

УДК 629.735

В.С. ДОБРЯК, М.С. МАЗОРЧУК, Н.С. БАКУМЕНКО

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина***МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ПОРТФЕЛЯ ПРОЕКТОВ
В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ**

Разработана математическая модель для формирования оптимального портфеля проектов в условиях неопределенности исходной информации. Объектом исследования является процесс формирования предварительного портфеля проектов с учетом возможных рисков. Для описания и представления процессов формирования портфеля проектов создания сложной техники предприятия используется системный подход и теория множеств. Для формирования предварительного множества портфелей проектов применяется метод на базе модели Марковица. Для определения исходных параметров используются методы и модели нечеткой логики (алгоритм Сугэно). Для оптимизации портфеля проектов применяется метод штрафных функций. В результате разработана система поддержки принятия решений при формировании портфеля проектов в условиях неопределенности, которая реализована программно.

Ключевые слова: проект, портфель проектов, модель Марковица, алгоритм Сугэно, метод штрафных функций, доходность, риск.

Введение

Любой человек, владеющий свободными денежными средствами, заинтересован в их рациональном использовании. Портфельный анализ существует, пожалуй, столько же, сколько люди задумываются о принятии рациональных решений, связанных с использованием ограниченных ресурсов (денежных средств). На сегодняшний день большинство украинских предприятий сталкиваются с проблемами анализа и выбора наиболее привлекательных проектов для реализации.

Существуют два основных параметра, по которым инвестором принимается окончательное решение о вложении капитала – это риск и доходность инвестиций. Сравнивая и оценивая эти показатели, потенциальный инвестор делает выводы о привлекательности того или иного сектора экономики, сферы бизнеса, финансово-кредитных институтов, предлагающих свои услуги в этой области.

Огромное количество различных исследований, проведенных учеными и финансовыми компаниями, выявили определенные закономерности в динамике фондового рынка и позволили создать многочисленные теории, описывающие и объясняющие механизм взаимоотношений, а также философию поведения инвестора на рынке. Например, модели Марковица, Шарпа, Квази-Шарпа, Бирмана, представленные в работах [1 – 4], позволяют сформировать инвестиционный портфель ценных бумаг на основе известного прогноза ожидаемой доходности

каждой ценной бумаги и портфеля в целом. В отличие от ценных бумаг, инвестиционные проекты, реализуемые на производственных предприятиях, как правило, обладают всеми характеристиками ценных бумаг (ожидаемая доходность, риск), однако они не могут быть в любой момент приостановлены, при реализации проекта следует учитывать ресурсную базу предприятия, прогноз параметров таких проектов связан с неопределенностью. Поэтому существует проблема формирования портфеля проектов на производственных предприятиях с учетом ожидаемого риска и уровня доходности, как отдельных проектов, так и портфеля в целом.

Существующие методы не в полной мере позволяют решить поставленные задачи, так как в основном используются методы и модели, разработанные зарубежными учеными, которые не всегда можно применить к деятельности украинских предприятий, где необходимо учитывать множество разнородных, динамически изменяющихся факторов. Поэтому является актуальной разработка эффективных методов, моделей и информационно-аналитической системы поддержки принятия решений при формировании портфеля проектов в условиях неопределенности на базе нечетких моделей.

Постановка задачи. Целью данной работы является определение оптимальной структуры портфеля проектов, его ожидаемого риска, когда исходные данные неопределены.

Исходя из цели работы, были сформулированы следующие задачи:

- выбрать или создать математическую модель портфеля проектов;
- создать программный проект, реализующий алгоритм оптимизации структуры портфеля;
- разработать алгоритм прогнозирования доходности проекта;
- получить значения риска портфеля, в зависимости от ожидаемой доходности;
- определить оптимальную структуру портфеля.

Решение поставленных задач

Существует большое количество методов формирования портфеля проектов на основе моделей Шарпа, Бирмана и других авторов.

В рамках данной работы для формирования оптимального портфеля проекта предлагается использовать модель Марковица [5]. Использовать данную модель можно потому, что между ценными бумагами и инвестиционными проектами много общего. Например, и в проекты и в ценные бумаги инвестируется капитал, инвестор ожидает определенную доходность от вкладываемых инвестиций. Однако, в отличие от ценных бумаг, проекты имеют ограниченный срок реализации, проект нельзя прервать, поскольку это может привести к значительным убыткам. Когда в портфель включены более чем два проекта, путем изменения структуры портфеля можно варьировать риском портфеля, сохраняя неизменной его доходность. Не расположенный к риску инвестор всегда предпочитает при данной портфельной доходности портфель с меньшим риском, независимо от того, как велика его не расположенность к риску. В предлагаемой модели учитывается то, что проект – это инвестиционная деятельность, но в отличие от ценных бумаг, имеет определенный срок реализации и невозможность продажи результатов незавершенного проекта.

