

## РАЗРАБОТКА ИНТЕГРАЛЬНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ

Статья посвящена разработке механизма сравнения и ранжирования инвестиционных проектов на основе интегрального показателя эффективности, который строится агрегированием чистого дисконтированного дохода, внутренней нормы доходности, индекса рентабельности и срока окупаемости в единый показатель. В статье также затрагивается оценка риска проекта с использованием аппарата нечетко-множественных описаний.

**Ключевые слова:** чистый дисконтированный доход, внутренняя норма доходности, индекс рентабельности, срок окупаемости, интегральный показатель эффективности, принцип оптимальности, теория нечетких множеств.

Для успешного осуществления инвестиционной деятельности предприятию необходим механизм сравнения и выбора наиболее привлекательных инвестиционных проектов. Обычно в практической деятельности имеет место ситуация, когда инвестиционной бюджет компании лимитирован, что накладывает ограничение на количество проектов, которые могут быть одновременно приняты к реализации. Также возможна ситуация, при которой существует несколько инвестиционных проектов, каждый из которых приемлем, но принять можно только один. Подобные ситуации часто возникают при проектировании отдельных производств в промышленности, когда из-за технических особенностей проектируемых решений существует несколько взаимоисключающих альтернатив.

В условиях мирового финансового кризиса потребность в эффективном механизме сравнения и ранжирования проектов еще более возрастает, поскольку от принимаемых инвестиционных решений во многом зависит судьба предприятия. Компании более не могут формировать пул проектов в надежде, что некоторые из них «выстрелят» и вытянут всю инвестиционную программу. Поэтому подходы к принятию решений о выборе того или иного проекта требуют трансформации. Руководство компании нуждается в экономико-математической модели поддержки принятия решений, максимально учитывающей информацию о проекте и позволяющей делать обоснованные выводы.

Для оценки и сравнения инвестиционных проектов обычно применяются следующие показатели: чистый дисконтированный доход  $NPV$ , внутренняя норма доходности  $IRR$ , индекс рентабельности  $PI$ , срок окупаемости  $PP$ , детальное описание и методику расчета, которые можно найти в [1]. Здесь приведем лишь формулы для их вычисления:

---

<sup>1</sup> Глеков Сергей Леонидович – аспирант кафедры экономики и менеджмента Государственного технологического университета Московский институт стали и сплавов; e-mail: sglekov@gmail.com.

Чистый дисконтированный доход

$$NPV = \sum_{i=1}^N \frac{CF_i}{(1+r)^i} - I_0, \quad (1)$$

где  $CF_i$  – денежный поток  $i$ -го года,  $r$  – ставка дисконтирования,  $I_0$  – первоначальные инвестиции,  $N$  – длительность проекта.

Внутренняя норма доходности определяется путем решения уравнения (2) относительно  $IRR$ :

$$\sum_{i=1}^N \frac{CF_i}{(1+IRR)^i} = I_0. \quad (2)$$

Индекс рентабельности

$$PI = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{CF_i}{(1+r)^i}}{I_0}. \quad (3)$$

Срок окупаемости рассчитывается как  $P = \min i$ , при котором

$$\sum_{i=1}^n CF_i \geq I_0. \quad (4)$$

Каждый из этих показателей обладает как неоспоримыми достоинствами, так и определенными недостатками. Вопрос выбора того или иного показателя эффективности в качестве ведущего критерия как в отечественной, так и в зарубежной литературе вызывает множество споров. Р. Брейли и С. Майерсом утверждают, что принцип чистой приведенной стоимости должен быть предпочтительней других методов, основанных на дисконтировании денежных потоков [2]. Дж. Фридман и Ник. Ордуэй отмечают, что внутренняя норма доходности во многих случаях служит полезным

средством ранжирования инвестиций и намного более пригодна для ранжирования, чем другие методы [3].

