

Оценка эффективности и рисков инвестиционных проектов: интегральный подход

М.А. Штефан

кандидат экономических наук
доцент, заведующая кафедрой бухгалтерского учета, анализа и аудита
Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»
Адрес: 603155, г. Нижний Новгород, ул. Большая Печерская, д. 25/20
E-mail: shtefanmaria@yandex.ru

Ю.М. Елизарова

студентка магистратуры образовательной программы «Экономика»
Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»
Адрес: 603155, г. Нижний Новгород, ул. Большая Печерская, д. 25/20
E-mail: elizarova-julia7@yandex.ru

Аннотация

В ходе оценки и выбора инвестиционных проектов современные компании сталкиваются с проблемой расстановки приоритетов между их доходностью и рискованностью. Выбор проекта только на основании доходности существенно повышает риски финансово-хозяйственной деятельности, увеличивает неопределенность в получении запланированного финансового результата, в то время как ориентация на сокращение рисков инвестиционных проектов не позволяет достичь желаемого уровня рентабельности. Данный факт повышает актуальность разработки многокритериальных интегральных показателей.

В настоящей статье представлены результаты авторской разработки интегрального показателя оценки эффективности и рисков инвестиционных проектов. Интегральный показатель имеет матричную форму. Для его составления используется три группы критериев: количественные критерии эффективности, качественные критерии эффективности и критерии оценки рисков. Количественные и качественные критерии эффективности предлагается подразделить на показатели, характеризующие, во-первых, коммерческую (экономическую) эффективность проектов, во-вторых – их бюджетную эффективность, в-третьих – общественную эффективность. В перечень критериев, характеризующих риски проектов, предлагается включить макроэкономические показатели и показатели отраслевой принадлежности проекта, демонстрирующие всестороннюю оценку внешней экономической ситуации, сложившейся на данном рынке.

При оценке эффективности и рисков конкретных инвестиционных проектов разработанный авторами интегральный показатель преобразуется из матричной формы в количественный индикатор, удобный для интерпретации. С этой целью предлагается использовать метод главных компонент и эвристические методы, в том числе метод ранжирования и метод анализа иерархий.

Результаты исследования могут быть использованы компаниями при выборе инвестиционных проектов.

Ключевые слова: инвестиционный проект; автоматизация управленческих решений; интегральный показатель; оценка эффективности; оценка рисков; метод главных компонент.

Цитирование: Штефан М.А., Елизарова Ю.М. Оценка эффективности и рисков инвестиционных проектов: интегральный подход // Бизнес-информатика. 2018. № 4 (46). С. 54–65.
DOI: 10.17323/1998-0663.2018.4.54.65

Введение

Проблема выбора оптимального инвестиционного проекта из совокупности альтернатив становится все более актуальной для современных компаний. Принятие решения на основании величины доходности проекта с ориентиром на ее повышение повышает риски финансово-хозяйственной деятельности и увеличивает неопределенность в получении запланированного финансового результата. Выбор менее рискованного проекта, в свою очередь, не так оправдан с точки зрения его доходности: подобное решение может отрицательно повлиять не только на рентабельность компании, но и на эффективность ее работы в целом. Значимыми становятся задачи многокритериальной оценки эффективности инвестиционных проектов, а также интегральной оценки эффективности и рисков проектов.

В настоящей статье на основе анализа предложенных в специальной литературе критериев эффективности инвестиционных проектов, а также методов оценки рисков проектов предложен интегральный показатель, включающий в себя три группы критериев оценки эффективности и рисков. Также разработана методика преобразования интегрального показателя в итоговый индикатор с помощью применения эвристических и математических методов. Результаты статьи могут быть использованы при выборе оптимального инвестиционного проекта из совокупности альтернатив.

1. Обзор предлагаемых в специальной литературе критериев и методов оценки инвестиционных проектов

В настоящее время тема сочетания критериев эффективности и риска с целью комплексной интегральной оценки инвестиционных проектов практически не представлена в специальной литературе. Существует значительное количество статей, рассматривающих проблемы выбора и расчета критериев эффективности инвестиционных проектов, однако вопросы рисков проектов в данных источниках не раскрываются. В частности, общий подход к оценке эффективности и обоснование ее необходимости предложен в статьях [1; 2], основные критерии эффективности инвестиционных проектов рассматриваются в учебных пособиях [3; 4], особенности их использования, преимущества и недостатки представлены в статье [5], а многокритериальные при-

емы оценки эффективности – в статье [6]. Важно, что исследователи делают акцент на использовании количественных критериев оценки эффективности проектов, в то время как анализ качественных характеристик проекта (потребности в государственной поддержке, необходимости разработки и внедрения дополнительных инноваций и нововведений, потребности в привлечении дополнительных кадров и других) в специальной литературе практически отсутствует. Однако именно качественные характеристики проектов зачастую играют решающую роль в принятии решения о возможности (или невозможности) инвестирования. Также в большинстве своем перечень количественных критериев эффективности в проанализированных источниках ограничивается показателями коммерческой (экономической) эффективности проекта, в то время как вопросы бюджетной и общественной эффективности, столь необходимые для всесторонней оценки инвестиционных проектов, в литературе практически не рассматриваются.

В статье [7] предлагается создать унифицированный интегральный показатель оценки эффективности инвестиционных проектов, в расчет которого, по мнению автора, необходимо включить количественные критерии коммерческой эффективности инвестиционных проектов, оказывающие влияние на финансово-хозяйственную деятельность организации: фондоотдачу, коэффициент прироста прибыли, коэффициент общей ликвидности, коэффициент финансовой устойчивости и т.д. Модель интегрального показателя основывается на подборе и комплексном сочетании различных видов критериев, с последующим сведением результатов анализа в единый показатель на основании весов каждого из используемых критериев.