По модели Марковица доходность портфеля проектов R_p – это средневзвешенная доходность проектов, его составляющих, и она определяется формулой [6]:

$$R_p = \sum_{i=1}^N W_i \cdot r_i, \quad (1)$$

где N – количество проектов в портфеле;

W_i – процентная доля проекта в портфеле;

r_i – доходность данного проекта.

Риск портфеля проектов определяется средним квадратическим отклонением доходности портфеля:

$$\sigma_3 = \sqrt{\sum_{a=1}^N \sum_{b=1}^N (W_a \cdot \sigma_a \cdot W_b \cdot \sigma_b \cdot \rho_{ab})}, \quad (2)$$

где W_a, W_b – процентные доли проектов в портфеле;

σ_a, σ_b – риск проектов (среднеквадратическое отклонение);

ρ_{ab} – коэффициент линейной корреляции.

С использованием модели Марковица для расчета характеристик портфеля прямая задача приобретает вид:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^N W_i \cdot r_i \rightarrow \max; \\ \sqrt{\sum_{a=1}^N \sum_{b=1}^N (W_a \cdot \sigma_a \cdot W_b \cdot \sigma_b \cdot \rho_{ab})} \leq \sigma_{\text{req}}; \\ W_i \geq 0; \\ \sum_{i=1}^N W_i = 1. \end{cases} \quad (3)$$

Функция цели:

$$\sqrt{\sum_{a=1}^N \sum_{b=1}^N (W_a \cdot \sigma_a \cdot W_b \cdot \sigma_b \cdot \rho_{ab})} = f(W). \quad (4)$$

Исследуемая функция цели является выпуклой во всей области определения. Данная задача представляет собой задачу условной оптимизации. Ограничения типа равенства и неравенства требуют их учёта на каждом шаге оптимизации. Одним из направлений в методах решений таких задач является сведение их к последовательности задач безусловной оптимизации. Для оптимизирования структуры портфеля проектов используется метод штрафных функций [7].

Таким образом, задача оптимизации для целевой функции $f(x)$ с ограничениями:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^N W_i(x) - 1 &= 0, \\ W_i(x) &\geq 0, i = 1, 2, \dots, N, \end{aligned} \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^N W_i \cdot r_i - R_{\text{req}} \geq 0$$

(R_{req} – ожидаемая доходность портфеля) сводится к последовательности задач безусловной оптимизации.

Исходные данные рассматриваемой модели вычисляются на основе методов статического анализа и экспертных оценок. Поэтому для определения исходных параметров используются методы и модели нечеткой логики [8].

Доходность рассматривается как нечеткое треугольное число, которое изменяется в зависимости от изменения таких параметров, как уровень инфляции, индекс Доу-Джонса, рентабельность предприятия.

Для каждой лингвистической переменной были определены основные термы. Например, для лингвистической переменной «Уровень инфляции» заданы следующие термы:

- A1: «Уровень инфляции низкий» – 1..3 %;
- A2: «Уровень инфляции средний» – 3..7 %;
- A3: «Уровень инфляции высокий» – 7..12 %;
- A4: «Уровень инфляции очень высокий» – 12..15 %.

Для формирования нечеткой модели объекта управления принимаются стандартные гауссовские функции принадлежности. Совокупность функций

дает нам модели распределения лингвистических переменных (рис. 1).

Существуют два алгоритма нечеткого вывода Мамдани и Сугэно. В данной модели нечеткий логический вывод организован по алгоритму Сугэно. Так как эта модель позволяет работать с большими объемами данных и показывает более высокую точность, чем модель Мамдани. (Операция дефаззификации для системы Сугэно проводилась по методу «средневзвешенное» как наиболее подходящего для решения задач классификации.) Данная модель была обучена и протестирована.