Чистый дисконтированный доход позволяет оценить величину дохода от реализации проекта, но сопоставить доходность и риск с помощью  $NPV$  нельзя, в отличие от внутренней нормы доходности.  $IRR$  – относительный показатель, соотнося его с ценой капитала, получаем информацию о «резерве безопасности проекта». Но использование  $IRR$  не дает возможность сделать корректные выводы об альтернативных проектах с позиции их потенциального вклада в увеличение капитала компании.

Покажем ограниченность метода  $NPV$  на примере. Пусть цена капитала составляет 20 %. Данные по проектам приведены в табл. 1.

Из табл. 1 видно, что оба проекта с точки зрения чистого дисконтированного дохода равнозначны, но величина инвестиций по проекту  $A$  в четыре раза меньше, чем по проекту  $B$ , следовательно, с позиции риска проект  $A$  выглядит предпочтительней.

Индекс рентабельности учитывает масштаб инвестиций, поскольку измеряет доход на единицу инвестиционных затрат.  $PI$  удобен при выборе одного проекта из ряда альтернативных, имеющих примерно одинаковые значения показателя чистого дисконтированного дохода.

Срок окупаемости дает информацию о ликвидности проекта. Длительный срок окупаемости проекта означает «омертвление» инвестированных средств, следовательно, подобный проект обладает низкой ликвидностью. Но показатель  $PP$  не учитывает денежные потоки, которые будут получены после того, как проект окупится.

Западные компании в практической деятельности чаще отдают предпочтение  $IRR$  в качестве основного показателя

эффективности. Об этом свидетельствуют данные исследования, приведенные в работе А. Дамодарана [4].

Исходя из приведенной статистики, можно сделать вывод о превалировании  $IRR$  над  $NPV$ , а также о наибольшем весе этих двух показателей эффективности в сравнении с другими.

Расчет совокупности показателей, состоящей из чистого дисконтированного дохода, внутренней нормы доходности, индекса рентабельности, срока окупаемости и пр., для оценки инвестиционного проекта является распространенной практикой, поскольку каждый из этих показателей обладает дополнительной релевантной информацией. Но при сравнении альтернативных проектов нередко

возникает ситуация, когда показатели эффективности противоречат друг другу. Хорошо известна проблема «конфликта» критериев  $NPV$  и  $IRR$ , которая заключается в том, что при определенных обстоятельствах критерии  $NPV$  и  $IRR$  отдадут предпочтение разным вариантам из сравниваемой пары.

Проиллюстрируем это примером для альтернативных проектов. Пусть цена капитала составляет 20 %. Данные по проектам приведены в табл. 3.

Из табл. 3 видно, что критерий  $NPV$  отдает предпочтение проекту  $B$ , но исходя из показателя  $IRR$  следует выбрать проект  $A$ . Следовательно, ранжирование проектов на основе совокупности критериев эффективности в общем случае невозможно.

Таблица 1  
Анализ проектов с различающимися по величине денежными потоками на основе чистого дисконтированного дохода

Проект	Величина инвестиций, млн руб.	Денежный поток, млн руб.		$NPV$ , млн руб.
		1-ый год	2-ой год	
$A$	500	500	200	56
$B$	2000	800	2000	56

Таблица 2  
Статистика применения показателей эффективности

Показатель	% компаний, использующих в качестве основного показателя
Внутренняя норма доходности	49,0
Бухгалтерская прибыль	8,0
Чистый дисконтированный доход	21,0
Период окупаемости	19,0
Индекс рентабельности	3,0

Таблица 3  
«Конфликт» критериев  $NPV$  и  $IRR$

Проект	Величина инвестиций, млн руб.	Денежный поток, млн руб.		$IRR$ , %	$NPV$ , млн руб.
		1-ый год	2-ой год		
$A$	250	150	700	100	361
$B$	15000	5000	19000	30,4	2361

Преодолеть данную трудность позволяет нижеописанный алгоритм, основанный на агрегировании критериев эффективности в один показатель.

