С. А. Сироткин, канд. экон. наук, доцент,
Н. Р. Кельчевская, д-р экон. наук, проф.
УГТУ-УПИ, Екатеринбург

ПОДХОДЫ И КРИТЕРИИ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОГО ИНВЕСТИЦИОННОГО ПРОЕКТА

В статье рассматриваются критерии выбора оптимального инвестиционного проекта, анализируются различные подходы к такому выбору, дается классификация инвестиционных проектов. Сравниваются различные подходы к выбору оптимального инвестиционного проекта: по абсолютным значениям показателей эффективности, на основе приоритетности показателей эффективности, в условиях полной неопределенности с помощью теории стратегических игр, с помощью линейного программирования. Приводится пример выбора из двух инвестиционных проектов.

Любой выбор предполагает наличие некоторых критериев, на основе которых осуществляется отбор. При рассмотрении нескольких инвестиционных проектов по заданным критериям предпочтительным считается проект оптимальный, под которым может пониматься как наиболее эффективный проект, так и проект, приемлемый с учетом различных факторов, например, с точки зрения финансовой реализуемости, минимума риска и т. д. При этом наиболее эффективный проект может быть отклонен с учетом других значимых для проекта критериев. Термин «оптимальный» в отношении инвестиционного проекта имеет более широкое толкование, чем понятие «эффективный».

Критериев для выбора оптимального инвестиционного проекта может быть много, и тогда задача оптимизации также будет предполагать выбор наиболее важных (значимых) критериев.

При одновременном рассмотрении нескольких проектов необходимо учитывать отношения между ними. По взаимозависимости проектов выделяют:

- *независимые проекты*, которые в рамках рассматриваемых условий никак взаимно не влияют на возможность или целесообразность их принятия. Совместный эффект от осуществления нескольких независимых проектов равен сумме эффектов от осуществления каждого их них;
- *взаимоисключающие (альтернативные) проекты*, осуществление одного из которых делает невозможным или нецелесообразным осуществление остальных. Чаще всего альтернативными являются проекты, служащие достижению одной и той же цели. Каждый из альтернативных проектов должен рассматриваться самостоятельно без связи с другими проектами;
- *взаимодополняющие проекты*, которые по каким-либо причинам могут быть приняты или отвергнуты только одновременно. Такие проекты предварительно могут объединяться в один проект;
- *взаимовлияющие проекты*, при совместной реализации которых возникают дополнительные (системные) позитивные или негативные эффекты, не проявляющиеся при реализации каждого из проектов в отдельности. Такие проекты рекомендуется объединять в таких сочетаниях, при которых получаемый эффект максимален, и на основе этого уже делать вывод о целесообразности реализации данных проектов.

Можно выделить следующие *подходы* к выбору оптимального инвестиционного проекта:

1) выбор по абсолютным значениям показателей эффективности;
2) выбор на основе приоритетности по-

казателей эффективности;
3) выбор в условиях полной неопределенности с помощью теории стратегических игр;
4) выбор с помощью линейного программирования.

Рассмотрим первые три подхода более подробно.

1. *Выбор оптимального проекта по абсолютным значениям показателей эффективности.* В данном случае понятия оптимальность и эффективность совпадают, и критерием отбора оптимального проекта является один из показателей коммерческой эффективности: интегральный эффект, срок окупаемости, внутренняя норма доходности и т. д. Например, имеется два проекта. Первый проект предполагает получение интегрального эффекта 100 тыс. р., а второй – 150 тыс. р., то, очевидно, что оптимальным будет второй проект, если критерием отбора будет положительный интегральный эффект.

В случае, если известны сценарии развития будущего с соответствующими значениями показателей коммерческой эффективности и вероятностями реализации, то выбор осуществляют на основе ожидаемых значений показателей коммерческой эффективности. Для примера, возьмем исходные данные, приведенные в табл. 1. Оптимальным будет считаться первый проект, т. к. его ожидаемое положительное значение интегрального эффекта больше.

