

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО ИНВЕСТИЦИОННОГО ПРОЕКТА С ПРИМЕНЕНИЕМ КЛАССИЧЕСКИХ МЕТОДОВ И МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОГО ЭКСПЕРТНОГО АНАЛИЗА НА ОСНОВЕ НЕЧЁТКОЙ ЛОГИКИ

Белевцов Л. В., Гудкова Е. Ю., Садовец Я. Ю.

Рассмотрены классические методы оценки экономической эффективности инвестиционных проектов, включающие статические (рентабельность, срок окупаемости инвестиционного проекта) и динамический (чистая приведенная стоимость инвестиционного проекта) методы. Отобраны часто используемые критерии финансовой эффективности инвестиционного проекта. Раскрыт многокритериальный экспертный анализ на основе нечеткой логики, позволяющий учитывать фактор неопределенности при выборе оптимального решения. Разработана диаграмма кооперации, отражающая организацию рассмотренных методов в системе поддержки принятия решения. Представлены результаты работы СППР для оценки инвестиционных проектов ООО «Тяжпромкомплекс».

Розглянуто класичні методи оцінки економічної ефективності інвестиційних проектів, що включають статичний (рентабельність, термін окупності інвестиційного проекту) та динамічний (чиста приведена вартість інвестиційного проекту) методи. Відібрані часто використовувані критерії фінансової ефективності інвестиційного проекту. Розкритий багатокритерійний експертний аналіз на основі нечіткої логіки, що дозволяє враховувати чинник невизначеності при виборі оптимального рішення. Розроблена діаграма кооперації, що відображає організацію розглянутих методів в системі підтримки прийняття рішення. Представлено результати роботи СППР для оцінки інвестиційних проектів ТОВ «Тяжпромкомплекс».

Classic methods for estimating of economic efficiency of investment projects, including static (profitability index, payback period of investment project) and dynamic (net present value of investment project) are considered. Often used criteria of financial efficiency of the investment project are selected. The multicriteria expert analysis on the basis of the fuzzy logic, allowing to consider an uncertainty factor at a choice of the optimum decision is opened. The diagram of the cooperation reflecting the organization of considered methods in system of support of decision-making is developed. Results of work of SSDM for an assessment of investment projects of JSC «Tyazhpromkompleks» are presented.

Белевцов Л. В.

д-р физ.-мат. наук, доц., зав. каф. ИСПР ДГМА

Гудкова Е. Ю.

ассистент каф. ИСПР ДГМА
eupostavnaya@mail.ru

Садовец Я. Ю.

студентка ДГМА

ДГМА – Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск.

УДК 004, 658

Белевцов Л. В., Гудкова Е. Ю., Садовец Я. Ю.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО ИНВЕСТИЦИОННОГО ПРОЕКТА С ПРИМЕНЕНИЕМ КЛАССИЧЕСКИХ МЕТОДОВ И МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОГО ЭКСПЕРТНОГО АНАЛИЗА НА ОСНОВЕ НЕЧЁТКОЙ ЛОГИКИ

Одним из важнейших двигателей экономики являются инвестиции. При правильном подходе к выбору инвестиционного проекта возможно усиление эффекта от их использования. Для принятия инвестиционного решения проводится предварительная оценка инвестиционных качеств предполагаемых объектов инвестирования, которая в соответствии с методикой современного инвестиционного анализа ведется согласно определенного набора показателей, отражающих критерии эффективности проекта.

В основе реализации любого инвестиционного проекта заложено достижение определенной цели, например: сохранение продукции на рынке; расширение объёмов производства и улучшение качества продукции; выпуск новой продукции; решение социальных и экономических задач [1].

В работах М. Ю. Беляковой, С. А. Василенкова, П. Л. Виленского, А. М. Дыбова, А. П. Еркова, В. А. Иванова, А. П. Ротштейна, С. Д. Штовбы [1–9] отражено исследование инвестиционных проектов, оценки их финансовой эффективности.