Более сложный механизм интегральной оценки эффективности проектов приведен в статье [8]. Суть данного механизма сводится к скаляризации показателей, учитывающих основные характеристики инвестиционного проекта: суммарного дисконтированного денежного потока, срока окупаемости и ресурсных затрат на реализацию. Проблемой данного метода, на наш взгляд, является использование ограниченного круга критериев эффективности инвестиционных проектов, что не позволяет произвести комплексную оценку и сделать корректные выводы.

В статье [9] изложен теоретико-вероятностный методологический подход к оценке эффективности инвестиционного проекта на основе сценарного анализа. Рассматриваемый подход основывается

на использовании показателей, базой для расчета которых служат денежные потоки от различных видов деятельности компании, что, в свою очередь, исключает возможность учета ряда необходимых качественных показателей.

С целью ранжирования критериев эффективности с точки зрения их значимости для принятия решения современные авторы часто предлагают использовать различные алгоритмы экспертного ранжирования: метод анализа иерархий [4; 10], простой метод ранжирования [11], алгоритм Штейнгауза [12], алгоритм Штейнгауза–Форда–Джонсона [12], турнирный алгоритм [12].

В части рисков инвестиционных проектов специальная литература ориентирована на изучение специальных методов их оценки без изучения самих критериев оценки рисков. Один из наиболее часто встречающихся методов оценки рисков – использование модели Хиллера, связывающей риск проекта с дисперсиями денежных потоков [13]. В статьях [14–16] рассматриваются такие распространенные приемы, как метод экспертных оценок, статистический метод, метод проверки устойчивости, «сценарный» анализ, метод дерева решений и имитационное моделирование методом Монте-Карло. В статье [17] рассматривается вопрос анализа чувствительности для оценки риска в условиях неопределенности. В статье [18] рассматривает алгоритм выявления различных видов рисков и корректировки ключевого показателя оценки эффективности инвестиционных проектов NPV (net present value) с использованием выявленных групп. Проблема данного подхода заключается в наличии алгоритма рискованной корректировки лишь для одного показателя, исходя из результатов которого нецелесообразно принимать решение по проекту.

Таким образом, анализ специальной литературы показывает, что вопросы интегральной оценки эффективности и рисков инвестиционных проектов в ней практически не представлены. Один из немногих вариантов включения значения риска в оценку эффективности инвестиционных проектов представлен в статье [16]. Автором рассматриваются различные методы оценки риска инвестиционных проектов, даются варианты устранения недостатков их применения. Однако рассмотренный в статье ряд методов не может применяться в качестве критериев для интегральной оценки инвестиционных рисков, что еще раз подчеркивает актуальность настоящей статьи.

2. Формирование и расчет интегрального показателя оценки эффективности и рисков инвестиционного проекта

Разработка унифицированного интегрального показателя оценки эффективности и рисков инвестиционного проекта начинается с выбора необходимых критериев. Важно включить в показатель не только количественные, но и качественные критерии оценки, что позволит оценивать инвестиционные проекты с разных сторон.

Расчет интегрального показателя выполняется на основании значений трех векторов частных критериев. Размерность каждого из векторов равна n_1 , n_2 и n_3 соответственно:

$$\begin{aligned} \mathbf{p} &= [p_1, p_2, \dots, p_{n_1}]; \\ \mathbf{q} &= [q_1, q_2, \dots, q_{n_2}]; \\ \mathbf{r} &= [r_1, r_2, \dots, r_{n_3}]. \end{aligned}$$

Элементы векторов \mathbf{p} , \mathbf{q} и \mathbf{r} представляют из себя следующие группы критериев:

\mathbf{p} – количественные критерии оценки эффективности;
 \mathbf{q} – качественные критерии оценки эффективности;
 \mathbf{r} – критерии оценки риска.

В состав количественных и качественных критериев эффективности инвестиционных проектов (элементов векторов \mathbf{p} и \mathbf{q}) входят критерии, характеризующие коммерческую (экономическую), бюджетную и общественную эффективность (таблица 1).

Перечень элементов третьей группы, характеризующей риски инвестиционного проекта (\mathbf{r}), определяется для каждого проекта индивидуально. В их состав могут войти макроэкономические показатели, а также показатели отраслевой принадлежности проекта, характеризующие всестороннюю оценку внешней экономической ситуации, сложившейся на данном рынке.

Для принятия решения о выборе наиболее предпочтительного инвестиционного проекта из совокупности альтернатив необходимо сравнение более значимых элементов векторов \mathbf{p} , \mathbf{q} и \mathbf{r} с менее значимыми элементами тех же векторов. Для возможности подобного сравнения необходимо обеспечить одинаковую размерность всех трех векторов: $n_1 = n_2 = n_3 = n$.

Нормативные (рекомендуемые) значения количественных показателей в таблице 1 определены на основании общепринятых инвестиционных под-

Таблица 1.