Таблица 1

Интегральный эффект проектов при различных сценариях будущего, тыс. р.

Проект	Сценарии будущего (вероятность реализации)			Ожидаемое значение
	пессимистичный (0,2)	наиболее вероятный (0,5)	оптимистичный (0,3)	
1	100	125	160	130,5
2	115	130	140	130,0

2. *Выбор оптимального инвестиционного проекта на основе приоритетности показателей эффективности*. Возможны ситуации, когда в портфеле инвестиционных проектов проект с максимальным интегральным эффектом будет иметь остальные показатели коммерческой эффективности, характеризующие данный проект как менее эффективный по сравнению с другими. Например, из двух проектов один имеет наибольшее значение и интегрального эффекта, и срока окупаемости.

В этом случае можно определить *приоритет* (вес) всех показателей эффективности (по определенной шкале). А уже исходя из их сравнения можно сделать вывод о предпочтительности того или иного проекта.

Если сравниваются два проекта, то авторами предлагается рассчитывать *сравнительный коэффициент* з по формуле:

$$\text{з} = \sum_j \frac{k_j^1}{k_j^2}\text{щ}_j + \sum \frac{r_j^2}{r_j^1}\text{щ}_j, \qquad (1)$$

где k_j^1 и k_j^2 – показатели эффективности соответственно первого и второго инвестиционного проекта, которые прямо пропорциональны показателю эффективности;

r_j^1 и r_j^2 – показатели эффективности соответственно первого и второго инвестиционного проекта, которые обратно пропорциональны показателю эффективности;

w_j – приоритет (вес) j-го показателя эффективности (сумма весов равна единице).

Тот проект будет более предпочтителен, у которого сравнительный коэффициент больше единицы.

В табл. 2 в качестве примера приведены показатели коммерческой эффективности двух проектов и соответствующие веса этих показателей. При этом сумма их весов равна единице.

Таблица 2

Показатели эффективности инвестиционных проектов

Показатели эффективности	Проекты		Вес
	1	2	
Интегральный эффект, тыс. р.	120	110	0,4
Срок окупаемости, шаг	7	5	0,3
Внутренняя норма доходности, %	60	55	0,1
Индекс доходности затрат, доли ед.	1,20	1,15	0,2

Рассчитаем сравнительный коэффициент для первого проекта:

$$з = \frac{120}{110} \cdot 0,4 + \frac{60}{55} \cdot 0,1 + \frac{1,20}{1,15} \cdot 0,2 +$$
$$+ \frac{5}{7} \cdot 0,3 = 0,9685$$

Так как сравнительный коэффициент получился меньше единицы, то не этот, а второй проект является оптимальным из двух сравниваемых. Если имеется более двух проектов, то необходимо их сравнивать последовательно друг с другом с помощью сравнительного коэффициента до тех пор, пока не будет отобран наилучший.

3. *Выбор оптимального проекта с помощью модели стратегической игры*. Полная (безнадежная) неопределенность означает отсутствие какой-либо информации о вероятностях реализации сценария развития будущего. Выбор оптимального инвестиционного проекта при условии полной неопределенности можно осуществить с помощью модели стратегической игры.

Вообще, под стратегической игрой понимается упрощенная формализованная модель реальной ситуации (игры), в которой участвуют несколько сторон – участников игры (игроков). Стратегии игроков – это их действия в каждой из возможных ситуаций, которые задаются значениями для первого игрока X_i, для второго игрока Y_j. Значения z_{ij} определяют результат от реализации стратегий двумя игроками и задаются матрицей $Z=||z_{ij}||$, которую называют платежной:

$$Z = \left(\begin{array}{c|cccc} & Y_1 & Y_2 & \cdots & Y_n \\ \hline X_1 & z_{11} & z_{12} & \cdots & z_{1n} \\ X_2 & z_{21} & z_{22} & \cdots & z_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ X_m & z_{m1} & z_{m2} & \cdots & z_{mn} \end{array} \right). \quad (2)$$

В качестве разновидности модели такой игры предлагается рассматривать модель стратегической игры с «природой» (внешней средой). Внешняя среда (природа) представляет совокупность внешних факторов, оказывающих влияние на первого игрока. Особенностью теории игры с «природой» заключается в том, что в ней сознательно действует только один из участников – первый игрок.