Введем следующие обозначения:  $X$  – множество альтернативных проектов;  $x_k$  –  $k$ -ый инвестиционный проект  $X$ ;  $f_i(x)$  –  $i$ -ый критерий оценки качества проекта  $x$ .

Критериями оценки качества проекта выступают значения показателей эффективности. Пусть  $f_1(x)$  – это значение чистого дисконтированного дохода,  $f_2(x)$  – внутренней нормы доходности,  $f_3(x)$  – индекса рентабельности и  $f_4(x)$  – единицы, деленной на срок окупаемости. Для четвертого критерия используется обратное значение для минимизации срока окупаемости, поскольку наиболее привлекательным является проект с наименьшим сроком окупаемости.

Необходимо отметить ряд важных моментов, которые могут возникнуть при расчете показателей эффективности. Во-первых, если невозможно рассчитать  $IRR$  или имеет место множественность значений  $IRR$ , то вместо данного показателя необходимо использовать модифицированную внутреннюю норму доходности  $MIRR$ . Доля компаний, использующая  $IRR$  в качестве основного показателя, значительная (см. табл. 2), следовательно, полный отказ от его включения в обобщенный показатель выглядит нежелательным, в то время как замена на  $MIRR$  является адекватной мерой.

$MIRR$  определяется как норма дохода, при которой все ожидаемые доходы, приведенные к концу проекта, имеют текущую стоимость, равную стоимости всех требуемых затрат:

$$\sum_{i=1}^N \frac{CF_i^-}{(1+r)^i} = \frac{\sum_{i=1}^N \frac{CF_i^+}{(1+d)^{N-i}}}{(1+MIRR)^N},$$

или

$$MIRR = \sqrt[N]{\frac{\sum_{i=1}^N \frac{CF_i^+}{(1+d)^{N-i}}}{\sum_{i=1}^N \frac{CF_i^-}{(1+r)^i}}} - 1, \quad (5)$$

где  $CF_i^+$  – доходы  $i$ -го периода;  $CF_i^-$  – инвестиции  $i$ -го периода;  $r$  – ставка дисконтирования;  $d$  – уровень реинвестиций;  $N$  – длительность проекта.

В том случае, если проект не окупается за горизонт инвестирования, необходимо воздержаться от использования показателя  $PP$  в агрегированном показателе. В отличие от внутренней нормы доходности вес срока окупаемости в качестве основного показателя значительно меньше, поэтому в данном случае отказ от использования  $PP$  допускается.

Перед агрегированием критериев эффективности в интегральный показатель требуется решить сопутствующую задачу. Необходимо привести критерии  $f_i(x)$  в сопоставимый вид и определить значения весовых коэффициентов  $\gamma_i$  для каждого критерия.

Деление значения показателя эффективности для проекта  $x_k$  на максимальное значение показателя  $f_i(x)$  среди всех проектов  $X$  позволяет получить сопоставимые критерии оценки качества:

$$\overline{f_i(x)} = \frac{f_i(x)}{\max_{x \in X} f_i(x)}, \quad (6)$$

где  $\overline{f_i(x)}$  – нормализованное значение  $i$ -го критерия оценки качества проекта.

В качестве весовых коэффициентов  $\gamma_i$  могут быть использованы как экспертные оценки, так и статистические данные, приводимые в табл. 2.

Полученную задачу агрегирования показателей эффективности и ранжирования проектов можно интерпретировать как многокритериальную задачу выбора. Для решения данной задачи наиболее подходящим способом является использование принципов оптимальности, среди которых можно выделить принципы абсолютной уступки, идеальной точки и максимина.

Наиболее простой вариант конструирования интегрального показателя эффективности – это свертка критериев эффективности. Для каждого проекта  $x \in X$  рассчитывается сумма произведений значений весового вектора на соответствующий нормализованный критерий оценки качества, получаем выражение следующего вида

$$\gamma_1 \cdot \overline{f_1(x)} + \gamma_2 \cdot \overline{f_2(x)} + \gamma_3 \cdot \overline{f_3(x)} + \gamma_4 \cdot \overline{f_4(x)}$$

Далее проекты ранжируются по возрастанию интегрального значения и выбирается проект  $x^*$ , для которого оно не меньше всех остальных из множества  $X$ .

