the portfolio. The class of the presented model makes it possible to use the author's program complex of multiparametric analysis of the linear optimal control problem, applied in the current situational and analytical center of social and economic development of territories.

Keywords: direct investments fund, optimization economic-mathematical model, automated estimation of economic efficiency

Развитие финансовых рынков определяется, в частности, успешным функционированием фондов прямых инвестиций (ФПИ), предоставляющих финансовые ресурсы предприятиям и способствующих приращению их реальной стоимости. В портфель ФПИ входят компании, акции которых не торгуются на фондовой бирже [1, 2]. Согласно стратегии развития малого и среднего предпринимательства Российской Феде-

рации до 2030 г., одной из основных задач развития финансовых институтов является создание фондов, средства которых направляются на развитие компаний. Интерес к рынку прямых инвестиций сопровождается необходимостью разработки подходов и методов для получения наиболее реалистичной оценки стоимости портфелей проектов ФПИ. В целом роль стратегического планирования деятельности любых орга-

низаций финансового сектора экономики в условиях финансового кризиса неуклонно растет и стимулирует исследования в данной сфере.

Основные подходы изложены в работах Г. Марковица [3] и Дж. Тобина [4], предложивших первые прикладные модели оптимального инвестиционного портфеля, основанные на выборе независимых друг от друга пакетов акций с учетом установленных критериев риск/доходность и отличающиеся отсутствием (Г. Марковиц) или наличием (Дж. Тобин) в инвестиционном портфеле безрискового актива (государственных облигаций, облигаций высоконадежных эмитентов, недвижимости и пр.). Значительная доля появившихся позже моделей и методов анализа оптимальных инвестиционных портфелей посвящены совершенствованию и модификации моделей Г. Марковица и Дж. Тобина, с точки зрения учета различных особенностей функционирования финансовых активов на финансовых рынках.

В данной работе предлагается математическая модель ФПИ в форме многопараметрической задачи линейного программирования (МЗЛП), учитывающая такое существенное условие формирования ФПИ, как включение в инвестиционный портфель проектов исключительно производственного содержания. Отметим, что использование МЗЛП позволяет рассматривать ФПИ, количество проектов в которых сопоставимо с реально существующими фондами, и использовать для ее анализа авторский автоматизированный финансово-аналитический программный комплекс [5].

Рассмотрим следующую содержательную постановку задачи оценки эффективности функционирования ФПИ. Допустим, что в портфель фонда включаются проекты по производству продукции (n) видов (отраслей, видов экономической деятельности и др.). Указанные проекты характеризуются различным уровнем своей эффективности, которая, в частности, может определяться средней рентабельностью, средней фондоотдачей основных производственных фондов и/или другими показателями. Проекты характеризуются различным уровнем и количеством (K) рисков функционирования. Предположим, что проекты в портфеле ФПИ могут быть проинвестированы в разные моменты времени. Моменты открытия и закрытия проектов произвольны и могут не совпадать с моментами закрытия всего фонда. Предполагается, что проекты ФПИ могут реализовываться в течение длительного срока (3–15 лет), что предусмотрено российским законодательством. Также

учитывается вознаграждение менеджерам управляющей компании за управление активами. Размер комиссии закрепляется в договоре доверительного управления [6, 7]. Необходимо определить оптимальные объемы инвестиций в каждый проект ФПИ в соответствии с критерием максимизации дисконтированного сальдо потоков доходов и расходов по сумме всех проектов портфеля ФПИ, с учетом рисков его функционирования.

Рассмотрим следующий механизм страхования рисков создания и функционирования ФПИ (например, волатильность рынков, колебания курсов валют, политические, страновые, экологические и пр.) путем рассмотрения дополнительной группы искомым переменных. Определим риск кризисного функционирования ФПИ как «...потери вследствие неправильно поставленной или недостигнутой стратегической цели» [8]. Для численной оценки риска, на наш взгляд, целесообразно использовать такой показатель, как уровень затрат (в материальном или стоимостном выражении) на восстановление работоспособности системы при реализации выделенных рисков. Исходя из экспертно определенных данных о рисках по каждому из L выделенных направлений, можно минимизировать риски его кризисного функционирования и/или состояния путем расчета оптимального уровня осуществляемых затрат (как ограниченного сверх финансового ресурса) на мероприятия по устранению (избежанию) рисков. Пусть заданы (найжены) невозрастающие зависимости $r_l = f_l(x)$ рисков r_l кризисного развития системы в l -м направлении ($l = 1, \dots, L$) обеспечения безопасности от затрат на их устранение (избежание, исключение, уменьшение). В случае линейности функций f_l возникает возможность строить линейные оптимизационные модели функционирования ФПИ, алгоритмы численного анализа которых хорошо разработаны, что, в свою очередь, дает возможность разрабатывать системы поддержки принятия решений в практически значимых диапазонах размерностей искомым переменных.

