

МЕТОД НЕЧЁТКИХ ВЕСОВ КАК ИНСТРУМЕНТ ОЦЕНКИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ НА ДОЛГОСРОЧНУЮ ПЕРСПЕКТИВУ¹

Садов С.Л.

THE METHOD OF FUZZY WEIGHTS AS A TOOL TO ASSESS THE ECONOMIC EFFICIENCY IN THE LONG TERM¹

Sadov S. L.

В статье рассматривается проблема оценки экономической эффективности долгосрочных проектов. Существующие подходы ввиду высокой неопределённости исходных данных способны лишь качественно оценить её. В этой связи актуально использование метода нечётких весов, также дающего качественную оценку эффективности, но гораздо менее требовательного к исходной информации.

In the paper the problem of the long-term projects economic efficiency evaluation is considered. The existing approaches can estimate her only qualitative because of high uncertainty of the initial data. In this connection the usage of the fuzzy weights evidence method is actually. It also gave qualitative estimation of the efficiency but it is much less demanding to the initial data.

Ключевые слова: экономическая эффективность, долгосрочный прогноз, качественная оценка, метод нечётких весов.

Keywords: economic efficiency, long-term forecast, qualitative estimation, fuzzy weights evidence method.

Вопросам оценки экономических результатов на перспективу посвящены усилия многих экономистов и математиков. Для соизмеримости разновременных затрат был введён принцип дисконтирования, и на этой основе разработан наиболее популярный метод чистого дисконтированного дохода и другие идейно близкие к нему. Принципиально неустранимую неопределённость, возникающую при прогнозировании потока доходов и затрат в процессе реализации проектов, предлагается учитывать через укрупнённую оценку устойчивости; расчёт уровней безубыточности; вариации параметров проекта; оценку проекта с учётом количественных характеристик неопределённости [2]. При этом признаётся, что эти подходы действенны, когда ключевые параметры проекта имеют разброс не более 15-20%. А в случае оценок на долгосрочную перспективу, например экономической эффективности освоения нефтегазовых ресурсов, такой ключевой параметр, как их объём, может отличаться от истинного в несколько раз. С позиций упомянутых выше подходов задача оценки такого рода проектов нерешаема, а методические разработки по прогнозу экономической эффективности инвестиций в долгосрочные проекты, которые бы учитывали имманентно высокую неопределённость условий их реализации, отсутствуют.

Теория нечётких множеств, развиваемая с 60-х гг. XX века, нашла широкое применение везде, где из-за сложности моделируемых процессов и объектов нецелесообразно применять методы,

¹ Работа выполнена при поддержке Уральского Отделения РАН (грант 12-У-7-1008).

требующие высокой точности исходных данных. Это в особенности касается природных, биологических и социальных систем, где число параметров и факторов, определяющих их развитие, столь велико, а сложность взаимодействия столь многопланова, что ни о какой точности моделирования речи идти не может. В этой сфере естественно применение методов теории нечётких множеств, что и происходило в последние десятилетия [6]. Для получения оценок экономической эффективности особенно подходящим представляется *метод нечётких весов*, агрегирующий разнообразную информацию в единый показатель в условиях низкой достоверности исходных данных [5]. То обстоятельство, что использование общепринятых методов в такой ситуации способно дать лишь приблизительное представление об экономических параметрах проекта, также приводит к мысли о преимуществе методов, не требующих трудоёмкого детального прогнозирования потоков доходов и затрат, но дающих в итоге аналогичную обобщённую оценку.

Целью предлагаемой работы является разработка подхода и метода принятия инвестиционных решений в условиях высокой неопределённости. Побудительным мотивом стало отсутствие методических разработок по прогнозу экономической эффективности инвестиционных проектов, которые бы учитывали имманентно высокую неопределённость условий их реализации в долгосрочной перспективе. То обстоятельство, что использование общепринятых методов (чистого дисконтированного дохода и родственных ему) в такой ситуации способно дать лишь приблизительное представление об эффективности проекта, также приводит к мысли о преимуществе методов, не требующих детального прогнозирования потоков доходов и затрат по проекту, а позволяющих оценивать эффективность по вербальной нечёткой шкале (например, «нерентабельный» – «с проблемной рентабельностью» – «низкорентабельный» – «рентабельный»).

