

5. О методике расчета показателя прироста высокопроизводительных рабочих мест (по материалам научно-методического семинара Аналитического управления): (Аналитический вестник №28(546)) / Под.ред. начальника Аналитического управления Аппарата Совета Федерации, д.э.н. Кривова В.Д. – М., 2014. - 52 с.
6. ОЭСР: в России самая низкая в Европе производительность труда // URL: <http://www.vedomosti.ru/management/articles/2015/08/10/604195-oesr-nizkaya-proizvoditelnost>
7. Bloom N., Van Reenen J. Why Do Management Practices Differ across Firms and Countries // Journal of Economic Perspectives. - 2010. - V. 24. N. 1. - P. 203-204.
8. Huselid M.A. The impact of human resource management practices on turnover, productivity and corporate financial performance // Academy of Management Journal. - 1995. N. 3 (38). - P. 635-672.

УДК 519.22:330.322

### **ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ И РИСКА ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ТЕОРИИ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ**

СОКОЛОВА К.А., ЛИННИК М.В., старший преподаватель

Витебский государственный технологический университет,

г. Витебск, Республика Беларусь

Для возможности проводить реальные прогнозные расчеты инвестиционных проектов необходимо всесторонне учитывать различные виды неопределенности при оценке, планировании и управлении инвестиционными проектами. Существующие методы не способны учесть все различные виды неопределенности либо элиминируют неопределенность из модели инвестиционных проектов, что неправомерно, так как неопределенность - это неотъемлемая характеристика любого прогноза. Большинство методов формализует неопределенности лишь в качестве распределений вероятностей, основанных на субъективных оценках экспертов, что в преобладающем большинстве случаев явно идеализировано. Таким образом, в существующих методах не учитывается все возможное разнообразие видов неопределенностей воздействующих на инвестиционные проекты.

Исторически первым способом учета неопределенности было изобретение вероятностей. Успешное применение вероятностных методов в статистике конца XIX века (при исследовании массовых и статистически однородных демографических процессов) сделало методы теории вероятностей широко распространенными во всех сферах жизни, особенно с развитием технической кибернетики во второй половине XX века. Использование вероятностей при учете случайности, неопределенности, ожидаемости событий приобрело эксклюзивный характер. Наиболее оправданным такое применение оказалось там, где речь шла об однородных событиях массового характера, а именно - в теории массового обслуживания и в технической теории надежности.

Однако, начиная с 50-х годов, в академической науке появились работы, ставящие под сомнение тотальную применимость вероятностной теории к учету неопределенности. Авторы этих работ закономерно отмечали, что классическая вероятность аксиоматически определена как характеристика генеральной совокупности статистически однородных случайных событий. В том случае, если статистической однородности нет, то применение классических вероятностей в анализе оказывается незаконным.

Реакцией на эти вполне обоснованные замечания стали фундаментальные работы Сэвиджа, Пойа, Кайберга, Фишберна, де Финетти и других, где обосновывалось введение неклассических вероятностей, не имеющих частотного смысла, а выражающих познавательную активность исследователя случайных процессов или лица, вынужденного принимать решения в условиях дефицита информации. Так появились субъективные (аксиологические) вероятности.

Однако появление неклассических вероятностей не было единственной реакцией на возникшую проблему. Необходимо отметить также всплеск интереса к минимаксным подходам, а

также зарождение теории нечетких множеств. Основы теории нечетких множеств заложены в фундаментальных работах Лофти Заде. Первоначальным замыслом этой теории было построить функциональное соответствие между нечеткими лингвистическими описаниями (типа “высокий”, “теплый” и т.д.) и специальными функциями, выражающими степень принадлежности значений измеряемых параметров (длины, температуры, веса и т.д.) упомянутым нечетким описаниям.

Впоследствии диапазон применимости теории нечетких множеств существенно расширился. Сам Заде определил нечеткие множества как инструмент построения теории возможностей. Следующим достижением теории нечетких множеств является введение в обиход так называемых нечетких чисел как нечетких подмножеств специализированного вида, соответствующих высказываниям типа “значение переменной примерно равно а”.

Прикладные результаты теории нечетких множеств не заставили себя ждать. Для примера: сегодня зарубежный рынок так называемых нечетких контроллеров (разновидность которых установлена даже в стиральных машинах широко рекламируемой марки LG) обладает емкостью в миллиарды долларов. Нечеткая логика, как модель человеческих мыслительных процессов, встроена в системы искусственного интеллекта и в автоматизированные средства поддержки принятия решений (в частности, в системы управления технологическими процессами).

На основе аппарата теории нечетких множеств разрабатываются методы оценки эффективности и риска инвестиционных проектов.