Эффективность инвестиционного проекта может быть общественной и коммерческая. Показатели коммерческой эффективности проекта в целом учитывают финансовые последствия его осуществления для реализующей его коммерческой структуры и определяются в предположении, что все необходимые для реализации проекта затраты производятся за счет ее средств. Оценка конкретного проекта предусматривает: оценку финансовой реализуемости проекта; оценки выгодности реализации проекта или участия в нем с точки зрения участников проекта, государства и общества. Соответствующие расчеты носят название расчетов абсолютной эффективности; выявление граничных условий эффективной реализации проекта; оценку риска, связанного с реализацией проекта, и устойчивости проекта (сохранения его выгодности и финансовой реализуемости) при случайных колебаниях рыночной конъюнктуры и других изменениях внешних условий реализации. По результатам такой оценки принимается решение о реализации проекта или о его отклонении (отказе от реализации) [6].

Для эффективной работы на предприятии с целью сокращения трудозатрат на оценку эффективности инвестиционного проекта целесообразно разработать специальный программный продукт, совмещающий оценку инвестиционного проекта по классическим методам и на основе нечеткой логики.

Целью статьи является подготовка экономико-математической модели для определения оптимального инвестиционного проекта для разработки системы поддержки принятия решений.

С целью определения оптимального инвестиционного проекта целесообразно использовать несколько подходов, отражающих результаты инвестиций с различных сторон [4–9]. Таким образом, оценка инвестиционного проекта осуществляется в два этапа. В начале был проведен количественный анализ рисков путем анализа чувствительности проекта при негативном влиянии наиболее значимых факторов.

Метод оценки чистого приведенного эффекта (*NPI*) заключается в сопоставлении величины исходной инвестиции (*IC*) с общей суммой дисконтированных денежных поступлений, генерируемых ею в течение прогнозируемого срока. Расчет чистого приведенного эффекта осуществляется примерно по следующему алгоритму: сначала выбирается необходимая

ставка дисконтирования, затем рассчитывается текущая стоимость денежных доходов, ожидаемых от проекта, и текущая стоимость требуемых для данного проекта инвестиций, далее из текущей стоимости всех доходов вычитают текущую стоимость всех инвестиций. Полученная разность является чистой текущей стоимостью [5].

Решение о принятии или отклонении инвестиционного проекта осуществляется, исходя из значения рассчитанного чистого текущего эффекта относительно нуля. Если чистая текущая стоимость больше или равна нулю (положительная), проект может приниматься к осуществлению, меньше нуля (отрицательная) – его, как правило, отклоняют [6].

Общая накопленная величина дисконтированных денежных доходов и чистый приведенный эффект (NPV) соответственно рассчитываются по формуле 1:

$$NPV = \frac{\sum_{t=1}^n (D_t \cdot (1-T) + A_t)}{(1+r)^t}, \quad (1)$$

где D_t – валовая прибыль за соответствующий период t ;

A_t – амортизационные отчисления за соответствующий период t ;

T – налоги, доли;

n – срок реализации инвестиционного проекта, лет;

r – норма дисконтирования.

Очевидно, что если: $NPV > 0$, то проект следует принять $NPV < 0$, то проект следует отвергнуть; $NPV = 0$, то проект ни прибыльный, ни убыточный.

Показатель рентабельности инвестиций (PI), принятый для оценки эффективности инвестиций, представляет собой отношение приведенных доходов к приведенным на ту же дату инвестиционным расходам. Он позволяет определить, в какой мере возрастают средства инвестора в расчете на 1 ед. инвестиций.

Индекс рентабельности (индекс доходности) инвестиций рассчитывается по формуле 2:

$$PI = \frac{NPV}{\sum_{t=1}^n \frac{I_t}{(1+r)^t}}, \quad (2)$$

где I_t – инвестиции за соответствующий период t .

Очевидно, что если: $PI > 1$, то проект следует принять; $PI < 1$, то проект следует отвергнуть; $PI = 1$, то проект ни прибыльный, ни убыточный.

Расчет показателя простого срока окупаемости (PP) состоит в определении необходимого для возмещения инвестиционного периода времени, за который ожидается возврат вложенных средств за счет доходов, полученных от реализации инвестиционного проекта. Более точно под сроком окупаемости понимается продолжительность периода времени, в течение которого сумма чистых доходов, дисконтированных на момент завершения проекта, равна сумме инвестиций.

Метод окупаемости отражает период ожидания инвестором, пока его вложения полностью не окупятся. Он дает представление, в течение какого периода времени инвестор будет рисковать своим капиталом. И это важно, поскольку предсказать более или менее точно будущие результаты невозможно. Здесь неопределенность тем больше, чем длительнее период отдачи от вложенного капитала, а относительно небольшой срок окупаемости означает более низкую степень риска и быструю отдачу [6].