**Группы и критерии оценки
эффективности инвестиционных проектов**

Группа критериев	Критерии эффективности	Вид критерия	Методика расчета критерия, сущность	Рекомендуемое (нормативное) значение
Коммерческая (экономическая)	Срок окупаемости	Количественный	Определение срока, в течение которого инвестиции покрываются чистыми денежными поступлениями от проекта	< Планируемого срока реализации проекта
	Средняя доходность	Количественный	Расчет по прогнозируемым величинам усредненного значения доходности вложенных средств	>0
	Индекс рентабельности	Количественный	Сопоставление текущей оценки будущих чистых денежных потоков и текущих инвестиций	>1
	Чистая приведенная стоимость (net present value, NPV)	Количественный	Сравнение инвестиций с текущей оценкой всех будущих чистых денежных потоков по годам реализации проекта	>0
	Внутренняя норма рентабельности (internal rate of return, IRR)	Количественный	Расчет ставки дисконтирования, при которой чистая приведенная стоимость (NPV) становится равной нулю	> WACC (weighted average cost of capital – средневзвешенная стоимость капитала)
	Коэффициент эффективности инвестиций (accounting rate of return, ARR)	Количественный	Сравнение среднегодовой прибыли и средней величины инвестиций	> WACC
	Модифицированная внутренняя доходность (MIRR)	Количественный	Нахождение ставки дисконтирования, при которой уравнивается будущая оценка поступлений и текущая оценка затрат по проекту	> WACC
	Дисконтированный срок окупаемости (discounted payback period, DPP)	Количественный	Расчет дисконтированного срока окупаемости инвестиций, который основывается на показателе срока окупаемости инвестиций, учитывающего временной аспект	< Планируемого срока реализации проекта
	Сложность и затратность проекта	Качественный	Степень необходимости привлечения дополнительных материальных ресурсов для реализации проекта	≥2
	Необходимость технологических нововведений	Качественный	Степень необходимости нововведений на каждом из этапов реализации проекта	≥2
	Наличие покупателей продукции	Качественный	Информация о наличии потенциальных покупателей	≥2
	Необходимость строительства дополнительных объектов инфраструктуры	Качественный	Степень необходимости строительства дополнительных объектов инфраструктуры	3
Конкурентоспособность компании	Качественный	Степень конкурентоспособности компании	≥2	
Бюджетная	Доля экспортных пошлин (налогов) в себестоимости продукции	Количественный	Доля денежных средств, потраченных на экспортные пошлины (или любые другие виды налогов)	<7% ¹
	Степень государственной поддержки	Качественный	Предоставление налоговых льгот для реализации проекта	≥2
Общественная	Доля затрат на инновации (индекс промышленного производства)	Количественный	Затраты на инновационные общественно значимые нововведения, сопровождающие проект	<10% ¹
	Количество значимых социальных программ	Количественный	Общественно значимые социальные программы, внедряемые с целью реализации проекта	>1
	Необходимость привлечения нового персонала	Качественный	Степень необходимости привлечения работников, которые ранее не были заняты в компании	3

¹ Рекомендуемое значение показателя может быть изменено на основе профессионального суждения лиц, принимающих инвестиционные решения (в зависимости от ситуации внутри компании)

ходов, представленных в специальной научной и практической литературе [3]. Значения качественных показателей определены на основе экспертной оценки с использованием трехуровневой градации: значение 3 (наибольшее) является наилучшим, значение 1 (наименьшее) – наихудшим.

Важно отметить, что не все представленные в таблице критерии оценки эффективности являются универсальными: часть из них имеет отраслевую специфику, часть может быть неприемлема при оценке небольших проектов, реализуемых компаниями среднего и малого бизнеса, не оказывающими глобального влияния на экономику города или региона. В связи с этим нами разработаны рекомендации по выбору критериев оценки инвестиционных проектов и их рисков с целью формирования векторов критериев **р**, **q** и **г**.

2.1. Формирование вектора количественных критериев (р)

Выбор количественных критериев эффективности зависит от качественных характеристик самого про-

екта (масштаб, срочность, степень риска и т.д.). Количество критериев, из которых формируется вектор **р**, определяется в соответствии с рекомендациями, представленными в *таблице 2*, составленной авторами на основании информации об однокритериальных методах оценки, представленных в специальной литературе [3].

В соответствии с данными рекомендациями необходимо учитывать, что размерность n_1 вектора **р** равна суммарному количеству критериев экономической, бюджетной и общественной эффективности.

Критерии экономической эффективности определяются, исходя из рекомендаций, представленных в *таблице 2*, а критерии бюджетной и общественной эффективности включаются в вектор полностью (*таблица 1*).

Ранжирование критериев, являющихся элементами вектора **р**, необходимо для сравнения наиболее важных элементов одного вектора с наиболее важными элементами другого вектора. Такое ранжирование осуществляется при помощи экспертного присвоения весов каждому из рассматриваемых критериев.

Таблица 2.

Рекомендации по выбору элементов вектора количественных критериев (р) для оценки инвестиционных проектов

		Название критерия								
		Срок окупаемости	Средняя доходность	Чистая приведенная стоимость	Индекс рентабельности	Внутренняя норма рентабельности	Коэффициент эффективности инвестиций	Модифицированная внутренняя доходность	Дисконтированный срок окупаемости	
Масштаб инвестиций	Мелкие	+	+	+	+	+	+, если все проекты одной категории	+, если все проекты одной категории	+	
	Традиционные	+	+	+	+	+			+	
	Крупные	-	+	+	+	+			-	
	Мегапроекты	-	+	+	+	+			-	
Сроки	Краткосрочные	-	+	+	+	+	+, если все проекты одной категории	+, если все проекты одной категории	+	
	Среднесрочные	+	+	+	+	+			+	
	Долгосрочные	-	-	+	+	+			+	
Степень риска	Безрисковые	-	+	+	+	+	-	+	+	
	Рисковые	+	+	+	+	+	+	+	+	
Состав	Монопроекты	+	+	+	+	+	+	+	+	
	Мультипроекты	-	+	+	+	-	+	-	-	
	Мегапроекты	-	+	+	+	-	+	-	-	
Степень взаимосвязи	Независимые	+	+	+	+	+	-	+	+	
	Альтернативные	+	-	+	+	-	-	-	+	
	Взаимосвязанные	+	+	+	-	+	+	+	+	

2.2. Формирование вектора качественных критериев (q)

Размерность n_2 вектора **q** определяется, исходя из размерности n_1 вектора **p**, то есть необходимо соблюдать равенство $n_2 = n_1$.

Для выбора подходящего числа элементов вектора **q** также необходимо ранжирование его элементов для выбора наиболее важных. В данном случае ранжирование поможет решить не только проблему определения размерности вектора, но и проблему присвоения элементам весов для их сравнения.

Для ранжирования, на наш взгляд, наилучшим образом подходит использование метода, который заключается в экспертном определении весов качественных критериев и присвоении им количественных значений от 1 до 3, характеризующих соответствие (или несоответствие) значения данного критерия рекомендуемому (таблица 3).