Математическая модель предлагаемого метода рассматривает процесс реализации инвестиционного проекта как результат взаимодействия нескольких факторов, разных по силе своего влияния на конечный результат, т.е. проект будет фигурировать как сложное событие, состоящее из простых взаимонезависимых по своей природе событий, а его рентабельность – как величина вероятностная. Чтобы реализовать потенциальные возможности оцениваемого проекта, целесообразно воспользоваться косвенными признаками – факторами, влияющими на его эффективность (рис. 1), определив терминологически их как признаки-предсказатели. Набор факторов, приведённый в табл. 1, примем за базовый. Состав его, как будет показано ниже в случае нефтегазовых проектов, может изменяться в зависимости от отраслевой специфики.

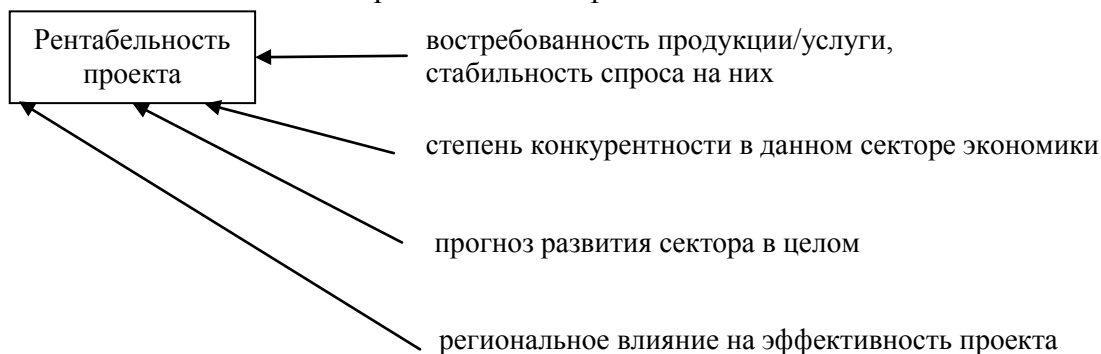


Рис. 1. Признаки-предсказатели рентабельности инвестиционного проекта на долгосрочную перспективу.

Для последующих вычислительных операций необходимо привести признаки-предсказатели к единому численному виду. Это может быть двоичная модель или, при использовании правил теории нечётких множеств, троичная, когда непрерывные данные измерений или дискретная информация подразделяются на 3 базовых класса.

Таблица 1

Шкала значений признаков-предсказателей

Результирующий показатель и факторы	Градации шкалы			
	1	2	3	4
Рентабельность проекта	нерентабельный	с проблемной рентабельностью	низкорентабельный	рентабельный
Стабильность спроса, востребованность	стабильно низкий спрос	низкий с редкими всплесками	меняющийся от низкого до высокого	стабильно высокий
Степень конкурентности	низкая	средняя	высокая	очень высокая
Перспективы сектора	постепенное вытеснение новыми	постоянный удельный вес в экономике	умеренный рост	быстрый рост
Региональное влияние на рентабельность	отсутствует или отрицательное	ограниченно положительное влияние	большое положительное влияние	решающее положительное влияние

Процедура создания бинарной или троичной модели из X , где $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, в рамках гипотезы S об эффективности оцениваемого проекта может быть представлена как бинарная модель, включающая два подмножества: A и \bar{A} с условиями $A \cup \bar{A} = X$ и $A \cap \bar{A} = \emptyset$. Численно это может быть выражено как 1 для элемента из A и 0 для элемента из \bar{A} . В случае когда рассматривается нечёткое множество $A \subset X$, степень, с которой каждый элемент из X принадлежит A , описывается как функция $\mu_A(x)$ со следующими свойствами:

$$0 \leq \mu_A(x) \leq 1,$$

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1, & \text{если } x \in A \\ 0.5, & \text{если } x \in A \text{ или } x \in \bar{A} \\ 0, & \text{если } x \in \bar{A}, \end{cases}$$

где $A = \{x | \mu_A(x) = 1\}$ и $\bar{A} = \{x | \mu_A(x) = 0\}$, обладающие свойствами $A \cup \bar{A} \subset X$ и $A \cap \bar{A} = \emptyset$.

