

МНОГОКРИТЕРИАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ

В статье рассматривается проблема оценки инвестиционных проектов с учетом многих критериев эффективности. Автор статьи предлагает собственный подход к решению этой проблемы на основе метода анализа иерархий.

Задачи принятия сложных социально-экономических, организационно-управленческих решений являются по сути многокритериальными: варианты альтернативных решений оцениваются не по одному скалярному критерию, а по нескольким частным критериям. Инвестиционные решения по осуществлению капиталовложений, или реальных инвестиций? относятся, несомненно, к их числу. Обоснование экономической целесообразности, объемов, сроков, а также описание практических действий по проведению капитальных вложений принято называть *инвестиционным проектом* (ИП) [1].

Методические рекомендации (далее – Рекомендации) по оценке эффективности инвестиционных проектов дают описание и предлагают к использованию следующие показатели (критерии) эффективности инвестиционных проектов (ниже приводятся названия критериев эффективности, вначале – принятые в мировой практике, а затем – в российской интерпретации):

1. Дисконтированный срок окупаемости инвестиций (*discounted payback period – DPP*, срок окупаемости с учетом дисконтирования);

2. Чистая текущая (приведенная) стоимость инвестиций (*net present value – NPV*, чистый дисконтированный доход – ЧДД, или интегральный эффект);

3. Индекс рентабельности инвестиций (*profitability index – PI*, индекс доходности дисконтированных инвестиций – ИДД);

4. Внутренняя норма доходности (рентабельности) инвестиций (*internal rate of return – IRR*, внутренняя норма доходности – ВНД).

В процессе анализа конкретного ИП только в редких случаях будет иметь место ситуация, когда он одновременно приемлем с позиции всех рассматриваемых критериев [2]. Поэтому в общем случае возникает проблема их выбора и приоритетности использования.

В Рекомендациях предпочтение отдается критерию NPV: «...Для того чтобы ИП, с точки зрения инвестора, был признан эффективным, необходимо, чтобы эффект реализации порождающего его проекта был положительным; при сравнении альтернативных ИП предпочтение

должно отдаваться проекту с наибольшим значением эффекта».

В деловой практике нередко рассматриваемые методы используются в комбинации друг с другом: выбирается ведущий критерий, а остальные используются в качестве ограничений. При этом все большее число сторонников находит решение использовать в качестве ведущего критерия так же метод чистой дисконтированной стоимости (NPV), позволяющий, как отмечается в [3], наилучшим образом отразить потенциальную доходность ИП. Точнее, рекомендация о предпочтительности NPV высказывается в основном теми, кто исходит из основной целевой установки, стоящей перед любой компанией и заключающейся в максимизации благосостояния ее владельцев (инвесторов).

Тем не менее данная рекомендация на практике не является доминирующей [2]. Как следует, например, из источника [4], проведенные в США исследования показали, что «несмотря на приверженность ученых критерию NPV... практические работники предпочитают критерий IRR критерию NPV в соотношении 3:1».

Нередко менеджеры используют рассматриваемые методы на равных правах, имея в виду, что каждый из них дает какую-то дополнительную релевантную информацию – дисконтированный срок окупаемости дает информацию о риске и ликвидности проекта, NPV показывает прирост благосостояния акционеров компании, IRR оценивает доходность инвестиции и содержит информацию о «резерве безопасности проекта», PI также дает информацию о «резерве предела безопасности» [4].

Кроме того, имеют место попытки объединить рассматриваемые критерии в один обобщающий критерий эффективности [5]. При этом чаще всего используют линейную свертку критериев: каждый критерий получает определенный весовой коэффициент «важности» [5]. Однако в этом случае требуется решение следующих проблем. Какой должна быть шкала, в которой можно было бы измерить каждый из критериев? Как получить веса критериев на основе имеющейся информации о проблеме? Эти проблемы не находят в [5] удовлетворительного решения.