2.3. Формирование вектора критериев оценки рисков (r)

Размерность n_3 вектора **r** определяется по аналогии с размерностью n_2 вектора **q**. Ранжирование элементов также целесообразно производить с использованием экспертной оценки.

Веса элементов вектора **r** (с целью их дальнейшего ранжирования) целесообразно сделать изменяемыми, поскольку, как уже отмечалось выше, риск

в большей степени зависит от макроэкономических показателей, а эти значения могут меняться от одного периода к другому. С этой целью предлагается применять метод главных компонент (МГК), реализуемый в математическом пакете Stata. Для этого необходимо выполнить следующие шаги.

1. Выявить 15–20 видов рисков, присущих анализируемому инвестиционному проекту (например, риски кардинальных изменений макроэкономической ситуации в стране, отраслевые рыночные риски, риски уменьшения спроса на продукцию компании, экологические риски и т.д.).

2. Присвоить выбранным видам рисков измеряемые статистические показатели, следствием изменения которых являются эти риски (например, курсы валют, уровень ВВП, ставка рефинансирования, количество возможных конкурентов на рынке, показатели физического объема выпускаемой продукции и производительных мощностей и т.д.). Источниками информации могут стать данные Росстата, Центрального Банка, а также статистические данные самой компании.

3. Произвести нормирование значений переменных по отношению к отрезку $[0, 10]$, при этом 0 будет соответствовать наименьшей степени риска показателя, а 10 – наибольшей.

4. Определить необходимое количество главных компонент в зависимости от необходимого количества групп рисков с учетом размерности вектора

Таблица 3.

Значения весов элементов вектора качественных критериев (q)

Критерий	Низкое значение (1)	Среднее значение (2)	Высокое значение (3)
Сложность и затратность реализации проекта	Реализация проекта потребует существенных материальных вложений	Реализация проекта потребует не очень больших материальных вложений	Реализация проекта не потребует материальных вложений
Необходимость технологических нововведений	Требуются технологические нововведения на каждом этапе реализации проекта	Требуются нововведения только на первоначальном этапе реализации проекта	Нововведения не требуются
Наличие покупателей продукции	Неясно, кто будет покупателем продукции	Есть небольшое количество потенциальных покупателей	Большое количество потенциальных покупателей
Необходимость дополнительных вложений в инфраструктуру	Необходимо большое количество дополнительных вложений в инфраструктуру	Необходимо небольшое количество дополнительных вложений в инфраструктуру	Необходимая инфраструктура уже существует
Уровень конкуренции на рынке	Компания практически неконкурентоспособна	На рынке небольшая конкуренция	Компания является лидером рынка
Необходимость привлечения нового персонала	Нужно дополнительно привлечь значительную часть необходимого персонала	Нужно дополнительно привлечь небольшую часть необходимого персонала	Весь необходимый персонал уже есть в штате
Государственная поддержка	Отсутствует	Могут предоставляться налоговые льготы	Могут предоставляться налоговые льготы, государственные гарантии и скидки на закупки сырья и материалов

критериев \mathbf{p} , определяемой числом количественных критериев эффективности.

5. Построить матрицу корреляций между выделенными главными компонентами и переменными, выбранными на шаге 2. При этом для интерпретации результатов следует использовать только те переменные, корреляция которых с полученными компонентами достаточно велика, т.е. находится в диапазонах $(-\infty; -0,3]$ и $[0,3; +\infty)$.

Следует отметить, что для качественной содержательной интерпретации полученных результатов важно не просто добиться наличия корреляции компонентов с определенным набором переменных, но и получить отдельные кластеры переменных, практически не пересекающихся между собой. Для этого строятся матрицы вращения нагрузок компонент, основными методами вращения являются Varimax, Quartimax, Equimax, Direct oblmin, Promax [19].

6. Убедиться в оправданном использовании МГК относительно использованного набора данных при помощи критерия выборочной адекватности Кайзера–Мейера–Олкина (КМО). Значение КМО-статистики большее 0,5 говорит об оправданном использовании метода.

7. Интерпретировать результаты по каждому виду рисков, присущих анализируемому инвестиционному проекту. Для этого нужно обратиться к составленной матрице корреляций с применением одного из вышеперечисленных методов вращения. Содержательная интерпретация проводится по принципу смыслового объединения соответствующих переменных по каждой компоненте.

8. Произвести расчет значений модифицированных главных компонент, которые являются линейными комбинациями нормированных значений каждого из показателей на данный момент времени с квадратами весов корреляционной матрицы [20].

9. Определить веса каждой из групп рисков.

После выявления групп рисков, которые могут оказывать влияние на анализируемые инвестиционные проекты, определяются их рекомендуемые значения. Это делается на основе предварительного экспертного заключения, с учетом индивидуальных особенностей проекта.

Таким образом, с использованием эконометрических и эвристических методов формируются три вектора критериев (\mathbf{p} , \mathbf{q} и \mathbf{r}) одинаковой размерности $n_1 = n_2 = n_3 = n$.

2.4. Формирование интегрального показателя оценки инвестиционных проектов

Для формирования интегрального показателя введем новый вектор \mathbf{f} , который является интегральным по отношению к трем рассмотренным выше группам критериев (\mathbf{p} , \mathbf{q} и \mathbf{r}):

$$\mathbf{f} = [f_1, f_2, \dots, f_n].$$

Для формирования вектора \mathbf{f} переведем значения всех критериев оценки инвестиционных проектов и их рисков в бинарную форму:

- ◆ бинарное значение «0» присваивается критерию, величина которого ниже нормативного значения;
- ◆ бинарное значение «1» присваивается критерию, если его величина соответствует рекомендованному значению.

