УДК 669:330

Гайдукова Наталия Валентиновна
Магистр

Донецкий государственный университет управления, Донецк

ТЕОРИЯ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ПОРТФЕЛЯ ПРОЕКТОВ

Рассмотрены методологические основы и применение теории возможностей при формировании портфеля проектов реальных инвестиций, реализуемых в рамках инвестиционной деятельности предприятий. Выдвинуто предложение, что портфель проектов – это нечёткое множество, которое задаётся посредством функции принадлежности соответствующего проекта к данному множеству. Показано, что формирование портфеля проектов представляет собой нечеткую задачу целочисленного линейного программирования. Определены условия, при которых проект принадлежит к портфелю проектов.

Ключевые слова: портфель проектов, нечеткое множество, трапециевидное число, треугольное число, возможность события

Розглянуто методологічні основи і застосування теорії можливостей при формуванні портфеля проектів реальних інвестицій, що реалізуються в рамках інвестиційної діяльності підприємств. Висунуто пропозицію, що портфель проектів – це нечітка множина, яка задається за допомогою функції приналежності відповідного проекту до даної множини. Показано, що формування портфеля проектів являє собою нечітку задачу цілочисельного лінійного програмування. Визначено умови, за яких проект належить до портфеля проектів.

Ключові слова: портфель проектів, нечітка множина, трапецієподібне число, трикутне число, можливість події

All projects within an organization aim at a common goal achievement, and may be defined as a portfolio of projects. The realization of each project affects the implementation course of the other projects in the portfolio, and thereby affecting the properties of the entire portfolio of projects. At the heart of creating a real investment effective portfolio, the probability theory is often used allowing to solve problems under uncertainty. In some situations, however, the probability theory application is not always appropriate because of the lack of a full package of source data, which does not allow to establish the optimal portfolio variant. In this paper the methodological foundations and the probability theory application capabilities are considered, alongside the formation of a real investment projects portfolio implemented in the framework of the investment activity of the enterprises. An assumption is made that a portfolio is a fuzzy set, which is defined by the membership function of a corresponding project to a given fuzzy set, at that a portfolio of projects is seen as a fuzzy problem of the integer linear programming. The conditions under which the project belongs to the portfolio of projects are defined.

Keywords: the portfolio of projects, fuzzy set, trapezoidal number, triangular number, event possibility

Постановка проблемы

Портфель проектов – это совокупность разнообразных проектов, выполняемых в интересах организаций (компаний) и, как правило, имеющих общие ограничения по ресурсам. Все проекты в рамках одной организации направленны на достижение общей цели и могут быть рассмотрены как портфель проектов [1]. Следовательно, портфель проектов является объективным результатом процесса стратегического планирования и способом достижения стратегических целей организации.

Каждый проект, входящий в состав портфеля, является объектом управления и обладает рядом характеристик. Совокупность проектов организации (портфель проектов) также является объектом управления и обладает такими параметрами, как доходность, риск, время реализации, требуемые ресурсы и т.д. При этом реализация каждого проекта влияет на ход реализации других проектов, входящих в портфель, и тем самым оказывает влияние на параметры всего портфеля проектов. Учитывая безусловную значимость характеристик каждого из проектов, входящих в состав портфеля, отметим, что стратегическая конкурентоспособность и развитие организации зависит от характеристик всего портфеля проектов.

В основе формирования эффективного портфеля реальных инвестиций зачастую используется аппарат теории вероятности, позволяющий решать задачи в условиях неопределенности. Однако, в ряде ситуаций применение теории вероятности не всегда является корректным, обоснованным и объективным. Причина этому – не полный пакет исходных данных, не позволяющий с достаточной степенью уверенности установить оптимальный вероятностный вариант портфеля. В задаче формирования портфеля инвестиций в ценные бумаги к услугам аналитика предоставляются массивы котировок финансовых инструментов, охватывающие месяцы и годы и позволяющие использовать всю мощь статистического анализа. При рассмотрении реальных инвестиций в промышленности, основным, а иногда и единственным источником информации являются: экспертные оценки, факты на основе опыта, знания, суждения и оценки по аналогам. В таких условиях появляется потребность в других подходах к оценке имеющейся неопределённости.

Цель статьи

В данной работе рассмотрен подход формирования портфеля проектов реальных инвестиций, основанный на применении теорий возможностей и нечётких множеств.

Изложение основного материала

Пусть портфель составлен из X проектов, образующими множество. *Нечёткое множество* A – портфель проектов, задаётся посредством функции принадлежности соответствующего проекта X_i рассматриваемому нечёткому множеству $\mu\mathrm{A}:\mathrm{X}\to[0,1]$.