В настоящей статье автор предлагает решение сформулированных проблем, в основе которого лежит метод собственного вектора для обработки обратносимметричных матриц, предложенный в 1972 г. независимо друг от друга в СССР [7] и в США [6]. К сожалению, у нас в стране этот метод не нашел дальнейшего развития, в то время как трудами американского ученого Т. Саати и его последователей идея использования собственного вектора в качестве вектора приоритетов выросла в довольно мощную методологию системного анализа иерархических структур (методологию анализа иерархий – МАИ).

Ввиду труднодоступности получения сведений об этом методе (книга Саати вышла на русском языке в 1993 году тиражом всего 3 тыс. экземпляров) автор настоящей статьи приводит основные положения МАИ.

Сущность МАИ удобнее изложить на следующем примере. Пусть $O = \{O_1, O_2, \dots, O_n\}$ заданная совокупность каких-либо объектов. Эти объекты рассматриваются не вообще, а с определенной целью – с точки зрения наличия у них определенных свойств. Существенным моментом является наличие у рассматриваемых объектов некоторого набора общих свойств. Конкретизация определенной цели, с которой предполагается рассматривать заданные объекты, фиксирует этот набор. Причем при изменении цели набор общих свойств может измениться. Пусть набор общих свойств описывается совокупностью $S = \{S_1, S_2, \dots, S_m\}$.

Рассматриваемые свойства объектов, естественно, имеют неодинаковую степень важности, или «вес» с точки зрения заданной цели. Другими словами, в различной степени способствуют достижению этой цели. В свою очередь каждый объект обладает определенной интенсивностью проявления в нем какого-либо свойства.

Перед лицом, принимающим решение (ЛПР), стоит задача определения того объекта, который максимально способствует достижению сформулированной цели.

Первым этапом МАИ является структуризация проблемы и представление ее в виде иерархии. Формально иерархию можно интерпретировать как специальный класс частично упорядоченных множеств. В качестве иллюстрации иерархию обычно рассматривают как частный случай графа. В том случае, когда $n = 4$ (4 объекта) и $m = 5$ (5 свойств), графическое представление иерархии показано на рисунке 1.

Это частный случай иерархии, включающей лишь два уровня. В общем случае, МАИ может работать с многоуровневыми иерархиями. Од-

нако для целей нашего исследования вполне достаточно ограничиться этим частным случаем.

Вторым этапом МАИ является решение двух взаимосвязанных задач: 1) определения интенсивности проявления свойств в каждом из рассматриваемых объектов, или «веса» объекта с точки зрения конкретного свойства; 2) определения степени важности «веса» самих свойств относительно рассматриваемой цели.

Естественно, для определения такого рода «весов» измерительного прибора не существует и поэтому ЛПР в рамках МАИ проводит: 1) парные сравнения объектов с точки зрения интенсивности проявления в них каждого свойства; 2) парные сравнения собственно свойств относительно их важности для заданной цели. Для этого, естественно, требуется определенная количественная шкала, в которой ЛПР мог бы выражать количественные суждения о парах объектов (свойств). В работе [7] Саати теоретически обосновал целесообразность использования для проведения парных сравнений девятибалльной шкалы отношений.

Количественные суждения о парных сравнениях задаются в этой шкале и представляются матрицей размера $n \times n$:

$$A = (a_{ij}), (i, j = 1, 2, \dots, n).$$

Элементы a_{ij} определяются по следующим правилам:

Правило 1. Если $a_{ij} = \alpha$, то $a_{ji} = 1/\alpha$, $\alpha \neq 0$, $\alpha \in \{1, 2, \dots, 9\}$.

Правило 2. Если суждения таковы, что в объекте O_i интенсивность проявления свойства такая же, как и в объекте O_j , то $a_{ij} = a_{ji} = 1$; в частности, $a_{ii} = 1$ для всех i .

Например, матрица парных сравнений объектов относительно некоторого свойства (S_1) представлена в таблице 1.