Нормативные значения каждого из элементов векторов \mathbf{p} и \mathbf{q} были рассмотрены выше, для вектора \mathbf{r} нормативные значения формируются в соответствии с отраслевой принадлежностью компании. Значения качественных показателей формируются компанией с использованием экспертных оценок.

Далее осуществляется перевод соответствующих троек показателей (по одному из трех групп критериев) в соответствующие значения вектора \mathbf{f} :

$$p_i, q_i, r_i \rightarrow f_i,$$

где p_i, q_i, r_i – i -е бинарные значения векторов \mathbf{p} , \mathbf{q} и \mathbf{r} соответственно ($i = 1, 2, \dots, n$).

Преобразование каждой из троек бинарных значений векторов \mathbf{p} , \mathbf{q} и \mathbf{r} в бинарные значения соответствующих элементов вектора \mathbf{f} осуществляется по следующему алгоритму.

Элементы каждого из векторов \mathbf{p} , \mathbf{q} и \mathbf{r} упорядочиваются по убыванию их значимости. После этого каждый из векторов разбивается на две равные части: в первую часть включаются более значимые критерии (с номерами от 1 до m , где $m = n / 2$), а во вторую – менее значимые (с номерами от $m+1$ до n). Если общее число критериев n является нечетным, то приоритет по количеству критериев отдается первой группе (число m округляется до целого в большую сторону).

Разбиение каждого из векторов \mathbf{p} , \mathbf{q} и \mathbf{r} на две части осуществляется для обеспечения возможности расчета результирующего значения интегрального показателя как арифметической суммы бинарных значений элементов вектора \mathbf{f} . При этом для более

значимых критериев (с номерами от 1 до m) применяется более жесткое правило получения «положительного» (равного единице) бинарного значения элемента вектора \mathbf{f} : элемент f_i получает бинарное значение «1», если хотя бы два элемента соответствующей тройки (p_i, q_i, r_i) имеют единичные бинарные значения (в противном случае элементу f_i присваивается бинарное значение «0»). В то же время для менее значимых критериев (с номерами от $m+1$ до n) получение элементами вектора \mathbf{f} бинарных значений «1» возможно при наличии как минимум одного значения «1» для элемента соответствующей тройки (p_i, q_i, r_i) .

В итоге вычисляется значение интегрального показателя T , равное арифметической сумме бинарных значений всех элементов вектора \mathbf{f} :

$$T = \sum_{i=1}^n f_i,$$

где f_i – бинарное значение i -го элемента вектора \mathbf{f} .

Для интерпретации значения интегрального показателя инвестиционного проекта используется простое правило: если $T > n/2$ (т.е. если большинство бинарных значений f_i равно единице), то инвестиционный проект рекомендуется к реализации, в противном случае (если $T \leq n/2$) проект отклоняется.

3. Апробация интегрального показателя оценки инвестиционных проектов

Апробация расчета предложенного интегрального показателя проведена на основе данных инвестиционного проекта нефтегазовой отрасли. Допустим, некоторая нефтяная компания рассматривает проект по закупке, внедрению и использованию безбалансирного станка-качалки для нефтедобычи. Срок реализации проекта составляет 15 лет.

Начнем с формирования вектора количественных критериев оценки эффективности проекта \mathbf{p} . Проект имеет следующий набор качественных характеристик: он является традиционным, долгосрочным, рисковым, альтернативным монопроектом. В соответствии с таблицей 2 для оценки экономической эффективности проекта могут быть использованы критерии чистой приведенной стоимости (NPV), индекса рентабельности и дисконтированного срока окупаемости (DPP). Дополнительно предлагается использовать критерии бюджетной и общественной эффективности – долю налога на добычу полезных ископаемых (НДПИ) в выручке, количество значимых социальных программ и долю затрат на инно-

вации. Важно отметить, что использование критерия «доля налога на добычу полезных ископаемых (НДПИ) в выручке» связано с отраслевой спецификой рассматриваемого инвестиционного проекта.

Количественные критерии эффективности проанжированы при помощи экспертной оценки в порядке убывания: NPV, количество значимых социальных программ, DPP, доля затрат на инновации, индекс рентабельности, доля налога на добычу полезных ископаемых (НДПИ) в выручке. В результате размерность вектора \mathbf{p} оказалась равной шести.

Качественные критерии эффективности также были проанжированы в следующем порядке: сложность и затратность реализации проекта, необходимость технологических нововведений, уровень конкуренции на рынке, наличие покупателей продукции, государственная поддержка, необходимость привлечения нового персонала.

Фактические значения выбранных количественных и качественных критериев эффективности представлены в таблице 4.

Таблица 4.

Выявление значимых компонент

Компоненты	Значимость компоненты	Накопленное значение
Компонента 1	0,4733	0,4733
Компонента 2	0,1875	0,6608
Компонента 3	0,1207	0,7815
Компонента 4	0,0764	0,8580
Компонента 5	0,0688	0,9267
Компонента 6	0,0429	0,9696
Компонента 7	0,0172	0,9869
Компонента 8	0,0093	0,9961
Компонента 9	0,0039	1,0000

Для выявления и ранжирования критериев оценки рисков будем использовать метод главных компонент. На основе теоретического качественного анализа было выделено 16 видов рисков, которым подвергаются инвестиционные проекты нефтегазовой отрасли, им также были присвоены измеряемые статистические показатели, следствием изменения которых эти риски являются. На основе вычисления дисперсии каждого из показателей выяснилось, что наибольшую изменчивость с 2005 по 2016 годы показывают курс доллара по отношению к рублю (*doll*), индекс цен производителей промышленной продук-

ции (*ipp*), цена на нефть (*price*), ставка рефинансирования (*r*), ВВП (*gdp*), объем экспорта нефтепродуктов (*exp*), объем добычи нефти (*extr*), количество действующих организаций отрасли (*q*), выбросы в атмосферу загрязняющих веществ (*pollution*). Значение этих переменных были нормированы в отрезок [0, 10], где 0 соответствует наименьшей степени риска показателя, а 10 – наибольшей. Для следующего шага выделяем шесть компонент, которые составляют более 96% выборки.