Введем следующие обозначения:

x_k ($k = 1, \dots, n$) – инвестиции в k -й проект портфеля, д.е.;

x_{n+k} ($k = 1, \dots, n$) – потенциальный стоимостной объем производства продукции в k -м проекте фонда, д.е.;

x_{2n+l} ($l = 1, \dots, L$) – затраты менеджмента на избежание (устранение) l -го риска функционирования ФПИ, д.е.;

T – горизонт планирования деятельности ФПИ, ед. времени;

r – ставка дисконтирования на горизонте планирования ФПИ, %;

$\delta_k (k = 1, \dots, n)$ – эффективность (рентабельность, фондоотдача) k -го проекта, %;

$t_k (k = 1, \dots, n)$ – момент начала k -го проекта, ед. времени;

$T_k (k = 1, \dots, n)$ – момент окончания k -го проекта, ед. времени;

$q_k (k = 1, \dots, n)$ – емкость рынка (стоимостная оценка спроса) продукции k -го проекта, д.е.;

$r_k (k = 1, \dots, n)$ – ставка дисконтирования для k -го проекта, %;

$a_k (k = 1, \dots, n)$ – минимальный объем инвестиций в k -й проект, д.е.;

$b_l (l = 1, \dots, L)$ – максимальные издержки, которые несет менеджмент ФПИ в случае реализации риска на l -ом рисковом направлении функционирования, д.е.;

$c_l (l = 1, \dots, L)$ – задаваемые экспертно коэффициенты, имеющие смысл оценочной значимости эффекта от осуществленных затрат на l -ом рисковом направлении функционирования, д.е.;

s – ежегодное вознаграждение менеджерам управляющей компании за управление активами ФПИ – доля от первоначальной стоимости инвестиций, %;

γ – экспертная оценка доли суммарных инвестиций, используемых менеджментом на страхование деятельности ФПИ, %;

$LMAX$ – максимальные затраты на избежание (устранение) всех выделенных рисков функционирования ФПИ, д.е.;

I – максимальный объем инвестиций (финансовая емкость портфеля), д.е.

Тогда модель портфеля ФПИ, в форме задачи линейного программирования (ЗЛП), принимает вид

$$NPV = - \sum_{j=1}^n \left(\alpha_j + s \sum_{k=1}^n \alpha_k \right) x_j + \sum_{j=1}^n \alpha_j x_{n+j} - \alpha \sum_{l=1}^L (b_l - c_l x_{2n+l}) \rightarrow \max, \quad (1)$$

$$x_{n+k} \leq \delta_k x_k \quad (k = 1, \dots, n), \quad (2)$$

$$x_{n+k} \leq q_k \quad (k = 1, \dots, n), \quad (3)$$

$$\sum_{j=1}^n \left(1 + s \sum_{k=1}^n \alpha_k \right) x_j - \sum_{j=1}^n x_{n+j} + \alpha \sum_{l=1}^L (b_l - c_l x_{2n+l}) \leq 0, \quad (4)$$

$$\sum_{k=1}^n x_k \leq I, \quad (5)$$

$$\sum_{l=1}^L x_{2n+l} \leq LMAX, \quad (6)$$

$$\sum_{l=1}^L x_{2n+l} \leq \gamma \sum_{k=1}^n x_k, \quad (7)$$

$$x_k \geq a_k \quad (k = 1, \dots, n), \quad (8)$$

где параметры

$$\alpha_j = \frac{1}{r_j} \left[\frac{1}{(1+r_j)^{t_j}} - \frac{1}{(1+r_j)^{T_j+1}} \right], \quad (j = 1, \dots, n)$$

– ставки дисконтирования каждого из проектов портфеля, с учетом разновременности их начала и окончания;

$\alpha = T/(1+r)$ – коэффициент дисконтирования на горизонте T ;

$r_s = rT/(1 - (1+r)^{-T}) - 1$ – эффективная ставка дисконтирования на горизонте T , в предположении равномерности распределения суммарных затрат менеджмента на избежание (устранение) рисков функционирования ФПИ на горизонте T .