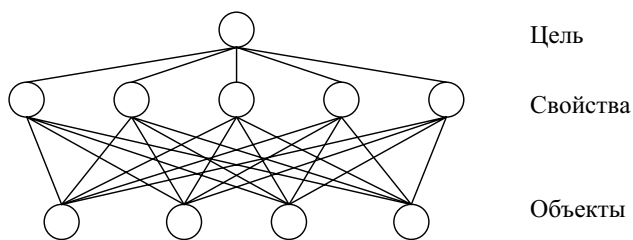


Рисунок 1. Иерархия проблемы оценки объектов

Таблица 1. Матрица парных сравнений

S_1	O_1	O_2	O_3	O_4
O_1	1	2	5	3
O_2	1/2	1	3	3
O_3	1/5	1/3	1	1/2
O_4	1/3	1/3	2	1

После представления количественных суждений об интенсивности проявления некоторого свойства во всех парах (O_i, O_j) в числовом выражении через a_{ij} задача сводится к тому, чтобы каждому объекту O_i поставить в соответствие собственно «вес» w_i каждого объекта с точки зрения этого свойства.

Решение этой задачи математически заключается в определении собственного вектора матрицы парных сравнений, соответствующего максимальному собственному значению

$$A \cdot W = \lambda_{\max} \cdot W, W = (w_1, w_2, \dots, w_n)^T,$$

где T – символ операции транспонирования.

Так как желательно иметь нормализованное решение, полагаем $\alpha = w_1 + \dots + w_n$ и заменяем вектор W на вектор $(1/\alpha)W$ (полученный вектор в дальнейшем по-прежнему будем обозначать W). Это обеспечивает единственность вектора «весов» W , а также то, что $w_1 + \dots + w_n = 1$.

Вектор весов для приведенной выше матрицы парных сравнений, найденный с точностью до 0,01 при $\lambda_{\max} = 4,064$, имеет вид: $W = (0,47, 0,30, 0,09, 0,14)^T$.

Аналогично определяются «веса» свойств относительно заданной цели: строится матрица парных сравнений рассматриваемых свойств, определяется максимальный собственный вектор, соответствующий максимальному собственному значению, проводится его нормализация.

Заключительным этапом (этап иерархического синтеза) является определение того объекта, который в наибольшей степени способствует достижению поставленной цели. Для этого определяются «веса» объектов относительно цели и выбирается объект, имеющий наибольший «вес». Математически «веса» объектов относительно заданной цели определяются путем следующего произведения матрицы на вектор:

$$W = [W_1 W_2 \dots W_m] W_p,$$

где $W_i = (w_1^i, w_2^i, \dots, w_n^i)^T$ – вектор «весов» объектов относительно i -го свойства, n – количество объектов, $i = 1, 2, \dots, m$, m – количество свойств; $W_p = (w_1^p, w_2^p, \dots, w_m^p)^T$ – вектор «весов» свойств относительно заданной цели.

Следует заметить, что суждения ЛПР не могут быть совершенно согласованы. Под *согласованностью* здесь понимается не просто традиционное требование транзитивности, но и требование числовой (кардинальной) согласованности: если в объекте O_i свойство проявляется в два раза интенсивнее, чем в объекте O_j , а в объекте O_j в три раза интенсивнее, чем в объекте O_k , то в объекте O_i свойство должно проявляться в 6 раз интенсивнее, чем в объекте O_k . Формально это свойство выражается равенством $a_{ij} = a_{ik} \cdot a_{kj}$.

Однако совершенной согласованности в измерениях на практике трудно достигнуть даже при помощи точнейших приборов. Поэтому к нарушению согласованности в суждениях следует относиться так же естественно, как и к погрешности измерительных приборов.

Метод исследования согласованности, предложенный в рамках МАИ, не только показывает несогласованность при отдельных сравнениях, но и дает численную оценку того, как сильно нарушена согласованность для всей рассматриваемой задачи. Показателем «близости к согласованности» матрицы парных сравнений может служить *индекс согласованности* ИС = $(\lambda_{\max} - n)/(n - 1)$.