Описанный принцип позволяет улучшать качество решения за счет компенсации уменьшения значений по одним критериям большим увеличением значений по другим критериям и называется принципом абсолютной уступки. Математическая запись данного принципа приме-

нительно к нашей задаче следующая:

$$x^* = \arg \max_{x \in X} \sum_{i=1}^4 \gamma_i \cdot \overline{f_i(x)}, \quad (7)$$

где  $x^*$  – наиболее эффективный проект.

Рассмотрим пример использования данного алгоритма. Цена капитала составляет 20 %. Данные по проектам приведены в табл. 4.

На основе данных, приведенных в табл. 4, невозможно сделать однозначный вывод в пользу того или иного проекта, т.к. разные показатели отдают предпочтение разным проектам.

Сформируем обобщенный показатель эффективности. Для этого приведем критерии в сопоставимый вид, т.е. нормализуем показатели эффективности по формуле (6). Нормализованные значения показателей эффективности и весовые коэффициенты агрегируем в обобщенный показатель эффективности на основе принципа абсолютной уступки по формуле (7), результаты расчета представлены в табл. 5.

Максимизируя значение обобщенного показателя эффективности, выбираем наиболее привлекательный проект, в данном случае это будет проект  $A$ .

Возможны и другие подходы к выбору оптимального проекта, например, в качестве наиболее эффективного проекта рассматривать тот, который ближе

Таблица 4

Анализ показателей эффективности

Проект	Величина инвестиций, млн руб.	Денежный поток, млн руб.		IRR, %	NPV, млн руб.	PI	PP, лет
		1-ый год	2-ой год				
A	500	600	300	58.0	208	1.17	1.42
B	700	600	600	44.9	217	2.83	1.31
C	800	200	1400	45.4	339	2.57	1.42

всего к идеальной точке. В условиях нашей задачи идеальная точка будет состоять из единиц, т.е. все четыре нормализованных критерия эффективности равны единице. Принцип идеальной точки выглядит следующим образом:

$$x^* = \arg \min_{x \in X} \left( \sum_{i=1}^4 \gamma_i^2 \cdot (1 - \overline{f_i(x)})^2 \right). \quad (8)$$

При использовании принципа максимина каждое решение описывается наименьшей взвешенной величиной из всех критериев. После чего выбирается наибольшая величина среди этих наименьших значений и соответствующее ему решение принимается за оптимальное. Математическая запись этого принципа следующая:

$$x^* = \arg \max_{x \in X} \min_{i \in [1, \dots, 4]} (\gamma_i \cdot \overline{f_i(x)}) \quad (9)$$

Выбор в пользу того или иного принципа определяется лицом принимающим решение (ЛПР). В общем случае наиболее приемлемы принципы абсолютной уступки и идеальной точки, использование принципа максимина оправдано при наибольшей осторожности ЛПР [5].

Оценив и сравнив эффективность проектов для «базового варианта», нельзя быть абсолютно уверенным в точности

полученных результатов по причине неопределенности будущих событий. По данным Всемирного банка в зависимости от квалификации экспертов и тщательности подготовки проекта вероятность подтверждения прогнозных данных на практике не превышает 50 % [6].

Таким образом, составляющие в формулах (1)–(5) – денежный поток, ставка дисконтирования – не могут быть спланированы абсолютно точно, поскольку отсутствует полная определенность относительно будущего состояния внешней среды для инвестиционных проектов: неизвестны точные будущие цены, объемы реализуемой продукции, цены на сырье, ставка по долгосрочным кредитам и прочие финансово-экономические параметры. Наличие таких неопределенностей является основанием для описания параметров денежного потока нечеткими интервалами. Появляется возможность не ограничиваться оценкой проекта в одном – наиболее вероятном сценарии, базовом сценарии, а перейти к нечетко-множественным описаниям, тем самым формируется полный спектр возможных сценариев инвестиционного процесса.

