

DOI: 10.15593/2499-9873/2018.2.08
УДК 519

О.А. Кузнецова

Самарский национальный исследовательский университет
им. академика С.П. Королева, Самара, Россия

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВРЕМЕННОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ПОРТФЕЛЯ РЕАЛЬНЫХ ИНВЕСТИЦИЙ

Основой стабильного развития экономики является эффективное использование инвестиционных ресурсов, направляемых на финансирование реального сектора экономики. Работа посвящена методу оптимизации портфеля реальных инвестиций, учитывающему динамику денежных потоков. Приведены алгоритмы, описывающие пошаговые действия в ситуации пространственной и временной оптимизации. Подробно рассмотрены особенности временной оптимизации. Также описаны математические модели, служащие основой для решения задачи оптимизации. В качестве целевой функции выбран критерий максимизации NPV. В работе использован метод линейной оптимизации.

Ключевые слова: реальные инвестиции, инвестиционный портфель, пространственная оптимизация, временная оптимизация, линейная оптимизация.

O.A. Kuznetsova

Samara National Research University, Samara, Russian Federation

TIME OPTIMIZATION MATHEMATICAL MODEL OF THE REAL INVESTMENTS PORTFOLIO

The effective using of investment resources which directed to finance the real sector of the economy is the basis for stable economic development. This work is devoted to the method of the real investments portfolio optimizing, which taking into account the cash flows dynamics. The article presents algorithms describing step-by-step actions in the situation of spatial and temporal optimization. The time optimization features are described in detail. Mathematical models that serve as the basis for solving the optimization problem are described too. The maximum NPV was chosen as criterion for the objective function. The linear optimization method is used in this paper.

Keywords: real investment, investment portfolio, spatial optimization, time optimization, linear optimization.

Введение

Множество публикаций посвящено теме формирования и оптимизации инвестиционных портфелей. Помимо вариантов классических моделей Г. Марковица, Д. Тобина и У. Шарпа [1], рассматриваются сложные математические подходы [2, 3].

Среди моделей оптимизации портфеля реальных инвестиций обычно рассматриваются варианты пространственной оптимизации проектов. Описано множество подходов к ее реализации [4, 5].

Более сложный вопрос – временная оптимизации проектов описана только в работе В.В. Ковалёва [6]. В качестве критерия выбора проекта, допустимого к отсрочке, авторы учебников, пособий и статей по экономической оценке инвестиций, в том числе В.В. Ковалёв, предлагают использовать индекс возможных потерь, который рассчитывается на основе определения доли потери NPV в сумме инвестиций по проекту:

$$I_{\text{вп}} = \frac{\Delta\text{NPV}}{\text{IC}},$$

где $I_{\text{вп}}$ – индекс возможных потерь; IC – величина отложенной на год инвестиции; ΔNPV – потеря в NPV.

В этом случае рассматриваются проекты, имеющие довольно ограниченные характеристики – сумма инвестиций и сумма дохода по проекту. В этих условиях их оптимизация по критерию NPV является довольно тривиальной задачей.

Оптимизация в условиях реинвестирования доходов [6] имеет описательный характер.

В данной работе формализованы алгоритмы пространственной и временной оптимизации портфелей реальных инвестиций сроком более двух лет и представлены соответствующие математические модели.

Актуальность работы определена необходимостью эффективно управления инвестиционными ресурсами в целях улучшения состояния физических лиц и предприятий в частности и экономики в целом.

1. Постановка задачи

Сумма первоначального капитала составляет 300 руб. В таблице предложены варианты инвестиционных проектов. Необходимо сформировать все возможные варианты портфеля инвестиций, с учетом механизма временной оптимизации, исходя из того, что и все доходы от проектов могут быть пущены на реинвестиции. Оценить по NPV, IRR.

Динамика денежных потоков по проектам

Проект	C0	C1	C2	C3
A	-50	+70	+80	+60
B	-150	+200	+100	+150
C	-100	+70	+200	+100
D	-80	+50	+170	+200
E	-500	+500	+700	+100

Инвестиционные проекты удобно представлять в виде матрицы.