Индекс согласованности, сгенерированной случайным образом по шкале от 1 до 9 обратносимметричной матрицы с соответствующими обратными величинами элементов, называется *случайным индексом* (СИ). В [6, 8] приводится таблица, в которой представлены порядок матрицы и математические ожидания случайного индекса $E(SI)$.

Отношение ИС к $E(SI)$ для матрицы того же порядка называется *отношением согласованности* (ОС). Значения и ОС рассчитываются для каждой матрицы парных сравнений. Приемлемыми считаются значения, меньшие или равные 0,10. В противном случае – имеет место нарушение логичности в суждениях ЛПР, и ему следует пересмотреть данные, использованные для построения матриц парных сравнений.

В рассмотренной выше матрице парных сравнений имеют место нарушения условий согласованности ($a_{ij} = a_{ik} \cdot a_{kj}$), поскольку, например, $a_{23} = 3 \neq a_{21} \cdot a_{13} = 5/2$; $a_{34} = 1/2 \neq a_{31} \cdot a_{14} = 3/5$ и др. Но вместе с тем ИС=0,021 и ОС=0,024 вполне приемлемы, что дает основание считать матрицу вполне согласованной.

После решения задачи иерархического синтеза проводится оценка согласованности всей иерархии. Для всей иерархии вводится *индекс согласованности иерархии* (ИСИ) и *отношение согласованности иерархии* (ОСИ) [6, 8]. В конечном счете для согласованности суждений ЛПР в рамках всей иерархии требуется выполнение условия $ОСИ \leq 0,1$.

На наш взгляд, МАИ содержит удобный и эффективный инструментарий для решения задачи оценки инвестиционных проектов с учетом многих критериев эффективности.

Изложим суть предлагаемого метода на базе следующего модельного примера. Пусть требуется оценить альтернативные ИП, условно обозначаемые A_1, A_2, A_3 , и выбрать «наилучший». Предположим для определенности, что каждый

из проектов имеет один и тот же жизненный цикл. Пусть имеющие оценки ИП по рассматриваемым критериям эффективности не позволяют выделить «лучший» проект, т. е. не существует ИП, который бы превосходил все остальные по всем рассматриваемым критериям эффективности. Например, $NPV(A_1) > NPV(A_2)$ и $DPP(A_1) > DPP(A_2)$, но $IRR(A_1) < IRR(A_2)$ и $PI(A_1) < PI(A_2)$ и т.п. При этом ЛПР не желает ограничиваться одним каким-либо критерием эффективности.

Таким образом, требуется оценить ИП с учетом всей заложенной в рассматриваемых критериях эффективности информации. Для проведения такого оценивания автор предлагает воспользоваться изложенным выше методом МАИ.

На первом этапе строится иерархия проблемы (рис. 2).

На втором этапе строятся матрицы парных сравнений альтернатив относительно рассматриваемых критериев. Парные сравнения проводятся в терминах доминирования одной альтернативы над другой с точки зрения выбранного критерия в девятибалльной шкале отношений.

Затем для каждой матрицы находятся максимальные собственные значения, нормированные собственные векторы которых дают «веса» альтернатив относительно рассматриваемых критериев.

На третьем этапе строятся матрицы парных сравнений критериев относительно ведущей цели – эффективности ИП. В этом случае ЛПР при построении матрицы парных сравнений учитывает «важность» каждого конкретного критерия относительно ведущей цели. Затем, аналогично изложенному выше, проводится расчет «весов» критериев относительно этой цели.