При $\mu_A(x) = 0.5$ возникает ситуация, когда определить принадлежность объекта к состоянию A или \bar{A} затруднительно, позволяя квалифицировать испытание как несостоявшееся. Поэтому практического смысла для решаемой задачи введение третьей компоненты не имеет.

Имеющий мировую известность специалист в области геологических рисков и геолого-экономических оценок нефтяных ресурсов П.Р. Роуз [4], ссылаясь на практику, настоятельно советует при оценках того или иного параметра «не бояться использования быстрых и приближенных» методов (так называемого правила большого пальца). Фактически это означает признание правомерности использования при оценке вероятности интуитивистского подхода, который, как известно, рассматривает вероятность как нечто такое, что можно априорно оценить с помощью мысленных экспериментов. Этот подход при всей привлекательности имеет существенный недостаток: при его использовании можно ожидать проявление индивидуальных черт характера оценивающего, склонность к оптимизму или, наоборот, к пессимизму. Предлагаемый способ оценки вероятности экономического успеха, основанный на численных методах теории нечётких множеств, позволяет этих крайностей избежать.

Независимость признаков-предсказателей является необходимым условием использования принципа Байеса при вычислении поправок априорной вероятности. Поэтому операциям по их вычислению предшествует процедура проверки на независимость путём вычисления коэффициентов регрессии, представляющими разность между условными вероятностями одного события (A) в случае наступления и в случае ненаступления другого (B) [1]:

$$\rho_A = P(A|B) - P(A|\bar{B}), \quad \rho_B = P(B|A) - P(B|\bar{A}).$$

События A и B происходят совместно при $P(B|A) = 1$ и $P(B|\bar{A}) = 0$. Коэффициент регрессии превращается в нуль только тогда, когда события A и B независимы. При вычислении корректирующих поправок с использованием принципа Байеса используется выражение

$$O(S) = \frac{P(S)}{1 - P(S)}, \quad (*)$$

где O означает шансы, S – событие.

Для работы по методу нечётких весов необходимо задать функции принадлежности каждого из факторов (признаков-предсказателей), принципиально определившись с видом функции. Из известных типовых функций [6] для описания поведения имеющихся факторов более всего подходит функция вида $\mu(x) = 1 - e^{-k(x-a)^2}$, $x > 0$, $k > 0$ (рис. 2).

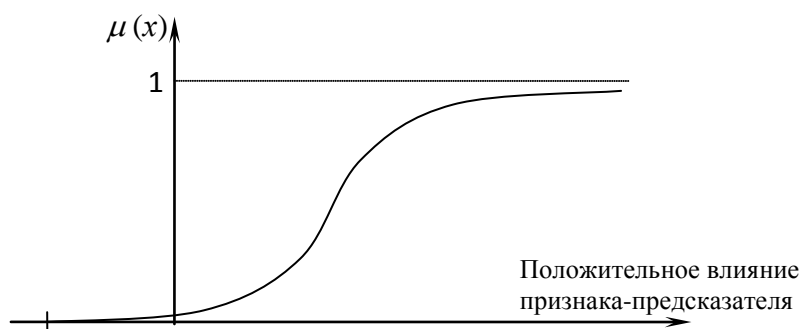


Рис. 2. График функции принадлежности признака-предсказателя.

Описание метода. Оценка рентабельности проекта начинается с выбора априорной оценки.

Возможны два варианта:

1) либо в качестве таковой выступает среднеотраслевая оценка, и тогда понадобятся дополнительные факторы, характеризующие положение рассматриваемого проекта относительно прочих проектов в отрасли;

2) либо принимается оценка аналогичных, близких по своим характеристикам проектов.

Для проектов в сфере нефтедобычи в первом случае это означает, что в модель оценки должны вводиться новые факторы, описывающие геолого-промысловые и географические параметры месторождения, а во втором – что априорная оценка назначается исходя из рентабельности уже реализуемых проектов с аналогичными геолого-промысловыми и географическими параметрами. Какой из этих путей более подходит, исследователь определяет самостоятельно, опираясь на имеющуюся в его распоряжении информацию, свой опыт и интуицию.

Для каждого фактора надо определить границы интервалов значений функции принадлежности, соответствующие градациям лингвистической шкалы. Границы устанавливаются исходя из вероятностей соответствующих градаций. Для используемых факторов наиболее адекватными представляются интервалы, представленные в табл. 2, согласно поведению признаков-предсказателей (рис. 2).