Модель (1)–(8) является частным случаем модели инвестиционно-производственных систем, опубликованной в работе [9]. В частности, в модели (1)–(8), по сравнению с моделью в работе [9], не учитываются инновационный характер инвестиционно-производственных проектов (ИПП), взаимодействие системы ИПП с ее налоговым окружением, производственная деятельность ИПП в портфеле описывается агрегированными показателями фондоотдачи $\delta_k (k = 1, \dots, n)$, не подразумевая подробного описания характеристик основных производственных фондов.

Условие (1) в данной модели является критерием эффективности портфеля ФПИ. Неравенства (2), (3) ограничивают потенциальный уровень производства в каждом проекте либо возможностями основных средств (уровнем научно-технического прогресса) либо емкостью рынков продукции. Неравенство (4) описывает условие финансовой реализуемости портфеля ФПИ. Неравенство (5) является интегральным ограничением на максимальную финансовую емкость ФПИ, (6) – ограничение на максимальные затраты для устранения рисков функционирования ФПИ, (7) – условие ограниченности суммарных затрат на страхование рисков заданной долей финансовой емкости ФПИ, а (8) является естественным условием как минимум неотрицательности инвестиций в каждый проект. Следует отметить, что параметры эффективности $\delta_k (k = 1, \dots, n)$ каждого проекта в ФПИ могут (при необходимости или наличии статисти-

ческой базы) трактоваться как фондоотдачи проектов соответствующих производств, выраженные через такие рыночные и производственные характеристики активов, как средние значения стоимостей и производительностей единицы используемых производственных активов, а также средние значения стоимостей единицы продукции. Это, в частности, расширяет возможности формирования информационной базы для уточнения значений параметров δ_k проектов портфеля ФПИ. Наличие последней группы слагаемых в критерии (1) можно трактовать как снижение эффективности ФПИ в результате проведения страховых мероприятий на всем горизонте планирования. Эта же группа слагаемых в условии (4) трактуется, как снижение возможностей финансовой реализуемости портфеля ФПИ за счет использования страховых мероприятий на всем горизонте планирования. Отметим, что в модели (1)–(8) существование решения не гарантировано, однако, с помощью параллельного переноса системы координат в ее начало легко доказать существование решения для всех допустимых значений переменных и параметров модели. Приведенная выше модель представляет собой многопараметрическую задачу линейного программирования, при решении которой определяются такие оптимальные объемы инвестиций в проекты портфеля ФПИ, что дисконтированное по каждому проекту суммарное сальдо доходов и расходов имеет максимальное значение. Отметим, что линейность указанной модели позволяет использовать специализированный пакет инвестиционного анализа, подробно описанный в работе [5].

В модели (1)–(8) учтены такие особенности ФПИ, отличающие его от портфеля финансовых активов, как наличие ограничений на уровень спроса на производимую продукцию, возможности учета производственных особенностей и определения оптимальных характеристик проектов портфеля ФПИ в связи с наличием вспомогательной группы искомым переменных x_{n+k} ($k = 1, \dots, n$), а также соответствующей трактовки показателей эффективности проектов. Отметим, что ставки дисконтирования r_j ($j = 1, \dots, n$) традиционно учитывают инфляционные риски и риски требований внешних инвесторов. Таким образом, предложенная модель через сложную структуру дисконтирующих множителей учитывает влияние продолжительности операций по проектам, что, по нашему мнению и мнению авторов работы [10, с. 175], является важным условием обоснованности и адекватности моделей данного класса.