Заключительный этап процедуры оценки ИП по многим критериям представляет собой синтез, в результате которого альтернативы оцениваются с точки зрения сформулированного обобщенного критерия эффективности:

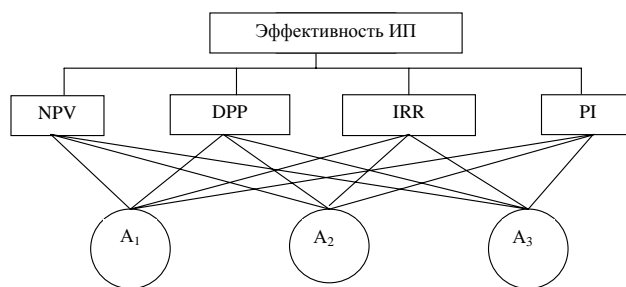


Рисунок 2. Иерархия проблемы оценки эффективности ИП

$W(A_1) = W(A_1/NPV) \cdot W(NPV) + \dots + W(A_1/PI) \cdot W(PI)$,
 $W(A_2) = W(A_2/NPV) \cdot W(NPV) + \dots + W(A_2/PI) \cdot W(PI)$,
 $W(A_3) = W(A_3/NPV) \cdot W(NPV) + \dots + W(A_3/PI) \cdot W(PI)$,
 где $W(A_i/K)$ – «вес» i -го ИП (A_i) относительно критерия K (NPV, DPP, IRR, PI), $W(K)$ – «вес» критерия K относительно цели.

Формально этап синтеза может быть представлен в виде произведения матрицы, столбцами которой являются векторы «весов» альтернатив относительно критериев, на вектор-столбец «весов» критериев относительно ведущей цели:

$$[W(A/NPV) \ W(A/DPP) \ W(A/IRR) \ W(A/PI)] \cdot W(K),$$

где $W(A/NPV) = (W(A_1/NPV) \ W(A_2/NPV) \ W(A_3/NPV))^T$;
 $W(A/DPP) = (W(A_1/DPP) \ W(A_2/DPP) \ W(A_3/DPP))^T$;
 $W(A/IRR) = (W(A_1/IRR) \ W(A_2/IRR) \ W(A_3/IRR))^T$;
 $W(A/PI) = (W(A_1/PI) \ W(A_2/PI) \ W(A_3/PI))^T$;
 $W(K) = (W(NPV) \ W(DPP) \ W(IRR) \ W(PI))^T$;
 $[B_1 \ B_2 \ B_3]$ – матрица, состоящая из вектор-столбцов $B_1 \ B_2 \ B_3$.

В заключение отметим, что получить «веса» критериев относительно заданной цели можно, только опираясь на суждения ЛПР. Вместе с тем «веса» ИП относительно того или иного критерия при имеющемся прогнозе денежных потоков можно получить путем обычной процедуры взвешивания. Если же такой прогноз осуществить затруднительно или он не надежен, рассматриваемый метод предлагает воспользоваться суждениями ЛПР.

Список использованной литературы:

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. Ковалев В.В. Финансовый анализ: методы и процедуры. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 560 с.
3. Бирман Г., Шмидт С. Экономический анализ инвестиционных проектов: Пер. с англ. – М.: Банки и биржи, ЮНИТИ, 1997. – 631 с.
4. Бригхем Ю., Гапенски Л. Финансовый менеджмент: Полный курс: В 2-х т. – СПб: Экономическая школа, 1997. Т. 1. – 497 с.; Т. 2. – 669 с.
5. Елин Н.Н., Гимзина О.М., Елина Т.Н. Использование методов стохастического динамического программирования для повышения эффективности инвестиционной деятельности нефтяной компании // Сборник статей Междунар. науч.-технич. конф. «Информационная среда вуза». – Иваново, 2002. – С. 52-54.
6. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий: Пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1989. – 316 с.
7. Брук Б.Н., Бурков В.Н. Методы экспертных оценок в задачах упорядочения объектов // Изв. АН СССР. Техническая кибернетика. – 1972. – №3. – С. 3-11.
8. Андрейчиков А.В., Андрейчикова О.Н. Анализ, синтез, планирование решений в экономике. – М.: Финансы и статистика, 2000. – 368 с.