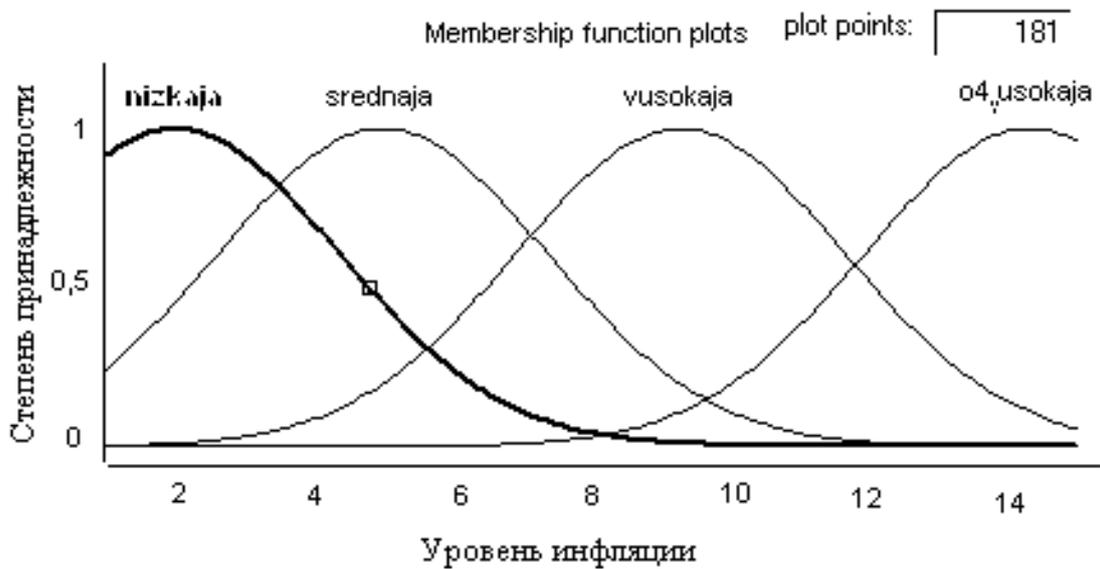


Рис. 1. Модель распределения уровня инфляции

Результаты расчетов

На рис. 2 представлен расчет оптимальной структуры портфеля проектов. В качестве исходных данных для моделирования использованы спрогнозированные доходности шести проектов предприятий Украины в течение 12 периодов [9]. На основе данных рассчитаны предполагаемые доходности

каждого проекта. По рассчитанным исходным данным, риск портфеля при ожидаемой доходности (1,5 %), составил – 2,25.

Структура оптимального портфеля состоит из 3 и 4 проекта.

В табл. 1 представлена структура оптимального портфеля при различных значениях ожидаемой доходности портфеля проектов.

Таблица 1

Ожидаемая доходность и риск

| | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|-----------|-------|-------|-------|-----------|-----------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Ожидаемая доходность | 1 | 2 | 3 | 3,5 | 3,8 | 4 | 4,2 | 4,5 | 4,8 | 5 | 5,2 | 5,5 |
| Риск | 3,44 | 4,17 | 6,48 | 7,96 | 8,4 | 9,54 | 10,19 | 10,3 | 12,18 | 12,85 | 13,5 | 14,54 |
| Проекты | 1;3; 4 | 3; 4 | 3; 4 | 2;3;4 | 2;3; 4 | 2;3; 4 | 2;3; 4 | 2;3;4 | 2;3 | 2;3 | 2;3 | 2;3 |
| Ожидаемая доходность | 6 | 7,5 | 8 | 10 | 11 | 12 | 14 | 15 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| Риск | 14,88 | 17,42 | 23,19 | 30,2 | 35,95 | 38,7 | 44,29 | 48,7 | 55,56 | 59,58 | 63,21 | 66,84 |
| Проекты | 2;3 | 2;3 | 2;3 | 4 | 2 | 1;2 | 2;3 | 2;3 | 2 | 2;3 | 2;3 | 2;3 |

Количество проектов Количество периодов

Ожидаемая доходность портфеля

| № проекта/период | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|------------------|------------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|
| 1 | -1.250000 | 3.000000 | 4.430000 | -12.120000 | 32.410000 | -5.210000 |
| 2 | -15.560000 | 6.670000 | 72.110000 | 10.860000 | 22.760000 | 1.120000 |
| 3 | 11.240000 | 1.340000 | 19.790000 | 17.390000 | -4.070000 | 4.250000 |
| 4 | 0.000000 | 0.000000 | 2.300000 | 1.120000 | 0.000000 | 0.000000 |
| 5 | -0.850000 | 14.890000 | 33.590000 | -27.090000 | 0.120000 | 23.290000 |

Результаты:

Оптимальные проекты : 3; 4;

Риск портфеля : 2.22207

Рис. 2. Расчет оптимальной структуры портфеля проектов

Заключение

В результате данного исследования представлен метод и модель, позволяющие решить частные задачи в рамках системного метода формирования портфеля проектов на производственном предприятии. Использование данной модели для формирования портфеля проектов позволяет руководителю предприятия или менеджеру проектов проводить анализ оперативно и качественно с учетом неопределенности исходных данных по прогнозируемым параметрам ожидаемой доходности и риска проектов.

