

# **ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ ПРИ ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ И РИСКА В НЕФТЕГАЗОВЫХ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТАХ**

Ю.Г. Богаткина, И.А. Пономарева, Н.А. Еремин  
ИПНГ РАН

Практика реализации и экономической оценки нефтегазовых инвестиционных проектов свидетельствует о необходимости всестороннего учета факторов неопределенности. Влияние факторов неопределенности на инвестиционный проект приводит к неожиданным потерям, убыткам, даже в тех проектах, которые первоначально признаны экономически целесообразными для инвестирования. Не учтенные в инвестиционном проекте негативные сценарии развития событий, возможно и малоожидаемые, могут произойти и предотвратить его реализацию. Учет неопределенности информации напрямую зависит от выбора математического аппарата, определяемого математической теорией, и обеспечивает приемлемую формализацию неопределенности, возникающую при управлении инвестиционными потоками, что является крайне важным.

В настоящее время в ИПНГ РАН ведется работа над очередной версией автоматизированной системы технико-экономической оценки месторождений нефти и газа (АС ТЭО МНГ), которая включает в себя алгоритмы, основанные на теории нечетких множеств и применяемые для оценки риска нефтегазовых инвестиционных проектов [1–4].

В классическом анализе используются качественные и количественные методы оценки риска. В АС ТЭО МНГ эти подходы рассматриваются взаимосвязанно. Качественный метод позволяет просчитать возможные рисковые ситуации и описать все многообразие рисков рассматриваемого инвестиционного проекта в виде таблицы. Использование количественных методов дает возможность получить численную оценку рискованности проекта, определить степень влияния факторов риска на его эффективность. Детерминированность оценочных данных в АС ТЭО МНГ является обязательным требованием, так как любой инвестиционный нефтегазовый проект характеризуется множеством факторов неопределенности. Именно факторы неопределенности (регулирующие параметры) определяют инвестиционный риск, который можно оценить при использовании теории нечетких множеств, под которыми понимаются множества, не имеющие четких границ.

В рассматриваемой проблемной области, под которой понимается экономическая оценка нефтегазовых инвестиционных проектов, одним из основных экономических критериев является величина чистого дисконтированного дохода (ЧДД). Это число может формироваться автоматизированной системой при отклонении регулирующих параметров по проекту, к которым

относятся процентное изменение добычи углеводородов, изменение цен на продукцию, изменение величины капитальных и эксплуатационных затрат, а в проектах на условиях СРП учитывается изменение величины компенсационной и прибыльной продукции инвестора. При оценке риска параметр ЧДД обладает "размытостью". Это значит, что в процессе работы АС ТЭО МНГ формирует различные прогнозные варианты этого значения. В качестве оценочного показателя в системе используется "треугольное нечеткое число", которое находится в диапазоне ( $ЧДД_{\min}$ ,  $ЧДД_{\max}$ ), а также принимается, что значение  $ЧДД_0$  является величиной чистого дисконтированного дохода, полученного без отклонений регулирующих параметров по проекту.

Таким образом, нечеткое треугольное число имеет вид ( $ЧДД_{\min}$ ,  $ЧДД_0$ ,  $ЧДД_{\max}$ ). Параметры этого математического выражения будем называть "значимыми точками", с которыми можно сопоставить вероятности реализации соответствующих сценариев – "пессимистического", "нормального" и "оптимистического".

Множество нечетких чисел для анализа эффективности инвестиционного проекта задается в виде таблицы, на основании которой строится треугольная функция нечеткого числа ЧДД.

