МЕТОДИКА РАСЧЕТА ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ В УСЛОВИЯХ НЕСТОХАСТИЧЕСКОЙ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

О.Ю. Дударкова,
Белорусский государственный аграрный технический университет (г. Минск)

Отличительной особенностью современной экономической среды является наличие рыночной неопределенности. Эффективность принимаемых решений зависит от способности применяемых средств анализа учитывать параметры, выраженные неоднозначными количественными и качественными оценками. Современная теория принятия решений располагает необходимыми формальными методами решения проблемы учета неопределенности. К ним относятся, наряду с другими, методы, основанные на использовании теории нечетких множеств, а именно — теории нечетких чисел. Определение и основные арифметические операции над нечеткими числами впервые были даны в работе [1].

Критерии, используемые в анализе инвестиционной деятельности, подразделяют обычно на две группы в зависимости от того, учитывается или нет временной параметр: а) основанные на дисконтированных оценках; б) основанные на учетных оценках. К первой группе относятся критерии: чистый дисконтированный доход (*Net Present Value, NPV*); индекс доходности инвестиции (*Profitability Index, PI*); внутренняя норма доходности (*Internal Rate of Return, IRR*); модифицированная внутренняя норма прибыли (*Modified Internal Rate of Return, MIRR*); дисконтированный срок окупаемости инвестиции (*Discounted Payback Period, DPP*). Ко второй группе относятся критерии: срок окупаемости инвестиции (*Payback Period, PP*); коэффициент эффективности инвестиции (*Accounting Rate of Return, ARR*).

Обязательными для расчетов, согласно [2], являются следующие показатели эффективности проекта: чистый дисконтированный доход (*NPV*); индекс доходности инвестиции (*PI*); внутренняя норма доходности (*IRR*); дисконтированный срок окупаемости инвестиции (*DPP*); простой срок окупаемости инвестиции (*PP*).

Рассмотрим методы оценки инвестиций, основанные на дисконтировании денежных поступлений и экономический смысл рассчитываемых критериев.

1. Метод расчета чистого дисконтированного дохода.

Предположим, делается прогноз, что инвестиция (*IC*) будет генерировать в течение n лет годовые доходы в размере $P_1, P_2, \ldots, P_n$. Общая накопленная величина дисконтированных доходов (*Present Value, PV*) и чистый дисконтированный доход (*Net Present Value, NPV*) при ставке дисконтирования, равной r соответственно рассчитывается по формулам:

$$PV = \sum_k \frac{P_k}{(1+r)^k}; \qquad NPV = \sum_k \frac{P_k}{(1+r)^k} - IC.$$

2. Метод расчета индекса доходности инвестиций.

Индекс доходности рассчитывается по формуле: $PI = \sum_k \frac{P_k}{(1+r)^k} : IC$. Очевидно, что если: $PI > 1$, то проект следует принять; $PI < 1$, то проект следует отвергнуть; $PI = 1$, то проект не является ни прибыльным ни убыточным.

3. Метод расчета внутренней нормы доходности инвестиции.

Под внутренней нормой доходности инвестиций понимают значение коэффициента дисконтирования $IRR = r$, при котором $NPV = 0$.

Формализуя процедуру определения *IRR*, получим уравнение: $\sum_k \frac{P_k}{(1+r)^k} - IC = 0$, которое надо решить относительно r. Данное уравнение решается с помощью численных методов.

4. Метод определения срока окупаемости инвестиций.

Алгоритм расчета срока окупаемости (*PP*), зависит от равномерности распределения прогнозируемых доходов от инвестиции.

Общая формула расчета показателя *PP* имеет вид: *PP* = *min n,* при котором $\sum_k P_k \geq IC$.

Соответственно, формула для расчета дисконтированного срока окупаемости, *DPP*, имеет вид: *DPP* =*min n,* при котором $\sum_k \frac{P_k}{(1+r)^k} \geq IC$ [3].

В настоящее время традиционный подход к расчету основных показателей эффективности *NPV, PI, IRR, DPP, PP* и других показателей подвергается критике, поскольку значения будущих потоков платежей, процентных ставок и располагаемого объема инвестиционных ресурсов являются весьма неопределенными величинами, которые не могут быть адекватно описаны в теоретико-вероятностных терминах [4].

В результате анализа выше приведенных формул расчета основных показателей эффективности можно заметить, что все они содержат общий элемент $PV = \sum_k \frac{P_k}{(1+r)^k}$ — накопленную величину дисконтированных доходов. Поэтому с целью избежать громоздких символических записей, рассмотрим сначала методику расчета нечеткого значения *PV* при исходных данных, заданных в виде нечетких трапециедальных чисел.