Показатель срока окупаемости инвестиций очень прост в расчетах, которые проводятся по формуле 3:

$$PP = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{I_t}{(1+r)^t}}{NPV}. \quad (3)$$

При оценке инвестиционного проекта помимо количественного проводился качественный анализ. В связи с тем, что проект имеет всю необходимую исходно-разрешительную документацию, качественный анализ рисков проекта был сведен к выявлению наиболее значимых факторов, которые могут оказать влияние на осуществление проекта. К таковым факторам были отнесены: перспективность развития, социально-экономический эффект.

Рассмотрим многокритериальный экспертный анализ на основе нечеткой логики.

Пусть имеется $P = \{p_1, p_2, \dots, p_h\}$ – множество инвестиционных проектов, которые подлежат многокритериальному анализу ($i = \overline{1, h}$); $K = \{k_1, k_2, \dots, k_m\}$ – множество количественных критериев оценки инвестиционных вариантов ($j = \overline{1, m}$). Задача многокритериального анализа состоит в упорядочении элементов множества P по критериям из множества K . Соответствующее нечеткое множество будет P иметь название «Оптимальное решение».

Пусть $\mu_{K_j}(p_h)$ – функция принадлежности, значения которой находится в диапазоне $[0, 1]$, которая характеризует уровень оценки варианта $p_h \in P$ по критерию $k_j \in K$: чем большее число $\mu_{K_j}(p_h)$, тем выше оценка варианта p_h по критерию k_j . Тогда критерий k_j можно представить в виде нечеткого множества $\overline{k_j}$ на универсальном множестве P (формула 5):

$$\overline{k_j} = \left(\frac{\mu_j(p_1)}{p_1}, \frac{\mu_j(p_2)}{p_2}, \dots, \frac{\mu_j(p_h)}{p_h} \right), \quad (5)$$

где $\mu_j(p_1)$ – степень принадлежности элемента p_1 нечеткому множеству $\overline{k_j}$

Наилучшим вариантом инвестирования считается тот, который является наилучшим по всем критериям. Нечеткое решение $\overline{R_l}$ для каждого эксперта в отдельности находится по формуле 6 пересечением нечетких множеств $\overline{k_j}$, сформированных на основе суждений каждого эксперта (количество экспертов ($l = \overline{1..z}$)):

$$\overline{R_l} = \overline{k_1} \cap \overline{k_2} \cap \dots \cap \overline{k_m} = \left\{ \frac{\min_{j=1, m} \mu_{K_j}(p_1)}{p_1}, \frac{\min_{j=1, m} \mu_{K_j}(p_2)}{p_2}, \dots, \frac{\min_{j=1, m} \mu_{K_j}(p_h)}{p_h} \right\}. \quad (6)$$

В соответствии с полученным нечетким множеством R_l , наилучшим следует считать тот вариант, для которого степень принадлежности наибольшая.

Коэффициенты относительной важности критериев определяются аналогично: на основе матриц парных сравнений по шкале Саати для каждого эксперта. Вводится дополнительно нечеткое множество «Наиболее приоритетный показатель оценки» при условии, что существует определенное множество экспертов $S = \{S_1, \dots, S_z\}$, где $l = \overline{1..z}$, где z – количество экспертов (формула 7):

$$\overline{S}_l = \left(\frac{\mu_l(k_1)}{k_1}, \frac{\mu_l(k_2)}{k_2}, \dots, \frac{\mu_l(k_m)}{k_m} \right), \quad (7)$$

где $\mu_l(k_j)$ – степень принадлежности элемента k_j нечеткому множеству \overline{S}_l .

Решение находится по формуле 8 пересечением соответствующих элементов по каждому эксперту:

$$\overline{S}_1 \cap \overline{S}_2 \cap \dots \cap \overline{S}_z = \left\{ \frac{\min_{j=1,z} \mu_{S_1}(k_1)}{k_1}, \frac{\min_{j=1,z} \mu_{S_1}(k_2)}{k_2}, \dots, \frac{\min_{j=1,z} \mu_{S_1}(k_m)}{k_m} \right\}. \quad (8)$$

Так, ранги коэффициентов находятся по формуле 9:

$$\alpha_j = \frac{\min_{j=1,z} \mu_{S_l}(k_j)}{\sum_{j=1,z}^m \min_{j=1,z} \mu_{S_l}(k_j)}, \quad (9)$$

где $\sum_{j=1}^m \alpha_j = 1$.