Функция имеет вид следующей математической зависимости.

$$\alpha_1 = \begin{cases} 0 & \text{при } G < ЧДД_{\min}; \\ \frac{G - ЧДД_{\min}}{ЧДД_0 - ЧДД_{\min}}, & \text{при } ЧДД_{\min} < G < ЧДД_0; \\ 1, & \text{при } G = ЧДД_0; \\ \frac{ЧДД_{\max} - G}{ЧДД_{\max} - ЧДД_0} & \text{при } ЧДД_0 < G < ЧДД_{\max}; \\ 0, & \text{при } G \geq ЧДД_{\max}; \end{cases} \quad (1)$$

Задача инвестиционного выбора в данном рассмотрении есть процесс принятия решения в расплывчатых условиях, когда решение достигается слиянием целей и ограничений. Отметим, что главным ограничением по проекту является отрицательное значение ЧДД, что свидетельствует об убыточности проекта, а граничным значением эффективности проекта является величина  $ЧДД \approx 0$ .

Для прогнозирования будущих результатов по инвестиционному проекту, связанных с неопределенностью, и для оценки риска инвестиций можно использовать показатель риска V&M (меры возможности неблагоприятных событий в ходе инвестиционного процесса), разработанный на основе нечеткой логики [3, 4].

На основании треугольной функции  $\mu(A1)$  построим функцию степени риска V&M по проекту, которая имеет следующий вид):

$$V\&M = \begin{cases} 0, & \text{при } G < \text{ЧДД}_{\min}; \\ \frac{G - \text{ЧДД}_{\min}}{\text{ЧДД}_{\max} - \text{ЧДД}_{\min}} \left(1 + \frac{1 - \alpha_1}{\alpha_1} \ln(1 - \alpha_1)\right), & \text{при } \text{ЧДД}_{\min} < G < \text{ЧДД}_0; \\ 1 - \left(1 - \frac{G - \text{ЧДД}_{\min}}{\text{ЧДД}_{\max} - \text{ЧДД}_{\min}}\right) \left(1 + \frac{1 - \alpha_1}{\alpha_1} \ln(1 - \alpha_1)\right), & \text{при } \text{ЧДД}_0 < G < \text{ЧДД}_{\max}; \\ 1, & \text{при } G \geq \text{ЧДД}_{\max}; \end{cases} \quad (2)$$

Пусть  $G$  – одно из значений ЧДД. Исследование выражения (2) для трех частных случаев показывает:

1. При  $G = \text{ЧДД}_{\min}$  (предельно высокий риск)  $\alpha_1=0$ , предельный переход в (2) дает  $V\&M = 1$ .

2. При  $G = \text{ЧДД}_0$  (средний риск)  $\alpha_1=1$ , предельный переход в (2) дает  $V\&M = (\text{ЧДД}_{\max} - \text{ЧДД}_0) / (\text{ЧДД}_{\max} - \text{ЧДД}_{\min})$ .

3. При  $G = \text{ЧДД}_{\max}$  (предельно низкий риск)  $\alpha_1=0$ , предельный переход в (2) дает  $V\&M = 0$ .

В заключение отметим, что каждый инвестор, исходя из своих коммерческих предпочтений, может классифицировать значения  $V\&M$ , выделив для себя отрезок неприемлемых значений риска. Возможна также более подробная градация степеней риска. Например, если ввести лингвистическую переменную “Степень риска” со своим множеством значений {Незначительная, Низкая, Средняя, Относительно высокая, Неприемлемая}, то каждый инвестор может произвести самостоятельное описание соответствующих нечетких подмножеств, задав пять функций принадлежности ( $V\&M$ ). При использовании предложенного в АС ТЭО МНГ математического аппарата оценки устойчивости нефтегазовых инвестиционных проектов эксперт, принимающий решения, будет уверен в том, что из ряда альтернативных решений по проекту он выберет наиболее эффективное, с наименьшей степенью риска.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Заде Л.А. Основы нового подхода к анализу сложных систем и процессов принятия решений // Математика сегодня. М., 1974. С. 5–49.
2. Заде Л.А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений: пер. с англ. М.: Мир, 1976. 165 с.
3. Трухаев Р.И. Модели принятия решений в условиях неопределенности. М.: Наука, 1981. 258 с.
4. Пономарева И.А., Богаткина Ю.Г., Еремин Н.А. Комплексная экономическая оценка месторождений углеводородного сырья в инвестиционных проектах. М.: Наука, 2006. 134 с.