Следует отметить, что предложенный выше подход концептуально может быть обобщен на случай иных организаций финансового сектора экономики. В частности, для коммерческого банка в условиях финансового кризиса также являются критическими вопросы оценки устойчивости и выработки стратегии развития. Модели стратегического планирования позволяют с системных позиций анализировать финансовое состояние коммерческого банка, определять и всесторонне обосновывать пути развития, оценивать эффективность собственных вложений, а также необходимость и возможности инвестиционных вложений. Особенности используемых моделей организаций финансового сектора является принципиальная возможность построения линейных производственных функций банка и других организаций от параметров затрат на осуществление кредитных и депозитных операций, что позволяет представить ее в форме многопараметрической задачи линейного программирования и также обеспечивает эффективную поддержку принятия решений. В Кемеровском институте (филиале) Российского экономического университета имени Г.В. Плеханова разработано программное обеспечение (ПО) поддержки принятия решений в сфере анализа проектов развития организаций финансового сектора, позволяющее, в частности, определять параметры стратегического развития коммерческого банка с учетом страхования его деятельности. Указанное ПО базируется на использовании моделей линейного оптимального управления, в которых описываются ограничения и критерии деятельности банка, осуществляющего кредитно-депозитные операции, несущего затраты на их обслуживание, страхование, котирующего свои ценные бумаги на межбанковском рынке, ограниченного в своей деятельности определяемыми государством или рыночным окружением пороговыми значениями показателей ликвидности активов, неснижаемой суммы резервов, ставки рефинансирования и т.п. Это дает возможности решать задачи управления состоянием ликвидности банковских активов, оптимизации затрат на осуществление кредитных и депозитных операций в зависимости как от внутренней банковской среды (соотношение процентных ставок кредитов и депозитов), так и от внешней для банка среды (котировки ценных бумаг банка на фондовом рынке, норма обязательного резервирования и т.п.).

Класс модели и наличие ориентированной на конечного пользователя системы автоматизации обработки информации

позволяют эффективно применять данный инструментарий в условиях ситуационных центров социально-экономического развития для экспертной поддержки принятия управленческих решений по вложениям инвестиционных средств в различные организации финансового сектора экономики.

Таким образом, в статье предложена оптимизационная экономико-математическая модель оценки эффективности фондов прямых инвестиций в форме, позволяющей, при наличии разработанного автоматизированного численного инструментария [5], осуществлять эффективную поддержку принятия инвестиционных решений в условиях реально функционирующих ФПИ.

Список литературы

1. Скворцова А.Л. Фонды прямых инвестиций как источник инвестиций в условиях кризиса // Мясные технологии. – 2009. – № 4. – С. 10–13.
2. Казак А.Ю. Фонды прямых инвестиций как способ увеличения стоимости компании / А.Ю. Казак, Л.И. Юзвич, О.М. Пироговский // Финансы и кредит. – 2010. – № 43 (427). – С. 10–13.
3. Markowitz H. Portfolio Selection // Journal of Finance. – 1952. – vol. 7, № 1. – P. 77–91.
4. Tobin J. The Theory of Portfolio Selection / J. Tobin // Theory of Interest Rates. – London: MacMillan, 1965. – P. 3–51.
5. Горбунов М.А. Оптимизационный пакет прикладных программ «Карма» и его применение в задачах бизнес-планирования / М.А. Горбунов, А.В. Медведев, П.Н. Победаш, А.В. Смольянинов // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 4. – С. 42–47.
6. Бобров Е.В. Особенности договора управления акционерным инвестиционным фондом и договора доверительного управления имуществом ПИФа: основные различия // Вестник Московского университета МВД России. – 2010. – № 3. – С. 105–108.
7. Федулова Е.А. Оптимальная организационно-правовая форма функционирования фондов прямых инвестиций для квалифицированных инвесторов / Е.А. Федулова, Ю.М. Емохова // Финансы и кредит. – 2017. – Т. 23, № 4 (724). – С. 233–248.
8. Ильенкова Н.Д. Проблемы анализа инновационного риска // Инвестиции и инновации. – 2011. – № 5. – С. 90–92.
9. Медведев А.В. Модель оптимального финансово-инвестиционного планирования деятельности производственного предприятия // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – № 9(4). – С. 622–625.
10. Аньшин В.М. Модели управления портфелем проектов в условиях неопределенности / В.М. Аньшин, И.В. Демкин, И.М. Никонов, И.Н. Царьков. – М.: МАТИ, 2008. – 194 с.