При пространственной оптимизации проблем не существует. В то же время при временной оптимизации, в условиях смещении проектов и рефинансировании будущих доходов, возникает необходимость согласования инвестиционных расходов, отложенных на последующие периоды, с доходами от ранее профинансированных проектов.

2. Формирование портфеля реальных инвестиций с учетом принципа пространственной оптимизации

Формализован и описан алгоритм пространственной оптимизации портфеля реальных инвестиций:

1. Отбор проектов для включения в портфель по критерию «величина требуемых инвестиционных вложений». Очевидно, что проекты, стоимость которых превышает сумму располагаемых инвестиционных ресурсов, из дальнейшей работы исключаются, $I_i \leq I$.

2. Отбор проектов для включения в портфель по критерию «чистый приведенный доход». Стандартно, проект должен приносить инвестору деньги, поэтому $NPV_i > 0$.

3. Отбор проектов для включения в портфель по критерию «внутренняя норма доходности». В качестве показателя r можно взять как ставку дисконтирования проекта, так и более высокую величину желаемой доходности, $IRR_i > r$.

4. Формирование всех возможных вариантов портфелей проектов по критерию «суммарная величина требуемых инвестиционных вложений». Из множества проектов формируется, возможно, несколько портфелей таким образом, что суммарные инвестиции не превышают величину располагаемого инвестиционного ресурса, $\sum I_i \leq I$.

5. Расчет NPV_{Π} портфелей проектов, который можно рассчитать как сумму NPV_i проектов, входящих в портфель $NPV_{\Pi} = \sum NPV_i$.

6. Выбор портфеля по критерию максимизации NPV_p .

Представленный алгоритм реализован в виде математической модели:

$$\begin{aligned} F &= \sum NPV_i \rightarrow \max, \\ NPV_i &> 0, \\ IRR_i &> r, \\ I_i &\leq I, \\ \sum I_i &\leq I, \end{aligned}$$

где i – номер инвестиционного проекта; NPV_i – чистый приведенный доход i -го проекта; I_i – величина инвестиций i -го проекта.

3. Формирование портфеля реальных инвестиций с учетом принципа временной оптимизации

Под временной оптимизацией понимается решение инвестиционной задачи, при которой рассматриваются несколько привлекательных инвестиционных проектов, однако в результате ограниченности ресурсов они не могут быть реализованы в планируемом году одновременно, но в следующем году (или позже) нереализованные проекты могут быть реализованы. При откладывании проекта значение его NPV снижается, причем сильнее этот эффект проявляется в проектах, в которых максимум денежных потоков приходится на конец временного периода. Особенностью такой оптимизации является то, что доходы проектов можно реинвестировать в будущих периодах. Решение задачи сводится к оптимальному распределению проектов во времени:

1. Отбор проектов для включения в портфель по критерию «величина требуемых инвестиционных вложений». Очевидно, что проекты, стоимость которых превышает сумму располагаемых инвестиционных ресурсов, из дальнейшей работы исключаются, $I_i \leq I$.

2. Отбор проектов для включения в портфель по критерию «чистый приведенный доход». Стандартно, проект должен приносить инвестору деньги, поэтому $NPV_i > 0$.

3. Отбор проектов для включения в портфель по критерию «внутренняя норма доходности». В качестве показателя r можно взять как ставку дисконтирования проекта, так и более высокую величину желаемой доходности, $IRR_i > r$.

4. Формирование всех возможных вариантов проектов по критерию положительного сальдо между имеющимися в распоряжении инвестиционными ресурсами и требуемыми инвестициями, $\Delta P_j \geq 0$.

5. Расчет NPV_{Π} портфелей проектов, который лучше всего выполнить как NPV суммарного денежного потока проектов, входящих в портфель NPV_{Π} .

6. Выбор портфеля по критерию максимизации NPV_{Π} .

Для сокращения количества переменных в математической модели инвестиции и доходы будут обозначаться одной переменной – P_j . При проведении вычислений они берутся с соответствующим знаком «+» и «-».