Так, для обычного множества $X\subset A$ функция принадлежности имеет вид

$$\mu A(x)=\begin{cases}1, x\in A\\ 0, x\notin A\end{cases} \qquad (1)$$

и принимает значения только 0 и 1.

Значение $\mu A(x)$ есть число, лежащее между 0 и 1, показывающее степень принадлежности проекта x нечёткому множеству А.

Равенство $\mu A(x)=1$ означает, что проект x точно принадлежит множеству А (полная принадлежность).

Равенство $\mu A(x)=0$ говорит о том, что проект x точно не принадлежит множеству А (полная непринадлежность).

Нечёткие множества отличаются от обычных множеств тем, что допускают промежуточные степени принадлежности, например, $\mu A(x)=0{,}5$.

Когда $X=R$ – множество вещественных чисел, говорят о нечётких числах. Для практических вычислений удобно работать с нечёткими числами специального вида: треугольными и трапециевидными.

Трапециевидное число обычно обозначается $A=(a_1,a_2,a_3,a_4)$ и имеет функцию принадлежности, задаваемую формулой:

$$\mu A(x)=\begin{cases}0, & x<a_1 \text{ или } x>a_4\\ \dfrac{x-a_1}{a_2-a_1}, & a_1\le x<a_2\\ 1, & a_1\le x<a_2\\ \dfrac{a_4-x}{a_4-a_3}, & a_3<x\le a_4\end{cases}, \qquad (2)$$

где: $a_1\le a_2\le a_3\le a_4$.

В случае $a_2=a_3$ мы получаем *треугольное число* $A=(a_1,a_2,a_4)$. В практике наиболее часто, число a_1 отражает пессимистическую оценку, a_4 – оптимистическую, а числа a_2 и a_3 образуют интервал, в пределах которого, скорее всего, будет находиться вероятностное значение.

Для того, чтобы применение теории в приложениях оказалось полезным, необходимо иметь содержательную интерпретацию нечетких множеств и нечетких чисел. Пусть A – нечеткое число и μ_A– ее функция принадлежности. Тогда значение $\mu A(x)$ показывает правдоподобность того, что *действительное* значение величины A равно x. Л. Заде [2] показал, что такая трактовка неопределенности, связанной с нечетким числом, не является вероятностной. Возникает новая теория, работающая с неопределенностью, которую Заде назвал *теорией возможностей* [3].

Предположим, что портфель проектов A характеризуется требованиям соответствия стратегической цели Str_1. Тогда значение $\mu A(x)$ показывает правдоподобность того, что действительное значение величины A равно x. Таким образом, $\mu A(x)$ показывает возможность того, что нечеткое множество A принимает значение x. Для каждого из рассматриваемых проектов x_i степень его принадлежности к $AStr_1$ выражается формулой:

$$\begin{aligned}\mu AStr_1(x_1)&=0;\\ \mu AStr_1(x_2)&=0;\\ \mu AStr_1(x_3)&=1;\\ \mu AStr_1(x_4)&=1.\end{aligned} \qquad (3)$$

Портфель проектов B характеризуется требованием соответствия стратегической цели Str_2.

Для каждого из рассматриваемых проектов x_i степень его принадлежности к $BStr_2$ выражается формулой:

$$\begin{aligned} &\mu BStr_2(x_1)=0;\\ &\mu BStr_2(x_2)=1;\\ &\mu BStr_2(x_3)=0;\\ &\mu BStr_2(x_4)=1. \end{aligned} \quad (4)$$

Если A и B – два нечётких множества, то функции принадлежности:

$$\mu_{A\cup B}(x)=\max(\mu_A(x),\mu_B(x)); \quad (5)$$

$$\mu_{A\cap B}(x)=\min(\mu_A(x),\mu_B(x)); \quad (6)$$

$$\mu_A(x)=1-\mu_A(x). \quad (7)$$

по определению задают результат операций объединения $A\cup B$, пересечения $A\cap B$ и дополнения $\overline{A}$ нечётких множеств [4]:

$$A\cup B=\{(x_1,0*0),(x_2,0*1),(x_3,1*0),(x_4,1*1)\}; \quad (8)$$

$$A\cup B=\{(x_1,0),(x_2,0),(x_3,0),(x_4,1)\}; \quad (9)$$

$$A\cap B=\{(x_1,0+0),(x_2,0+1),(x_3,1+0),(x_4,1+1)\}; \quad (10)$$

$$A\cap B=\{(x_1,0),(x_2,1),(x_3,1),(x_4,2)\}. \quad (11)$$

Из выражения $A\cup B$ и $A\cap B$ следует, что проект x_1 не невозможен, так как не отвечает требованиям условий ни одного из множеств A и B, проекты x_2 и x_3 являются проектами дополнения и только проект x_4 является проектом с наибольшей вероятностью события. Следует учитывать, что высокий уровень возможности не означает высокую вероятность события, однако, если событие невозможно, то оно невероятно. Теория возможностей более грубо оценивает ситуацию, поэтому она более устойчиво работает в тех случаях, когда информации о том, что происходит, немного.