«Природа» (то есть второй игрок) сознательно против первого игрока не действует, а выступает как партнер, не имеющий конечной цели и случайно осуществляющий ходы. Стратегическая игра задается в виде матрицы $A = ||a_{ij}||$:

$$A = \left(\begin{array}{c|cccc} & П_1 & П_2 & \cdots & П_n \\ \hline A_1 & a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ A_2 & a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ A_m & a_{m1} & a_{m2} & \cdots & a_{mn} \end{array} \right). \quad (3)$$

Матрица игры с «природой» задает результат (a_{ij}), который получает первый игрок при реализации одной из своих стратегий (A_i) и при некотором состоянии (стратегии) «природы» ($П_j$). Поскольку предполагается полная неопределенность в отношении будущего, то вероятности выбора той или иной стратегии «природы» (ее состояния) в этой модели не задаются.

Можно предложить другой способ задания матрицы игры с внешней средой, а именно задание матрицы рисков R:

$$R = \left(\begin{array}{c|cccc} & П_1 & П_2 & \cdots & П_n \\ \hline A_1 & r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1n} \\ A_2 & r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ A_m & r_{m1} & r_{m2} & \cdots & r_{mn} \end{array} \right). \quad (4)$$

Величина риска – это размер платы за отсутствие информации о состоянии среды. Матрица рисков $R=||r_{ij}||$ будет строиться тогда на основе матрицы A.

Величина риска первого игрока при использовании им стратегии (A_i) и при состоянии внешней среды ($П_j$) будет разность между результатом, который получил бы первый игрок, если бы знал, какое состояние внешней среды осуществится (b_j), и выигрышем, который первый игрок получит, не имея этой информации (a_{ii}):

$$r_{ij} = в_j - a_{ij}, \tag{5}$$

где $в_j$ = max a_{ij} в матрице A при заданном j.

Модель стратегической игры с «природой» может быть использована при выборе оптимального инвестиционного проекта. В этом случае в качестве стратегий игрока рассматривают различные сопоставимые инвестиционные проекты, а состояния «природы» интерпретируют как сценарии будущего, которым соответствуют показатели эффективности для каждого проекта. В условиях полной неопределенности заранее неизвестна вероятность реализации того или иного сценария, а значит, и вероятность получения экономического эффекта.

Другими словами, каждый элемент этой матрицы будет представлять собой показатель эффективности (результат), который имеет место при i-м варианте инвестиций и j-м сценарии развития событий.

Например, зададим элементы платежной матрицы A в виде интегрального эффекта:

$$A = \left(\begin{array}{c|ccc} & П_1 & П_2 & П_3 \\ \hline A_1 & 6 & 10 & 16 \\ A_2 & 2 & 13 & 18 \end{array}\right). \tag{6}$$

Данная модель означает, что имеются два проекта A_1 и A_2, которые в зависимости от реализации сценариев $П_1$, $П_2$ и $П_3$ предполагают получение соответствующего интегрального эффекта. Так, если реализуется сценарий $П_2$, то интегральный эффект проекта A_1 составит в этом случае 10, а интегральный эффект проекта A_2 составит 13.

Матрица рисков, которая строится на основе платежной матрицы A, будет выглядеть следующим образом:

$$R = \left(\begin{array}{c|ccc} & П_1 & П_2 & П_3 \\ \hline A_1 & 0 & 3 & 2 \\ A_2 & 4 & 0 & 0 \end{array}\right). \tag{7}$$

Платежная матрица и матрица рисков позволяют выбрать оптимальный инвестиционный проект из набора проектов в платежной матрице с помощью следующих критериев.