Методы, базирующиеся на теории нечетких множеств, относятся к методам оценки и принятия решений в условиях неопределенности. Их использование предполагает формализацию исходных параметров и целевых показателей эффективности инвестиционных проектов в виде вектора интервальных значений (нечеткого интервала), попадание в каждый интервал которого, характеризуется некоторой степенью неопределенности. Осуществляя арифметические и другие операции с нечеткими интервалами, эксперты в результате получают нечеткий интервал для целевого показателя. На основе исходной информации и полученного опыта, а также интуиции эксперты способны количественно обозначить границы возможных значений параметров и области их наиболее вероятных значений.

Также к методам, базирующихся на теории нечетких множеств можно отнести интервальный метод. Данный метод применяют для ситуаций, когда известны лишь границы значений параметра, который анализируется, т.е в пределах которых он может изменяться. Однако какая-либо количественная или качественная информация о возможностях различных его значений внутри заданного интервала отсутствует. В интервальном методе за уровень риска принимается размер максимального ущерба, приходящегося на единицу неопределенности. Степень риска можно рассчитать по формулам:

$$U_p = \frac{X_N - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} ; \quad (1)$$

$$U_p = \frac{X_{\max} - X_N}{X_{\max} - X_{\min}} , \quad (2)$$

где  $X_N$  – значение параметра, которое необходимо;

$X_{\min}$  – минимальное значение параметра;

$X_{\max}$  – максимальное значение параметра;

$U_p$  – уровень (степень) риска, или отношение расстояния от требуемой величины до ее минимального (максимального) значения к интервалу между ее максимальным и минимальным значениями.

Конкретный вариант выражения зависит от используемого критерия эффективности. Так для оценки риска инвестиционных проектов по критерию NPV (Чистая текущая стоимость) необходимо использовать первую формулу, а по критерию DPP (Период окупаемости с учетом дисконтирования) – вторую.

Математическая формализация неопределенностей может быть адекватно реализована с помощью нечетко-интервального подхода, так как интервальный метод полностью не отражает реальную действительность из-за равной вероятности событий внутри отрезка.

При использовании математического аппарата теории нечетких множеств экспертам необходимо формализовать свои представления о возможных значениях оцениваемого параметра инвестиционных проектов и указать множество значений, которые он может принимать. Также требуется указать и те множество значений, которые, оцениваемая величина не может принять, а затем распределить данные по степени возможности. После того как формализация входных параметров инвестиционного проекта произведена, можно рассчитать распределение возможности

$\mu_{\tilde{Y}}(y)$  выходного параметра по принципу обобщения Заде:

$$\mu_{\tilde{Y}}(y^*) = \sup_{\substack{f(x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*) = y^* \\ x_i^* \in \sup(\tilde{X}_i), i=1, n}} \left\{ \min \left\{ \mu_{\tilde{X}_1}(x_1^*), \mu_{\tilde{X}_2}(x_2^*), \dots, \mu_{\tilde{X}_n}(x_n^*) \right\} \right\},$$

где  $\mu_{\tilde{X}_i}(x_i^*)$  – возможность того, что нечеткая величина  $\tilde{X}_i$  примет значение  $x_i^*$ ;  $f(x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*) = y^*$  – функциональная зависимость выходного параметра индивидуальных предпринимателей от входных параметров.

Выделим основные преимущества нечетко-интервального подхода к оценке эффективности и риска инвестиционных проектов.

Данный подход позволяет использовать в единой форме всю доступную неоднородную информацию, что повышает достоверность и качество принимаемых стратегических решений.

Также формирует полный спектр возможных сценариев развития инвестиционных проектов, таким образом, инвестиционное решение принимается не на основе двух оценок эффективности инвестиционных проектов, а по всей совокупности.

Нечетко-интервальный метод позволяет получить ожидаемую эффективность инвестиционных проектов, как в виде точечного значения, так и в виде множества интервальных значений, что позволяет оценить степень риска.

Нечетко-интервальный метод не требует абсолютно точного задания функций принадлежности, так как характеризуется низкой чувствительностью к изменению вида функций принадлежности исходных нечетких чисел. Также характеризуется простотой выявления экспертных знаний.

Таким образом, теория нечетких множеств является одной из наиболее эффективных математических теорий, направленных на формализацию и обработку неопределенной информации и во многом интегрирующей известные подходы и методы. Обладает строго определенной точностью и достоверностью, позволяет обрабатывать разнородную информацию, характерную для реальных задач инвестиционного анализа.

Литература:

1. Виленский П.Л., Лившиц В.Н., Смоляк С.А. Оценка эффективности инвестиционных проектов. Теория и практика. – М.: Дело, 2004. – 888 с.
2. Воцинин А.П. Задачи анализа с неопределенными данными – интервальность и/или случайность? // Интервальная математика и распространение ограничений: Рабочие совещания. – МКВМ-2004, с. 147–158.
3. Количественные методы в экономических исследованиях / Под ред. М.В. Грачевой и др. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2009. – 662 с.
4. Недосекин А.О. Оценка риска инвестиций по NPV произвольно-нечеткой формы. – СПб., 2010.
5. Чернов В.А. Инвестиционная стратегия. – М.: ЮНИТИ-Дана, 2009 – 138 с.