Далее определяется матрица корреляций между выделенными основными компонентами и всеми переменными. Для интерпретации результатов используются только те переменные, корреляция которых с полученными компонентами достаточно велика: больше 0,3 или меньше -0,3. По результатам применения нескольких методов вращения (Varimax, Quartimax, Equimax, Direct Oblimin, Promax), наилучшие для интерпретации результаты были получены при помощи метода Promax (таблица 5).

Таблица 5.

Матрица вращения компонент методом Promax

Переменные	Компонента 1	Компонента 2	Компонента 3	Компонента 4	Компонента 5	Компонента 6
<i>doll</i>		0,859				
<i>ipp</i>				0,984		
<i>price</i>	0,716	-0,422				
<i>gdp</i>	0,476					
<i>r</i>	-0,451					
<i>exp</i>			0,968			
<i>extr</i>						0,994
<i>q</i>						
<i>pollution</i>					0,991	

При проверке критерия выборочной адекватности Кайзера–Мейера–Олкина (КМО) получилось, что значение КМО-статистики превышает 0,5, что свидетельствует об оправданном применении метода главных компонент.

В таблице 6 приведена интерпретация каждой из групп рисков и их рекомендуемые значения.

Уравнения для весов для ранжирования групп рисков выглядят следующим образом (расчеты производились с учетом значений параметров на 4 квартал 2017 года):

Таблица 6.

Рекомендуемые значения выделенных критериев оценки рисков

Компоненты	Наименование (интерпретация)	Рекомендуемое (нормативное) значение
Компонента 1	Риски, связанные с изменением общей экономической ситуации в стране	Практически отсутствует в связи с благоприятными тенденциями в общей экономической ситуации в стране
Компонента 2	Риски, связанные с неустойчивостью цен	Наблюдается низкая волатильность цен за последние несколько лет
Компонента 3	Риски, связанные с объемом экспорта нефтепродуктов	Экспорт осуществляется без перебоев
Компонента 4	Риски изменения цен при неизменной структуре производства	Цены относительно постоянны при неизменной структуре производства
Компонента 5	Экологические риски	Отсутствуют
Компонента 6	Риски изменения объемов добычи	Не ожидается существенных изменений в объемах добычи

$$v_1 = 0,716^2 \cdot y_{price} + 0,476^2 \cdot y_{gdp} + 0,451^2 \cdot y_r = 0,716^2 \cdot 8,29 + 0,476^2 \cdot 0 + 0,451^2 \cdot 0,476 = 4,349$$

$$v_2 = 0,859^2 \cdot y_{doll} + 0,422^2 \cdot y_{price} = 0,859^2 \cdot 10 + 0,422^2 \cdot 8,29 = 8,859$$

$$v_3 = 0,968^2 \cdot y_{exp} = 0,968^2 \cdot 4,95 = 4,638$$

$$v_4 = 0,984^2 \cdot y_{ipp} = 0,984^2 \cdot 4,81 = 4,657$$

$$v_5 = 0,991^2 \cdot y_{pollution} = 0,991^2 \cdot 0 = 0$$

$$v_6 = 0,994^2 \cdot y_{extr} = 0,994^2 \cdot 1,35 = 1,334.$$

Фактические значения, полученные на основании оценок экспертов компании по каждому из видов рисков, а также перевод фактических значений всех критериев оцениваемого проекта в бинарные показатели представлены в таблице 7.

Далее были сформированы векторы **p**, **q** и **r**, на основе которых с помощью предложенного алгоритма было рассчитано значение интегрального показателя *T*:

$$p = [1; 1; 1; 1; 1; 0]$$

$$q = [1; 1; 0; 0; 1; 0]$$

$$r = [0; 1; 0; 1; 1; 1]$$

↓

$$f = [0; 1; 0; 1; 1; 0]$$

↓

$$T = 3$$

Таблица 7.

**Перевод фактических значений критериев
эффективности проекта в бинарные**

Вид критерия	Ранг критерия	Наименование критерия	Фактическое значение	Бинарное Значение
Количественные критерии эффективности	1	NPV (руб.)	37 328 670	1
	2	Количество социально значимых программ	2	1
	3	DPP (лет)	12	1
	4	Доля затрат на инновации (%)	7	1
	5	Индекс рентабельности (%)	118	1
	6	Доля НДС в выручке (%)	8,5	0
Качественные критерии эффективности	1	Сложность и затратность разработки нового месторождения	2	1
	2	Необходимость технологических нововведений	3	1
	3	Уровень конкуренции на рынке	1	0
	4	Наличие покупателей продукции	1	0
	5	Государственная поддержка	2	1
	6	Необходимость привлечения нового персонала	1	0
Критерии оценки рисков	1	Риски, связанные с неустойчивостью цен	Высокая волатильность цен	0
	2	Риски изменения цен при неизменной структуре производства	Цены постоянны при неизменной структуре производства	1
	3	Риски, связанные с объемом экспорта нефтепродуктов	Существуют проблемы с экспортом	0
	4	Риски, связанные с изменением общей экономической ситуации в стране	Наблюдается благоприятная тенденция в экономической ситуации в стране	1
	5	Риски изменения объемов добычи нефти	Отсутствуют	1
	6	Экологические риски	Отсутствуют	1

Поскольку значение интегрального показателя эффективности проекта оказалось равно трем, анализируемый инвестиционный проект не рекомендуется для реализации.