Пересечением полученных нечетких решений каждого отдельного эксперта определяется уровень важности каждого критерия. Показатель степени α_j свидетельствует о концентрации нечеткого множества \overline{k}_j в соответствии с мерой важности критерия k_j . Конечный результат получается пересечением: $\overline{P}_{opt} = \overline{R}_1 \cap \overline{R}_2 \cap \dots \cap \overline{R}_l$.

Исходной информацией для построения функций принадлежности являются экспертные парные сравнения. Для каждой пары элементов универсального множества эксперт оценивает преимущество одного элемента над другими относительно свойств нечеткого множества. Парные сравнения представляются матрицей (формула 10):

$$A = \begin{matrix} u_1 \\ u_2 \\ \dots \\ u_n \end{matrix} \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix}, \quad (10)$$

где a_{ij} – уровень преимущества элемента u_i над элементом u_j по шкале Саати:

1 – если отсутствует преимущество элемента u_i над элементом u_j ;

3 – если присутствует некоторое преимущество элемента u_i над элементом u_j ;

5 – если присутствует преимущество элемента u_i над элементом u_j ;

7 – если присутствует явное преимущество элемента u_i над элементом u_j ;

9 – если присутствует абсолютное преимущество элемента u_i над элементом u_j ;

2, 4, 6, 8 – промежуточные сравнительные оценки.

Матрица попарных сравнений диагональная, транзитивна и обратно симметрична.

Если известно $(n - 1)$ недиагональных элементов, то неизвестные элементы определяются по формуле 11:

$$a_{ij} = \frac{a_{gj}}{a_{ig}}, \quad i, j, g = \overline{1, n}. \tag{11}$$

Визуальное представление о применении рассмотренных методов оценки инвестиционных проектов в контексте структурной организации разрабатываемой системы поддержки принятия решений дает диаграмма кооперации (рис. 1). Главная особенность диаграммы кооперации заключается в возможности графически представить не только последовательность работы с методами оценки инвестиционных проектов, но и все структурные отношения между объектами, участвующими в этом взаимодействии.

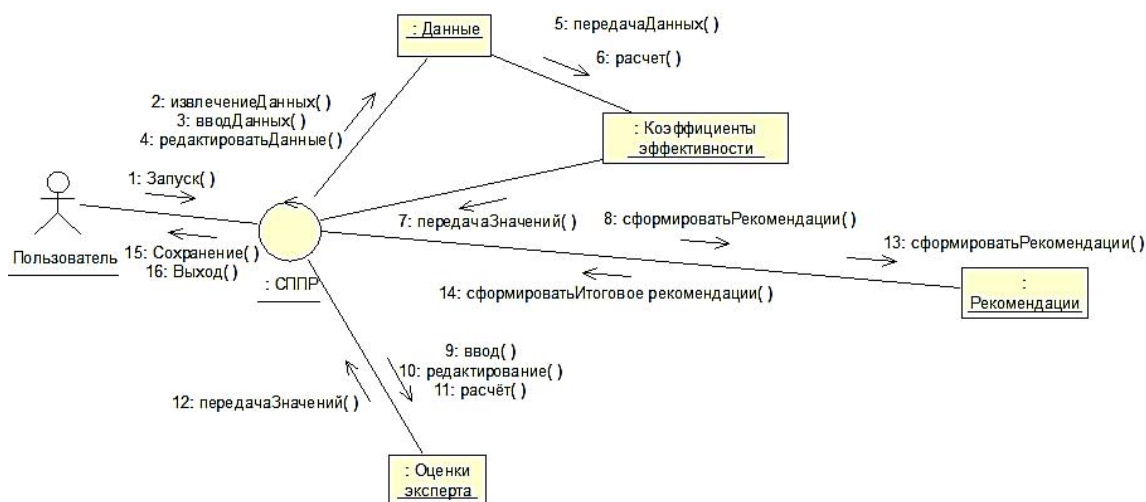


Рис. 1. Диаграмма коопераций

Расчеты по классическому методу представлены на рис. 2.