Впервые применение теории нечетких множеств к инвестиционному анализу можно найти в [7]. Главное достоинство нечетко-множественных опи-

Таблица 5

Обобщенный показатель эффективности

Показатели эффективности	Проект А	Проект В	Проект С	Веса критериев эффективности
<i>IRR</i>	1,00	0,61	1,00	0,53
<i>NPV</i>	0,77	0,64	0,41	0,23
<i>1/DPP</i>	0,78	1,00	0,45	0,21
<i>PI</i>	1,00	0,61	1,00	0,03
Обобщенный показатель эффективности	0,91	0,67	0,77	1,00

саний заключается в том, что позволяет отказаться от использования априорного распределения вероятностей. Чтобы получить такое распределение, необходимо иметь гипотезу вероятностного пространства, которая строится либо на основе некоторой статистики, либо на основе экспертных суждений. В большинстве случаев такой статистики нет, и тогда вероятностное пространство возможно только постулировать на основе экспертных оценок, что вносит излишнюю долю субъективизма [8].

В этом смысле интервальная оценка – просто ожидание, что параметр будет находиться в пределах, и никакие вероятности не нужны. Таким образом, ожидаемая эффективность проекта не является точечным показателем, а представляет собой поле интервальных значений со своим распределением ожиданий, характеризующимся функцией принадлежности соответствующего нечеткого числа. Взвешенная полная совокупность ожиданий позволяет оценить интегральную меру ожидания негативных результатов инвестиционного процесса, т.е. степень

инвестиционного риска. Таким образом, использование аппарата нечетко-множественных описаний позволяет преодолеть недостатки вероятностного и минимаксного подходов, связанные с учетом неопределенности.

Агрегирование критериев эффективности в интегральный показатель позволяет повысить качество принимаемых инвестиционных решений, поскольку они опираются на больший массив информации. Исключая низкоэффективные проекты из рассмотрения на прединвестиционном этапе, компания экономит значительные средства своего инвестиционного бюджета.

Отличительной особенностью данного подхода является его гибкость, которая проявляется в возможности выбирать тот или иной принцип оптимальности, варьировать веса критериев эффективности, интегрировать оценку рисков. Данный подход применим как выбору одного проекта из множества альтернативных, так и дает возможность сформировать оптимальную инвестиционную программу при небольшой трансформации.

### Список использованных источников

1. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов. № ВК 477 от 21.06.99 г., утверждено Минэкономки РФ; Минфином РФ, Госкомитетом РФ по строительной, архитектурной и жилищной политике.
2. Брейли Р., Маерс С. Принципы корпоративных финансов / Пер. с англ. М.: ЗАО «Олимп – Бизнес», 1997. 1120 с.
3. Фридман Дж., Ордуэй Ник. Анализ и оценка приносящей доход недвижимости / Пер. с англ. М.: Дело ЛТД, 1995. 480 с.
4. Energy Innovative Financial Network [Electronic resource]: Damodaran A. «Measuring Investment Returns». Mode of access: [http://www.eifn.ipacv.ro/include/entrepreneur\\_documents/ch\\_06.pdf](http://www.eifn.ipacv.ro/include/entrepreneur_documents/ch_06.pdf).
5. Рыков А.С. Модели и методы системного анализа: Принятие решений и оптимизация: учебное пособие для вузов. М.: МИСИС, 2005. 352 с.
6. Румянцева Е.Е. Новая экономическая энциклопедия. М.: Инфра-М, 2006. 810 с.
7. Кофман А., Хил Алуха Х. Введение теории нечетких множеств в управлении предприятиями. Минск: Высшая школа, 1992. 223 с.
8. Деревянко П.М. Модели и методы принятия стратегических решений по распределению реальных инвестиций предприятия с применением теории нечетких множеств: Дис. ... канд. экон. наук : 08.00.13 СПб., 2006. 224 с.