Заключение

Представленный подход к оценке инвестиционных проектов и выявлению наиболее предпочтительных способов их реализации позволяет решить

проблему выбора между более эффективными и менее рискованными проектами, с чем зачастую сталкиваются компании. Разработанный интегральный показатель включает в себя качественные и количественные критерии эффективности, а также критерии оценки рисков. Кроме того, даны рекомендации в части применения метода главных компонент для выявления групп рисков инвестиционных проектов в соответствии с их отраслевой принадлежностью, а также определения весов этих групп. ■

Литература

1. Воробьева И.М., Пономарев А.М. Оценка эффективности инвестиционных проектов // Молодой ученый. 2015. № 10. С. 563–567.
2. Mackevicius J., Tomasevic V. Model for evaluating the economic efficiency of investment projects: Architecture and main aspects of application // Ekonomika. 2011. Vol. 90. No. 4. P. 133–149.
3. Теплова Т.В. Финансовый менеджмент: управление капиталом и инвестициями. М.: ГУ ВШЭ, 2000.
4. Макарова Л.Г., Макаров А.С. Экономический анализ в управлении финансами фирмы. М.: Академия, 2008.
5. Хижина М.А. Анализ показателей эффективности инвестиционных проектов // материалы III Международной научной конференции «Проблемы современной экономики». Челябинск, 20–23 декабря 2013 г. С. 52–55.
6. Кривцов С.В. Современные подходы к оценке эффективности инвестиционных проектов // Молодой ученый. 2016. № 12. С. 1324–1327.
7. Кувшинов М.С., Комарова Н.С., Бажанова М.И. Интегральная оценка эффективности инвестиционных проектов на промышленных предприятиях // Вестник ЮУрГУ. 2013. Т. 7. № 4. С. 52–55.

8. Анисимов Е.Г., Сауренко Т.Н. Интегральный показатель экономической эффективности инвестиционных проектов // Вестник Саратовского государственного социально-экономического университета. 2012. № 5 (44). С. 9–12.
9. Сидоров А.Т., Платонова Ю.В., Желанова Ю.И. Стохастический метод оценки интегрального показателя эффективности инвестиционного проекта // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. 2005. № 88 (6). С. 198–200.
10. Протасов В.С. Динамическая оценка эффективности инвестиционных проектов с учетом особенности газовой отрасли // Корпоративные финансы. 2012. № 1 (21). С. 58–70.
11. Штефан М.А., Орнатский А.А. Эвристические методы в оценке инвестиционных проектов // Финансы и кредит. 2015. № 5 (629). С. 51–63.
12. Ключникова Е.В., Шитова Е.М. Методические подходы к расчету интегрального показателя, методы ранжирования // ИнноЦентр. 2016. № 1 (10). С. 4–18.
13. Vonini C.P. Risk evaluation of investment projects // Omega. 1975. Vol. 3. No. 6. P. 735–750.
14. Волков М.В., Грачева И.М. Вероятностные методы анализа рисков // Корпоративный менеджмент, 1999. [Электронный ресурс]: https://www.cfin.ru/finanalysis/monte_carlo2.shtml (дата обращения 15.08.2018).
15. Лукашов А.В. Метод Монте-Карло для финансовых аналитиков: краткий путеводитель // Управление корпоративными финансами. 2007. № 1 (19). С. 22–39.
16. Попова А.Ю. Оценка риска инвестиционного проекта // Научный журнал КубГАУ. 2006. № 19 (03). [Электронный ресурс]: <http://ej.kubagro.ru/2006/03/07/> (дата обращения 15.08.2018).
17. Jovanovic P. Application of sensitivity analysis in investment project evaluation under uncertainty and risk // International Journal of Project Management. 1999. Vol. 17. No. 4. P. 217–222.
18. Chen C. Evaluating the investment benefit of multinational enterprises' international projects based on risk adjustment: Evidence from China // Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education. 2016. Vol. 12. No. 9. P. 2451–2464.
19. Aaker J.L. Dimensions of brand personality // Journal of Marketing Research. 1997. Vol. 34. No. 3. P. 347–356.
20. Айвазян С.А., Степанов В.С., Козлова М.И. Измерение синтетических категорий качества жизни населения и выявление ключевых направлений совершенствования социально-экономической политики (на примере Самарской области и ее муниципальных образований) // Прикладная эконометрика. 2006. № 2. С. 18–84.

Investment project efficiency and risk evaluation: an integrated approach

Maria A. Shtefan

*Head of Department of Accounting, Analysis and Audit
National Research University Higher School of Economics
Address: 25/12, Bolshaya Pecherskaya Street, Nizhny Novgorod, 603155, Russia
E-mail: shtefanmaria@yandex.ru*

Julia M. Elizarova

*Student, Economics MSc Program
National Research University Higher School of Economics
Address: 25/12, Bolshaya Pecherskaya Street, Nizhny Novgorod, 603155, Russia
E-mail: elizarova-julia7@yandex.ru*

Abstract

While evaluating and selecting investment projects, modern companies are confronted with the problem of setting priorities between profitability and riskiness of these projects. Choice of a project on the basis of its profitability significantly increases risks of financial and economic activities and decreases the certainty of achieving the planned financial result. On the other hand, attempts to decrease investment projects risks may not allow one to achieve the desired profitability level. Therefore, it is vital to develop integrated multi-criteria indicators for this purpose.

This article is the result of the authors' development of an integral indicator for evaluating investment project efficiency and risks. The developed integral indicator has a matrix form. To compile the integral indicator, three groups of criteria are used: quantitative efficiency criteria, qualitative efficiency criteria and risk evaluation criteria. We propose to divide the qualitative and quantitative criteria into: 1) those defining the commercial (economic) efficiency of projects, 2) those defining their budgetary efficiency; 3) those defining their social efficiency. According to the authors, the list of criteria that define associated risks should include macroeconomic indicators and industry affiliation indicators that provide a comprehensive evaluation of the external economic situation on the corresponding market.

While evaluating efficiency and riskiness of the given projects, the integral indicator developed by the authors is converted from matrix form into a quantitative indicator that is easy to interpret. The authors propose to use principal component analysis and heuristic methods (including ranking method and hierarchy analysis method) for this purpose.