Предположим, что инвестиция $\tilde{I} = (i_1, i_2, i_3, i_4)$ будет генерировать в течение *n* лет годовые доходы $\tilde{P}_1 = (p_{11}, p_{12}, p_{13}, p_{14})$, $\tilde{P}_2 = (p_{21}, p_{22}, p_{23}, p_{24})$, ..., $\tilde{P}_n = (p_{n1}, p_{n2}, p_{n3}, p_{n4})$. Ставку дисконтирования будем считать неизменной на протяжении всего горизонта расчета $\tilde{r} = (r_1, r_2, r_3, r_4)$. Тогда, значение $\tilde{P}\tilde{V} = (pv_1, pv_2, pv_3, pv_4)$ будет определяться по формуле:

$$\tilde{P}\tilde{V} = \sum_{k=1}^{n} \frac{\tilde{P}_k}{(1+\tilde{r})^k} = \sum_{k=1}^{n} \frac{(p_{k1}, p_{k2}, p_{k3}, p_{k4})}{(1+r_1, 1+r_2, 1+r_3, 1+r_4)} =$$

$$= \sum_{k=1}^{n} \frac{p_{k1}}{(1+r_4)^k}, \sum_{k=1}^{n} \frac{p_{k2}}{(1+r_3)^k}, \sum_{k=1}^{n} \frac{p_{k3}}{(1+r_2)^k}, \sum_{k=1}^{n} \frac{p_{k4}}{(1+м_1)^k} = (pv_1, pv_2, pv_3, pv_4).$$

Тогда, формулы для расчета основных показателей эффективности инвестиционного проекта приобретают вид:

$$\tilde{N}\tilde{P}\tilde{V} = \tilde{P}\tilde{V} - \tilde{I} = (pv_1 - i_4, pv_2 - i_3, pv_3 - i_2, pv_4 - i_1);$$

$$\tilde{P}\tilde{I} = \frac{\tilde{P}\tilde{V}}{\tilde{I}} = \frac{pv_1}{i_4}, \frac{pv_2}{i_3}, \frac{pv_3}{i_2}, \frac{pv_4}{i_1}.$$

Для определения внутренней нормы доходности в нечеткой форме $\tilde{I}\tilde{R}\tilde{R}$ необходимо решить нечеткое уравнение $\sum_{k=1}^{n} \frac{\tilde{P}_k}{(1+\tilde{r})^k} - \tilde{I} = 0$ относительно $\tilde{r}$. Наиболее простым, но вполне корректным, не требующим наличия специального программного обеспечения представляется следующий алгоритм.

1. Дефаззифицировать значение $\tilde{I}$ по формулам для дефаззификации нечетких трапециедальных или треугольных чисел, поскольку, как показано в [4], при сохранении нечетко-интервальной формы параметра $\tilde{I}$ правая граница результирующего нечеткого числа будет оказываться меньше левой и требование вырожденного нулевого интервала при решении данного интервального уравнения является некорректным.

2. Решить четыре уравнения вида: $\sum_{k=1}^{n}\frac{p_{k1}}{(1+irr_1)^k}-\overline{\tilde{I}}=0$; $\sum_{k=1}^{n}\frac{p_{k1}}{(1+irr_2)^k}-\overline{\tilde{I}}=0$; $\sum_{k=1}^{n}\frac{p_{k1}}{(1+irr_3)^k}-\overline{\tilde{I}}=0$; $\sum_{k=1}^{n}\frac{p_{k1}}{(1+irr_4)^k}-\overline{\tilde{I}}=0$ относительно $irr_j,\ j=\overline{1,4}$, где $\overline{\tilde{I}}=\frac{i_1+2(i_2+i_3)+i_4}{6}$. Полученые решения $irr_j,\ j=\overline{1,4}$ позволяют сформировать нечеткое значение $\widetilde{I}\widetilde{R}\widetilde{R}=(irr_1,irr_2,irr_3,irr_4)$. Рассмотренные уравнения являются обычными конечными уравнениями и решаются с помощью различных численных методов (в данной работе решения уравнений в примере 1 были найдены с помощью встроенной функции ВНДОХ MS EXCEL). Необходимо отметить, что, как и при определении IRR в случае точных данных, возможны случаи, когда какие-либо из рассматриваемых уравнений не имеют корней, либо имеют более одного корня.

Для определения значения дисконтированного срока окупаемости необходимо анализировать величину накопленной прибыли $\widetilde{A}\widetilde{P}_k=(ap_{1k},ap_{2k},ap_{3k},ap_{4k})$ к каждому моменту времени *k*, где *k = 1,2,...n.* В случае представления исходных данных в нечеткой форме, она определяется по формуле:

$$\widetilde{A}\widetilde{P}_k=\sum_{j=1}^{k}\frac{\widetilde{P}_k}{(1+\tilde{r})^k}-\tilde{I}=\sum_{k=1}^{n}\frac{(p_{k1},p_{k2},p_{k3},p_{k4})}{(1+r_1,1+r_2,1+r_3,1+r_4)}-(i_1,i_2,i_3,i_4)=$$

$$=\sum_{j=1}^{k}\frac{p_{j1}}{(1+r_1)^j}-i_4,\sum_{j=1}^{k}\frac{p_{j2}}{(1+r_2)^j}-i_3,\sum_{k=1}^{k}\frac{p_{k3}}{(1+r_3)^j}-i_2,\sum_{k=1}^{k}\frac{p_{k4}}{(1+r_4)^j}-i_1=(ap_{1k},ap_{2k},ap_{3k},ap_{4k}).$$