Автомобильно-транспортная служба				Гостиничный комплекс		
Год	Валовая прибыль	Амортизация	Инвестиции	Валовая прибыль	Амортизация	Инвестиции
2012	900000	40893.47	1500000	3150000	29493.27	1890000
2013	910000	45456319	23500	3250200	25719.03	150500
2014	925000	53820.17	22000	3689000	43571.98	295000
2015	950000	62120.89	15000	3900000	53129.31	315000

Механосборочный цех				Производство		
Год	Валовая прибыль	Амортизация	Инвестиции	Валовая прибыль	Амортизация	Инвестиции
2012	1350000	42941.76	2000000	1440000	40893.47	6000000
2013	1420000	45456319	12500	1600000	43879.52	170000
2014	1624000	54130.88	20000	1800000	53820.17	150000
2015	1780000	82160.62	20050	2000000	62120.89	110000

Кoeffициенты эффективности				
	АТС	ГК	Мех.цех	Производство
NPV	1765295.48	398000.77	1835940.25	139208.62
PP	2.5893	1.7130	2.6929	3.4224
PI	0.3862	0.5838	0.3714	0.2922

Налог T = 0.23
 Норма дисконтирования r = 0.23

Рис. 2. Оценка инвестиционных проектов на основе классических методов

Исходя из рис. 2, видно, что все проекты являются экономически целесообразными. На рис. 3 представлен метод многокритериальной экспертной оценки.

	X1 ("АТС")	X2 ("ГК")	X3 ("Мех.цех")	X4 ("Производство")
S1	0,595813505521558	0,841029676542502	0,472363709527242	0,331854027617253
S2	0,62984521396506	0,604118361597415	0,566646983736107	0,579315002446432
S3	0,555341047284462	0,530139826407136	0,535183807985756	0,514321558908419
D	0,555341047284462	0,530139826407136	0,472363709527242	0,331854027617253

Information
 С точки зрения метода нечеткого анализа наиболее приоритетным является инвестиционный проект "АТС".
 ОК

Рис. 3. Результаты оценки инвестиционного проекта на основе нечеткой логики

Данный механизм экспертных процедур позволяет учитывать фактор неопределенности (неоднозначности и субъективности) при выборе оптимального решения на основе количественного оценивания возможных альтернатив.

ВЫВОДЫ

Таким образом, в результате использования рассмотренных моделей в системе поддержки принятия решений ЛПР получит информацию на основании нескольких методов и может всесторонне рассмотреть приоритеты каждого из инвестиционных проектов. Разработанная СППР позволит сократить время на анализ инвестиционных проектов и принятие управленческого решения, что в будущем будет способствовать повышению конкурентоспособности и прибыльности предприятия ООО «Тяжпромкомплекс», чьи филиалы были рассмотрены как инвестиционные проекты.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белякова М. Ю. Методы оценки и критерии эффективности инвестиционного проекта : справочник экономиста № 3 / М. Ю. Белякова. – Москва, 2006. – 132 с.
2. Белякова М. Ю. Формирование инвестиционных ресурсов предприятия : справочник экономиста № 2 / М. Ю. Белякова. – Москва, 2006. – 127 с.
3. Белякова М. Ю. Система управления риском на этапе инвестиционного процесса : справочник экономиста № 1 / М. Ю. Белякова. – Москва, 2006. – 106 с.
4. Василенков С. А. Критерии принятия инвестиционных решений: инвестиционный банкинг / С. А. Василенков. – Питер, 2007. – 50 с.
5. Виленский П. Л. Оценка эффективности инвестиционных проектов: теория и практика : учебное пособие / П. Л. Виленский, В. Н. Ливищ, С. А. Смоляк. – М. : Дело, 2002. – 888 с.
6. Ерков А. П. Стадии инвестиционного процесса : финансовая газета / А. П. Ерков. – Киев, 2005. – 20 с.
7. Иванов В. А. Экономика инвестиционных проектов : учебное пособие / В. А. Иванов, А. М. Дыбов. – Ижевск : Институт экономики и управления УдГУ, 2000. – 534 с.
8. Кендалл С. UML. Основные концепции : учебник / С. Кендалл. – М. : Издательский дом «Вильямс», 2002. – 144 с.
9. Ротштейн А. П. Нечеткий многокритериальный анализ вариантов с применением парных сравнений: Известия академии наук, теория и системы управления № 3 / А. П. Ротштейн, С. Д. Штовба. – Винница, 2001. – С. 150–154.