Используемая математическая модель:

$$F = NPV(\Delta P_j) \rightarrow \max,$$

$$\Delta P_j \leq \sum_{i=1}^n P_{ij} + \Delta P_{j-1},$$

$$\Delta P_j = \Delta P_{j-1} + \sum_{i=1}^n P_{ij},$$

$$P_j = \Delta P_{j-1},$$

$$\Delta P_j \geq 0,$$

где i – номер инвестиционного проекта; ΔP_j – разница между доходами j -го года от ранее проинвестированных проектов и инвестициями j -го года; $NPV(\Delta P_j)$ – чистый приведенный доход денежного потока ΔP_j .

Разработанные математические модели возможно реализовать в любых программных продуктах.

Заключение

Эффективное использование инвестиционных ресурсов является основой стабильного развития экономики. Формализованные алгоритмы описывают последовательность и специфику действий пространственной и временной оптимизации портфеля реальных инвестиций. Предложенный алгоритм учитывает особенности оптимизации долгосрочных инвестиционных проектов, характеризующихся сложной динамикой денежных потоков. Математические модели можно использовать для разработки программного обеспечения в целях автоматизации процесса.

Список литературы

1. Бритвина В.В., Федоров Н.М. Экономические модели формирования и оптимизации инвестиционного портфеля. – М.: Прондо, 2017. – 89 с.

2. Иванюк В.А., Андропов К.Н., Егорова К.Н. Методы оценки эффективности и оптимизации инвестиционного портфеля. – Пенза: Академия Естествознания, 2016. – № 3. – С. 575–578.

3. Фатьянова М.Э. Комбинаторная модель для формирования опционных портфелей: магистерская диссертация // Финансовая аналитика: проблемы и решения. – 2017. – № 2(232). – Т. 10.

4. Ситник Л.С., Фёдоров О.О. Формирование портфеля реальных инвестиционных проектов // Вестник Хмельницкого нац. ун-та. – 2013. – Т. 2, № 3. – С. 27–33.

5. Перебатова Е.А. Формирования портфеля реальных инвестиций на железнодорожном транспорте: автореф. дис. ... канд. экон. наук / Моск. гос. ун-т путей сообщ. (МИИТ) МПС РФ. – М., 2011.

6. Ковалев В.В. Методы оценки инвестиционных проектов. – М.: Финансы и статистика, 2003. – 144 с.

References

1. Britvina V.V., Fodorov N.M. Ekonomicheskiye modeli formirovaniya i optimizatsii investitsionnogo portfelya Izdatel'stvo: Prondo: Moskva, 2017. 89 s.

2. Ivanyuk V.A., Andropov K.N. Yegorova K.N. Metody otsenki effektivnosti i optimizatsii investitsionnogo portfelya // Izdatel'skiy Dom "Akademiya Yestestvoznaniya": Penza. 2016. № 3. S. 575-578.

3. Fat'yanova Fat'yanova M.E. Kombinatornaya model' dlya formirovaniya optsiionnykh portfeley MAGISTERSKAYA DISSERTATSIYA Finansovaya analitika: problemy i resheniya. Izdatel'skiy dom «Finansy i kredit» 2017. 2 (232) tom 10.

4. Sitnik L.S., Fodorov O.O. Formirovaniye portfelya real'nykh investitsionnykh proyektov // Vestnik Khmel'nitskogo natsional'nogo universiteta 2013, T.2, № 3, s. 27-33.

5. Perebatova Ye.A. Formirovaniya portfelya real'nykh investitsiy na zheleznodorozhnom transporte. avtoreferat dissertatsii na soiskaniye uchenoy stepeni kandidata ekonomicheskikh nauk / Mosk. gos. un-t putey soobshch. (MIIT) MPS RF. Moskva, 2011.

6. Kovalov V.V. Metody otsenki investitsionnykh proyektov. M.: Finansy i statistika, 2003. 144 s.

Получено 01.02.2018

Об авторе

Кузнецова Ольга Александровна (Самара, Россия) – кандидат экономических наук, доцент кафедры «Математические методы в экономике» Самарского национального исследовательского университета им. академика С.П. Королева (443086, г. Самара, Московское шоссе, 34, e-mail: mkuz195@mail.ru).

About the authors

Ol'ga A. Kuznetsova (Samara, Russian Federation) – Ph.D. in Economics, Department of Mathematical Methods in Economics, Samara National Research University (34, Moskovskoye sh., Samara, 443086, Russian Federation, e-mail: mkuz195@mail.ru).