Литература

1. Крушвиц Л. *Инвестиционные расчеты* / Л. Крушвиц. – СПб., 2001. – 566 с.
2. Ван Хорн Дж. К. *Основы управления финансами: пер. с англ. / Дж. К. Ван Хорн.* – М.: Финансы и статистика, 2003. – 799 с.
3. Берлин А. *Механизм принятия инвестиционных решений на промышленном предприятии* /

А. Берлин, А. Армязов // *Проблемы теории и практики управления.* – 2001. – №1. – С. 80-85.

4. Белозеров А.С. *Управление портфелем проектов. Новые методологические подходы и инструменты [Электронный ресурс]* / А.С. Белозеров // *Группа компаний ИНТАЛЕВ.* – Режим доступа: <http://www.intalev.ru/?id=23219>.

5. Мазур И.И. *Управление проектами: справ. п. / И.И. Мазур., В.Д. Шапиро и др.; Под ред. И.И. Мазура и В.Д. Шапиро.* – М.: Высшая школа, 2001. – 875 с.

6. Семёнова Д.В. *Задачи Марковица высших порядков* / Д.В. Семёнова, О.Ю. Воробьёв // *Е-Записки ФАМ семинара, 2002г.* – Красноярск: ИВМ СО РАН. – 2002. – С. 5-14.

7. Турчак Л.И. *Основы численных методов* / Л.И. Турчак, П.В. Плотников // *Издание второе.* – М.: Физматлит, 2003. – 655 с.

8. Yochanan Shachmurove. *Applying Artificial Neural Networks to Business, Economics and Finance.* – 1993. – Vol. 115. – P. 398-405.

9. Ширяев В.И. *Модели финансовых рынков: Оптимальные портфели, управление финансами и рисками: учебное пособие* / В.И. Ширяев. – М.: URSS, 2007. – 216 с.

Поступила в редакцію 3.12.2008

Рецензент: д-р техн. наук, зав. кафедри охорони труда, стандартизації и сертифікації Р.М. Трищ, Українська інженерно-педагогічна академія, Харків.

МОДЕЛЮВАННЯ СТРУКТУРИ ПОРТФЕЛЯ ПРОЕКТІВ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕННОСТІ

В.С. Добряк, М.С. Мазорчук, Н.С. Бакуменко

Розроблена математична модель для формування оптимального портфеля проектів, його очікуваного ризику, коли початкові дані володіють достатньо високим ступенем невизначеності. Об'єктом дослідження є процес формування попереднього портфеля проектів з урахуванням можливих ризиків. Для опису і представлення процесів формування портфеля проектів створення складної техніки підприємства використовується системний підхід і теорія множин. Для формування попередньої множини портфелів проектів застосовується метод на базі моделі Марковіца. Для прогнозування початкових параметрів використовуються методи і моделі нечіткої логіки (алгоритм Сугено). Для оптимізації портфеля проектів застосовується метод штрафних функцій. В результаті розроблена система підтримки ухвалення рішень при формуванні портфеля проектів в умовах невизначеності, яка реалізована програмно.

Ключові слова: проект, портфель проектів, модель Марковіца, алгоритм Сугено, метод штрафних функцій, прибутковість, ризик.

A DESIGN OF STRUCTURE OF PORTFOLIO OF THE PROJECTS ON THE BASIS OF UNCLEAR MODEL

V.S. Dobryak, M.S. Mazorchuk, N.S. Bakymenko

Math model was created for determining the optimal structure of portfolio of the projects and it is expected risk, when initial data are indefinite. Object of research is process of previous portfolio of the projects construction taking into account possible risks. For the description and representation of processes of formation of a portfolio of the projects of creation of complex technique of the enterprise the system approach and the theory of sets is used. For forming of previous plural of portfolio of the projects a method is used on the base of model of Markovica. Therefore for prognostication of initial parameters methods and models of fuzzy logic are utilized (algorithm of Sugeno). For optimization of portfolio of the projects the method of penalty functions is used. In the result of the analysis of portfolio of the projects was programmatic realization of the system of support of making a decision during.

Key words: project, portfolio of the projects, model of Markovica, algorithm of Sugeno, method of penalty functions, profitability, risk.

Мазорчук Марія Сергеевна – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри інформатики, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харків, Україна.

Бакуменко Ніна Станіславовна – канд. техн. наук, доцент кафедри інформатики, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харків, Україна.

Добряк Вікторія Сергеевна – студентка 5 курсу кафедри інформатики, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харків, Україна.