Критерий максимакса:

$$M = \max_i \max_j a_{ij}, \tag{8}$$

то есть выбирается тот проект, у которого наибольший экономический эффект во всей платежной матрице. Для этого сначала находят максимальное значение по столбцам платежной матрицы, а затем выбирают максимальное число из выбранных значений.

Критерий Вальда (*максиминный критерий*):

$$W = \max_i \min_j a_{ij}, \tag{9}$$

то есть выбирается тот проект, у которого наибольший экономический эффект из минимально возможных для каждого проекта. Для этого сначала находят минимальное значение по столбцам платежной матрицы, а затем выбирают максимальное число из выбранных значений.

Критерий Сэвиджа (*критерий минимального риска*):

$$S = \min_i \max_j r_{ij}, \tag{10}$$

то есть выбирается тот проект, у которого наименьший риск из максимально возможных значений риска для каждого проекта. Для этого сначала находят максимальное значение по столбцам матрицы рисков, а затем выбирают минимальное число из выбранных значений.

Критерий Гурвица (*критерий оптимизма-пессимизма*):

$$H = \max_j [p \cdot \min_i a_{ij} + (1-p) \cdot \max_i a_{ij}], \tag{11}$$

где p – коэффициент пессимизма ($0 \leq p \leq 1$).

При выборе оптимального проекта рассчитывают некоторое среднее значение, характеризующее состояние между крайним пессимизмом и безудержным оптимизмом. При *p = 0* критерий Гурвица совпадает с максимаксным критерием, а при *p = 1* – с критериев Вальда.

Продолжим пример. В случае задания платежной матрицы *A*:

$$A=\left(\begin{array}{c|ccc} & \Pi_1 & \Pi_2 & \Pi_3 \\ \hline A_1 & 6 & 10 & 16 \\ A_2 & 2 & 13 & 18 \end{array}\right)$$

(12)

по критерию максимакса оптимальным можно считать второй инвестиционный проект, так как только при его реализации достигается максимальный интегральный эффект, равный 18 (M = 18).

Для использования критерия Вальда находим минимальные значения по столбцам в матрице *A*:

$$A=\left(\begin{array}{c|ccc} & \Pi_1 & \Pi_2 & \Pi_3 \\ \hline A_1 & 6 & 10 & 16 \\ A_2 & 2 & 13 & 18 \\ \min & 2 & 10 & 16 \end{array}\right).$$

(13)

Из вектора минимальных значений выбираем максимальное значение 16. Поскольку эта величина достигается при реализации первого проекта, то он и считается оптимальным по критерию Вальда (W = 16).

Аналогичный подход используется при определении оптимального проекта по критерию Сэвиджа. Находим максимальные значения по столбцам в матрице *R*:

$$R=\left(\begin{array}{c|ccc} & \Pi_1 & \Pi_2 & \Pi_3 \\ \hline A_1 & 0 & 3 & 1 \\ A_2 & 4 & 0 & 0 \\ \max & 4 & 3 & 1 \end{array}\right).$$

(14)

Из вектора максимальных значений выбираем минимальное значение 1. Поскольку эта величина достигается при реализации первого проекта, то он и считается оптимальным по критерию Сэвиджа (S = 1).

Использование критерия Гурвица предполагает предварительное определение коэффициента пессимизма *p*. Допустим, он равен 0,4 (*p = 0,4*), тогда

$$H=\max\begin{Bmatrix}0,4\cdot 6+(1-0,4)\cdot 16 \\ 0,4\cdot 2+(1-0,4)\cdot 18\end{Bmatrix}=$$

$$=\max\begin{Bmatrix}12,0 \\ 11,6\end{Bmatrix}=12,0.$$

Таким образом, оптимальным по критерию Гурвица можно считать первый проект.

Обобщая результаты выбора по всем представленным выше критериям, можно сделать вывод о том, что оптимальным является первый проект, так как по большинству критериев именно он считается предпочтительным.

Применение предлагаемого авторами подхода позволит оптимизировать работу по выбору наилучшего инвестиционного проекта.