После определения $\widetilde{A}\widetilde{P}_k=(ap_{1k},ap_{2k},ap_{3k},ap_{4k})$, где *k=1,2,..n* необходимо дефаззифицировать значение $\overline{\widetilde{A}\widetilde{P}_k}=\frac{ap_{k_1}+2(ap_{k_2}+ap_{k_3})+ap_{k_4}}{6}$. Первое значение *k*, при котором $\overline{\widetilde{A}\widetilde{P}_k}\geq 0$ дает значение дисконтированного срока окупаемости.

Простой срок окупаемости при нечеткой исходной информации определяется аналогично, однако, учитывая неизбежную погрешность, которая возникает при дефаззификации, он может оказаться равным дисконтированному сроку окупаемости.

Применение предлагаемых формул можно проиллюстрировать следующим примером.

Пример 1. В таблице 1 приведены исходные данные в виде нечетких трапециедальных чисел и рассчитанные коэффициенты по четырем альтернативным проектам. Требуется рассчитать основные показатели эффективности проектов и на их основании оценить целесообразность выбора лучшего проекта. Финансирование всех проектов может быть осуществлено за счет ссуды банка при ставке «приблизительно 12 %», которая описывается нечетким числом $\tilde{r}=(10,11,13,14)$.

Необходимо отметить, что рассматриваемые критерии *PI, IRR, NPV* являются зависимыми: если проект приемлем по одному из них, то он будет приемлем и по другим, в то время как критерии *PP* и *DPP* независимы.

Зависимость между критериями PI, IRR, NPV определяется следующими соотношениями: если $NPV > 0$, то одновременно $IRR > HR$ и $PI > 1$; если $NPV < 0$, то одновременно $IRR < HR$ и $PI < 1$; если $NPV = 0$, то одновременно $IRR = HR$ и $PI = 1$.

При моделировании рассматриваемых показателей эффективности в условиях нестохастической неопределенности данная проблема сохраняется, что иллюстрирует пример 1.

Результаты выполненных расчетов подтверждают возможность различной упорядоченности проектов по приоритетности выбора в зависимости от используемого критерия. Таким образом, наличие нескольких, имеющих различный приоритет, зависимых и независимых критериев оценки инвестиционного проекта делает задачу принятия инвестиционных решений многокритериальной.

Таблица 1 — Исходные данные в виде нечетких трапециедальных чисел и рассчитанные коэффициенты по четырем альтернативным проектам

Год	Денежные потоки, млн руб.											
	Проект 1				Проект 2				Проект 3			
0-й	1100	1150	1250	1300	1100	1150	1250	1300	1100	1150	1250	1300
1-й	0	0	0	0	80	95	105	120	280	295	305	315
2-й	80	90	110	120	280	295	305	320	420	440	460	480
3-й	230	240	260	270	480	495	505	515	480	495	505	515
4-й	1150	1180	1220	1250	580	595	605	615	580	595	605	615
5-й	1200	1290	1310	1400	1280	1295	1305	1315	680	695	705	715
Показатели эффективности проектов												
NPV	220,94	410,69	710,46	925,09	317,81	475,96	734,38	897,05	289,35	440,85	684,29	834,00
PI	1,17	1,33	1,62	1,84	1,24	1,38	1,64	1,82	1,22	1,35	1,60	1,76
IRR	20,60 %	22,06 %	23,26 %	24,64 %	23,45 %	24,61 %	25,38 %	26,36 %	24,96 %	26,49 %	27,65 %	28,80 %
	Дефаззифицированные значения показателей эффективности проектов											
NPV	504,721				605,921				562,271			
PI	1,48				1,52				1,48			
IRR	22,65%				24,96%				27,0%			

Литература:

1. Dubois, D. Fuzzy Sets and Systems / D. Dubois, H. Prade. — 1979. — Vol. 2. — № 4. — P. 327–348.
2. Рекомендации по разработке бизнес-планов инвестиционных проектов // Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь. — 1999. — № 43. — С. 162–220.
3. Ковалев, В.В. Введение в финансовый менеджмент / В.В. Ковалев. — Москва : Финансы и статистика, 1999. — 768 с.
4. Дымова, Л. Применение методов теории нечетких множеств для оценки эффективности инвестиций / Л. Дымова, Д. Севастьянов //Финансы, учет, аудит. — 1997. — № 3. — С. 34–38.