The results of this research can be used by companies to select investment projects.

Key words: investment project; automation of management decisions; integral indicator; efficiency evaluation; risk evaluation; principal component analysis.

Citation: Shtefan M.A., Elizarova J.M. (2018) Investment project efficiency and risk evaluation: an integrated approach. *Business Informatics*, no. 4 (46), pp. 54–65. DOI: 10.17323/1998-0663.2018.4.54.65

References

1. Vorobiova I.M., Ponomarev A.M. (2015) Otsenka effektivnosti investitsionnykh proektov [Evaluating the effectiveness of investment projects]. *Young Scientist*, no. 10, pp. 563–567 (in Russian).
2. Mackevicius J., Tomasevic V. (2011) Model for evaluating the economic efficiency of investment projects: Architecture and main aspects of application. *Ekonomika*, vol. 90, no. 4, pp. 133–149.
3. Teplova T.V. (2000) *Finansovyy menedzhment: upravlenie kapitalom i investitsiyami* [Financial management: capital and investment management]. Moscow: HSE (in Russian).
4. Makarova L.G., Makarov A.S. (2008) *Ekonomicheskii analiz v upravlenii finansami firmy* [Economic analysis in a company's financial management]. Moscow: Academia (in Russian).
5. Khizhina M.A. (2013) Analiz pokazateley effektivnosti investitsionnykh proektov [Analysis of performance indicators of investment project]. Proceedings of the 3rd International Scientific Conference "Problems of modern economics". Chelyabinsk, Russia, 20–23 December 2013, pp. 52–55 (in Russian).
6. Krivtsov S.V. (2016) Sovremennyye podhody k otsenke effektivnosti investitsionnykh proektov [Modern approaches to assessing the effectiveness of investment projects]. *Young Scientist*, no. 12, pp. 1324–1327 (in Russian).
7. Kuvshinov M.S., Komarova N.S., Bazhanova M.I. (2013) Integral'naya otsenka effektivnosti investitsionnykh proektov na promyshlennyye predpriyatiyah [Integrated assessment of the effectiveness of investment projects in industrial enterprises]. *Bulletin of South Ural State University*, vol. 7, no. 4, pp. 52–55 (in Russian).
8. Anisimov E.G., Saurenko T.N. (2012) Integral'nyy pokazatel' ekonomicheskoy effektivnosti investitsionnykh proektov [Integrated indicator of economic efficiency of investment projects]. *Vestnik of Saratov State Socio-Economic University*, no. 5 (44), pp. 9–12 (in Russian).
9. Sidorov A.T., Platonova Yu.V., Zhelanova Yu.I. (2005) Stokhasticheskiy metod otsenki integral'nogo pokazatelya effektivnosti investitsionnogo proekta [Stochastic method of estimating integral index of an investment project efficiency]. *Scientific Bulletin of the Moscow State Technical University of Civil Aviation*, no. 88 (6), pp. 198–200 (in Russian).
10. Protasov V.S. (2012) Dinamicheskaya otsenka effektivnosti investitsionnykh proektov s uchedom osobennosti gazovoy otrasli [Dynamic assessment of the efficiency of investment projects considering gas industry peculiarities]. *Corporate Finance*, no. 1 (21), pp. 58–70 (in Russian).
11. Shtefan M.A., Ornatsky A.A. (2015) Evristicheskie metody v otsenke investitsionnykh proektov [Heuristic methods in the evaluation of investment projects]. *Finance and Credit*, no. 5 (629), pp. 51–63 (in Russian).
12. Klyushnikova E.V., Shitova E.M. (2016) Metodicheskie podhody k raschetu integral'nogo pokazatelya, metody ranzhirovaniya [Methodological approaches to the integrated index calculation, ranking methods]. *InnoCenter*, no. 1 (10), pp. 4–18 (in Russian).
13. Bonini C.P. (1975) Risk evaluation of investment projects. *Omega*, vol. 3, no. 6, pp. 735–750.
14. Volkov M.V., Gracheva I.M. (1999) Veroyatnostnye metody analiza riskov [Stochastic methods of risk analysis]. *Corporate management*. Available at: https://www.cfin.ru/finanalysis/monte_carlo2.shtml (accessed 15 August 2018) (in Russian).
15. Lukashov A.V. (2007) Metod Monte-Karlo dlya finansovykh analitikov: kratkiy putevoditel' [Monte Carlo method for financial analysts: a quick guide]. *Corporate Finance Management*, no. 1 (19), pp. 22–39 (in Russian).
16. Popova A.Yu. (2006) Otsenka riska investitsionnogo proekta [Investment project risk assessment]. *Scientific Journal of KubSAU*. no. 19 (03). Available at: <http://ej.kubagro.ru/2006/03/07/> (accessed 15 August 2018) (in Russian).
17. Jovanovic P. (1999) Application of sensitivity analysis in investment project evaluation under uncertainty and risk. *International Journal of Project Management*, vol. 17, no. 4, pp. 217–222.
18. Chen C. (2016) Evaluating the investment benefit of multinational enterprises' international projects based on risk adjustment: Evidence from China. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, vol. 12, no. 9, pp. 2451–2464.
19. Aaker J.L. (1997) Dimensions of brand personality. *Journal of Marketing Research*, vol. 34, no. 3, pp. 347–356.
20. Aivazyan S.A., Stepanov V.S., Kozlova M.I. (2006) Izmerenie sinteticheskikh kategoriy kachestva zhizni naseleniya i vyyavlenie klyuchevykh napravleniy sovershenstvovaniya sotsial'no-ekonomicheskoy politiki (na primere Samarskoy oblasti i ee munitsipal'nykh obrazovaniy) [Measurement of synthetic categories of quality of life of the population and identification of key areas of improvement of socio-economic policy (on the example of the Samara region and its municipalities)]. *Applied Econometrics*, no. 2, pp. 18–84 (in Russian).