Таблица 2

Границы интервалов значений функции принадлежности признаков-предсказателей

Результирующий показатель и факторы	Интервалы значений функции принадлежности, соответствующие градациям шкалы			
	1	2	3	4
Эффективность проекта	0 – 0.3	0.3 – 0.5	0.5 – 0.7	0.7 – 1
Стабильность спроса, востребованность	0 – 0.2	0.2 – 0.4	0.4 – 0.8	0.8 – 1

Степень конкурентности	0 – 0.25	0.25 – 0.5	0.5 – 0.75	0.75 – 1
Перспективы сектора	0 – 0.4	0.4 – 0.65	0.65 – 0.85	0.85 – 1
Региональное влияние на эффективность	0 – 0.15	0.15 – 0.55	0.55 – 0.8	0.8 – 1

Введём обозначения:

R – результирующий показатель рентабельности проекта,

$R_{анп}$ – априорная оценка рентабельности,

F_j – фактор (признак-предсказатель), влияющий на R , $j = \overline{1, n}$.

Тогда

$$\ln O(R) = \ln O(R_{анп}) + \sum_{j=1}^n (W_j^+ + W_j^-), \quad (**)$$

где $W_j^+ = \ln \frac{P(R|F_j)}{P(R|\overline{F_j})}$, $W_j^- = \ln \frac{P(\overline{R}|F_j)}{P(\overline{R}|\overline{F_j})}$, $j = \overline{1, n}$.

Здесь $P(R|F_j)$ – условная вероятность события R при наступлении события F_j (вычисляется как отношение мер событий, в данном случае длин соответствующих интервалов):

$$P(R|F_j) = \frac{P(R \cap F_j)}{P(F_j)},$$

и аналогично другие условные вероятности

$$P(R|\overline{F_j}) = \frac{P(R \cap \overline{F_j})}{P(\overline{F_j})}, \quad P(\overline{R}|F_j) = \frac{P(\overline{R} \cap F_j)}{P(F_j)}, \quad P(\overline{R}|\overline{F_j}) = \frac{P(\overline{R} \cap \overline{F_j})}{P(\overline{F_j})}.$$

В случае когда какое-либо из пересечений есть пустое множество \emptyset , соответствующая поправка W приравнивается к нулю.

Переход к вероятностному показателю происходит по формуле (*) и далее соотносится со шкалами из табл. 1 и 2, по которым и выбирается итоговый показатель рентабельности проекта.

Продемонстрировать работу предложенного подхода можно на следующем модельном примере. Требуется оценить по шкале (табл. 1) эффективность проекта освоения и эксплуатации нефтяного месторождения в Республике Коми. При выборе априорной оценки рентабельности месторождения ориентируемся, согласно второму пути, на рентабельность проектов с аналогичными географическими и геолого-промысловыми условиями. Они дают оценку «рентабельный», соответственно принимаем в качестве оценки $R_{анп}$ середину интервала [0.7,1]: $R_{анп} = 0,85$, а $O(R_{анп}) = 5,67$, $\ln O(R_{анп}) = 1,735$. Дальнейшие вычисления проводим по формуле (**):

$$W_1^+ = \ln \frac{P(R|F_1)}{P(\overline{R}|F_1)} = \ln \frac{P(R \cap F_1)/P(F_1)}{P(\overline{R} \cap F_1)/P(F_1)} = \ln \frac{0,2/0,2}{0,1/0,8} = \ln 8 \approx 2,079,$$

$$W_1^- = \ln \frac{P(\overline{R}|F_1)}{P(R|F_1)} = \ln \frac{P(\overline{R} \cap F_1)/P(F_1)}{P(R \cap F_1)/P(F_1)},$$

и поскольку $P(\overline{R} \cap F_1) = \emptyset$, $W_1^- = 0$.