В рамках теории возможностей каждому событию E сопоставляется определенное число $Pos(E)$, лежащее между 0 и 1 – *возможность события*. Возможность удовлетворяет следующему свойству [5]: для любых двух событий E_1 и E_2 :

$$Pos(E_1\cup E_2)=\max(Pos(E_1),Pos(E_2)); \quad (12)$$

$$Pos(E_1\cup E_2)=\min(Pos(E_1),Pos(E_2)). \quad (13)$$

Допустим нечеткое число X_i и событие $E=\{X\in Y\}$, где Y - некоторое множество чисел. Если $Y=\{y\}$ состоит из одной точки, то

$$Pos(X=y)=\mu_X(y). \quad (14)$$

В общем случае возможность $Pos(E)$ вычисляется, если представить Y как объединение точек:

$$\begin{aligned} Pos(X\in Y)&=Pos\left(\bigcup_{y=Y}\{X=y\}\right)=\\ &=\max_{y\in Y}Pos(X=y)=\max_{y\in Y}\mu_x(y). \end{aligned} \quad (15)$$

Таким образом, возможность события определяется возможностью наиболее благоприятного исхода для данного события. Формулы (12), (13) можно обобщить на случай, когда Y – нечеткое множество с функцией принадлежности $\mu_Y(x)$:

$$Pos(X\in Y)=\max_y \min(\mu_X(y),\mu_Y(y)). \quad (16)$$

Теория возможностей дает инструментарий для оценки нечетких ограничений. Пусть A – нечеткое число, B – нечеткое число, предоставляющее некоторое ограничение. Фиксируем некоторый уровень достоверности γ, $0<\gamma<1$. Будем говорить, что число A удовлетворяет ограничению B с уровнем достоверности γ [6], если выполнено соотношение:

$$Pos(A\in \overline{B})<1-\gamma. \quad (17)$$

Это условие эквивалентно следующему равенству:

$$N_A(B)=\min_y \max(1-\mu_A(y),\mu_B(y))>\gamma. \quad (18)$$

Число $N_A(B)$ называется *степенью удовлетворения* условию B.

Рассмотрим два частных случая ограничений, которые используются при решении задач формирования портфеля проектов:

1) $A=(a_1,a_2,a_3,a_4)$ – трапециевидное число, а B имеет вид бюджетного ограничения (рис.1): $B=(0,0,b_3,b_4)$, то условие $N_A(B)\ge\gamma$ эквивалентно следующему неравенству:

$$(1-\gamma)a_3+\gamma a_3\le\gamma b_3+(1-\gamma)b_4. \quad (19)$$

Такого рода условие появляется, например, когда нужно сравнить количество потребляемых ресурсов A с имеющимся объемом ресурсов, выделяемых в рамках бюджета B.

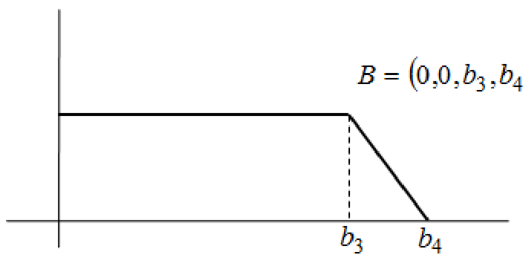

Рис. 1. Бюджетное ограничение

При этом b_3 есть наиболее вероятное значение бюджета, а b_4 – его максимально возможное значение.

2) $A=(a_1,a_2,a_3,a_4)$, $B=(b,b,\infty,\infty)$

имеем нечеткое ограничение при оценке снизу (рис. 2). Тогда $N_A(B)\geq\gamma$ равносильно:

$$\gamma a_1+(1-\gamma)a_1\geq b \tag{20}$$

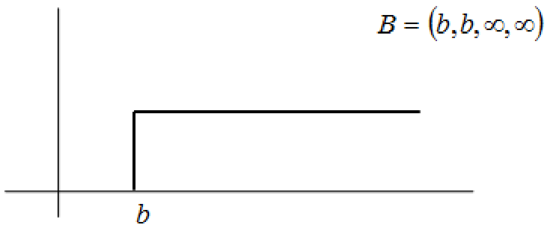

Рис. 2. Нечеткое ограничение при оценке снизу

Выполнение условия (20) означает, что нечеткое число A оценивается снизу (четким) числом. Эта оценка ниже будет использоваться при наложении максимума в семействе нечетких чисел.

Модель формирования портфеля проектов представляется как нечеткая задача целочисленного линейного программирования.

Выводы

Таким образом показана целесообразность выбора в качестве целевой функции модели совокупной ценности портфеля проектов. Модель содержит нечеткие ограничения трех видов: бюджетные ограничения, ограничения на человеческие ресурсы и стратегические ограничения. Стратегические ограничения показывают, какая пропорция между стратегическими целями должна соблюдаться при распределении финансовых ресурсов портфеля. Единственное четкое ограничение, основанное на использовании логической операции импликации, гарантирует включение в портфель вместе с выбранным проектом всех проектов, от которых он зависит.

Список литературы

1. *Туккель И. Л. Методы и инструменты управления инновационным развитием промышленных предприятий / И. Л. Туккель, А. В. Сурина, С. А. Голубев, Н. А. Цветкова//- БХВ-Петербург 2013 г.*

2. *Zadeh, L.A. (1978) «Fuzzy sets as a basis for a theory of possibility». Fuzzy Sets and Systems, 1, pp. 3—28.*

3. *Дюбуа Д. Теория возможностей: приложения к представлению знаний в информатике. / Д. Дюбуа, А. Прад.// М.: Радио и связь. 1990.*

4. *Iwamura, K., Liu, B. (1998) «Chance constrained integer programming models for capital budgeting in fuzzy environments». Journal of the Operational Research Society, 49, pp. 854–860.*

5. *Iwamura, K., Liu, B. (1998) «Chance constrained integer programming models for capital budgeting in fuzzy environments». Journal of the Operational Research Society, 49, pp. 854–860.*

6. *Рассел Д. Арчибальд. Управление высокотехнологическими программами и проектами / Р. Д. Арчибальд//. – М.: "Академия АйТи", 2004. – 472 с.*

7. *Грей Клиффорд Ф. Управление проектами: Практическое руководство / Клиффорд Ф. Грей, Эрик У. Ларсон // пер. с англ. – М.: Издательство «Дело и Сервис», 2003. – 528 с.*

8. *Лапигин Ю. М. Управление проектами: от планирования до оценки эффективности / Ю. М. Лапигин. – М.: Омега-Л, 2008. – 252 с.*

9. *Mohamed, S., McCowan, A.K. (2001) «Modelling project investment decisions under uncertainty using possibility theory». Int. J. Project Management, 19, pp. 231—241.*

10. *Пытьев Ю.М. Возможность: элементы теории и применения. / Пытьев Ю.М. – М.: УРСС, 2000.*

References

1. *I. L. Tukkel AV Surin, SA Golubev, N. Tsvetkov (2013) Methods and tools for managing innovative development of industrial enterprises BHV-Petersburg 2013.*

2. *Zadeh, L.A. (1978) «Fuzzy sets as a basis for a theory of possibility». Fuzzy Sets and Systems, 1, pp. 3–28.*

3. *D. Dubois, A. Prades. (1990) «Theory of opportunities: the applications to knowledge representation in computer science» – M.: Radio and communication.*

4. *Kofman A. (1982) «Introduction to the theory of fuzzy sets». – M.: Radio and communication, pp 18–26.*

5. *Iwamura, K., Liu, B. (1998) «Chance constrained integer programming models for capital budgeting in fuzzy environments». Journal of the Operational Research Society, 49, pp. 854–860.*

6. *Russell D. Archibald. (2004) «Management of high-tech programs and projects», - M.: "IT Academy" p. 472.*

7. *Clifford F. Gray, Erik W. Larson (2003) «Project Management: A Practical Guide» / Math. from English. – Moscow: Publishing House "Business and Service", p. – 528.*

8. *Lapigin M. (2008) «Project management from planning to evaluation of the effectiveness», – M: Omega-L, – p. 252.*

9. *Mohamed, S., McCowan, A.K. (2001) «Modelling project investment decisions under uncertainty using possibility theory». Int. J. Project Management, 19, pp. 231–241.*

10. *Pyt'ev YM (2000) «Ability to elements of the theory and application» – Moscow: URSS.*

Статья поступила в редколлегию 25.02.2014

Рецензент: доктор техн. наук, С.С. Гребенкин профессор кафедры инновационного менеджмента и управления проектами Донецкого государственного университета управления, Донецк.