Таким образом, первый фактор добавляет к расчётному показателю $\ln O(R)$ в формуле (**)) величину 2,079. Аналогичные вычисления проделываются и для остальных факторов.

$$W_2^+ = \ln \frac{P(R|F_2)}{P(\overline{R}|F_2)} = \ln \frac{P(R \cap F_2)/P(F_2)}{P(\overline{R} \cap F_2)/P(F_2)} = \ln \frac{0,05/0,25}{0,25/0,25} = \ln 0,2 \approx -1,609,$$

$$W_2^- = \ln \frac{P(\overline{R}|F_2)}{P(R|F_2)} = \ln \frac{P(\overline{R} \cap F_2)/P(F_2)}{P(R \cap F_2)/P(F_2)} = \ln \frac{0,2/0,25}{0,5/0,75} = \ln 1,2 \approx 0,182.$$

$W_3^+ = 0$, поскольку $P(R \cap F_3) = \emptyset$,

$$W_3^- = \ln \frac{P(\overline{R}|F_3)}{P(R|F_3)} = \ln \frac{P(\overline{R} \cap F_3)/P(F_3)}{P(R \cap F_3)/P(F_3)} = \ln \frac{0,25/0,25}{0,45/0,75} = \ln \frac{5}{3} \approx 0,511.$$

$W_4^+ = 0$, поскольку $P(R \cap F_4) = \emptyset$,

$$W_4^- = \ln \frac{P(\overline{R}|F_4)}{P(R|F_4)} = \ln \frac{P(\overline{R} \cap F_4)/P(F_4)}{P(R \cap F_4)/P(F_4)} = \ln \frac{0,15/0,15}{0,55/0,85} = \ln 1,7 \approx 0,531.$$

Итак, $\ln O(R) = 1,735 + 2,079 - 1,609 + 0,182 + 0,511 + 0,531 = 3,717$,

$$O(R) = 41,141 \text{ и из формулы (*) } P(R) = \frac{O(R)}{1 + O(R)} \approx 0,976.$$

Это означает, что, несмотря на отрицательное воздействие регионального фактора, рентабельность проекта освоения и эксплуатации нефтяного месторождения в Республике Коми с геолого-промысловыми и географическими характеристиками, по которым выбирались аналоги, сохраняется.

Областью применения описанного подхода к прогнозу рентабельности долгосрочных проектов в сфере нефтедобычи видится предварительная оценка потенциальной экономической эффективности проектов освоения и эксплуатации выявленных месторождений нефти, по которым доступна малая часть необходимой геологической информации. В этом случае такие оценки помогут более чётко выстраивать стратегию корпоративного развития нефтяной компании, решать вопросы выбора географии и направлений её деятельности, соразмерять затраты по получению более детальной информации по тем или иным месторождениям с возможным будущим экономическим эффектом их освоения и эксплуатации.

Список литературы:

1. Математическая статистика. М.: Высшая школа, 1975. 397 с.
2. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов (вторая редакция). Официальное издание. М.: ОАО «НПО «Изд-во «Экономика», 2000. 421 с.
3. Нечёткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта / под ред. Д.А. Поспелова. М.: Наука, 1986. 312 с.
4. Роуз П. Анализ рисков и управление нефтегазовыми проектами. М. Ижевск: НИЦ «РХД», Ижевский институт компьютерных исследований, 2011. 304 с.
5. Cheng Q., Agterberg F.P. Fuzzy weights of evidence method and its application in mineral potential mapping // Natural resources research, vol. 8, № 1, 1999. – P. 27-35.
6. Schuenemeyer J.H., Drew L.J. A procedure to estimate the parent population of the size of oil and gas fields as revealed by a study of economic truncation // Mathematical Geology, vol. 15, № 1, 1983. – P. 145-162.

Literature:

1. Mathematical statistic. Moscow: High school, 1975. 397 pp.
2. Methodical recommendation on the investment projects efficiency estimation (2nd edition). Official issue. Moscow: Open Joint Stock Company «SPA «Economic», 2000. 421 pp.
3. Fuzzy sets in the control and artificial intelligence models / Ed. D.A. Pospelov. Moscow: Science, 1986. 312 pp.
4. Rose P.R. Risk analysis and management of petroleum exploration ventures. Moscow-Izhevsk: SRC «RCH», Izhevsk Institute of Computer Science, 2011. 304 pp.
5. Cheng Q., Agterberg F.P. Fuzzy weights of evidence method and its application in mineral potential mapping // Natural resources research, vol. 8, № 1, 1999. – P. 27-35.
6. Schuenemeyer J.H., Drew L.J. A procedure to estimate the parent population of the size of oil and gas fields as revealed by a study of economic truncation // Mathematical Geology, vol. 15, № 1, 1983. – P. 145-162.