

А.Ю. Домников, д-р экон. наук,  
Г.С. Чеботарева, аспирант,  
М.Я. Ходоровский, д-р экон. наук, профессор,<sup>1</sup>  
г. Екатеринбург

## ПОВЫШЕНИЕ ОБЪЕКТИВНОСТИ ОЦЕНКИ ИНВЕСТИЦИОННЫХ РИСКОВ ЭНЕРГОГЕНЕРИРУЮЩИХ КОМПАНИЙ: РЕЙТИНГОВЫЙ ПОДХОД

В статье представлен авторский методический подход к ранжированию инвестиционных рисков по уровню их опасности и оценки влияния на процесс принятия инвестиционных решений. Использован математический аппарат анализа многомерных данных, позволяющий решить проблему субъективности при реализации поставленных задач, которые направлены на повышение инвестиционной привлекательности энергогенерирующих компаний.

**Ключевые слова:** инвестиции, инвестиционная привлекательность, инвестиционные риски, классификация рисков, электроэнергетика, энергокомпании, энергетический бизнес, пороговые значения, метод Байеса.

Известно, что электроэнергетика является одной из важнейших отраслей экономики и оказывает многосторонне и глубокое воздействие на социально-экономическое развитие общества и окружающую среду [1, 2, 7]. Это обусловливается высокой значимостью производимой продукции – электрической энергии и тепла [2], которые непосредственно влияют на конкурентоспособность промышленных корпораций и уровень комфорта домашних хозяйств.

---

<sup>1</sup> Домников Алексей Юрьевич – доктор экономических наук, профессор кафедры банковского и инвестиционного менеджмента, директор Департамента НОЦ «ИНЖЭК» Уральского федерального университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина; e-mail: domnikov@e1.ru.

Чеботарева Галина Сергеевна – аспирант кафедры банковского и инвестиционного менеджмента Уральского федерального университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина; e-mail: galina\_ch90@mail.ru.

Ходоровский Михаил Яковлевич – доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой банковского и инвестиционного менеджмента Уральского федерального университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина; e-mail: office@sinara-group.com.

Следует отметить, что процесс развития электроэнергетики, как правило, сопровождается специфическими для энергобизнеса рисками, связанными с технической надежностью и капиталоемкостью проектов [3].

Решение сложной методологической задачи повышения объективности оценки инвестиционных рисков вооружает инвестора современным аналитическим аппаратом, использование которого позволит ему получить больше информации о рисках, сопровождающих проект, в т. ч. имеющих латентный характер. Таким образом, более точная оценка рисков позволит инвестору ранжировать проекты с учетом отраслевой специфики (высокий уровень взаимодействия с окружающей средой, взаимозаменяемость технологий, капиталоемкость и т. д.). Помимо всего прочего, предложенная технология оценки инвестиционных рисков может повлиять на рост доходности отраслевого портфеля инвестора за счет объективности их оценки [4].

Практическая реализация поставленных задач лежит в разработке математического

аппарата, позволяющего свести к минимуму значимость мнения экспертов [2, 7, 8]. Поэтапное представление такого математического аппарата показано на рис. 1.

В рамках проведенного исследования рассматривались две группы взаимосвязанных рисков инвестиционной привлекательности: экзогенные и эндогенные. Разделение рисков на подобные группы обуславливается особенностями природы их происхождения, влиянием внешней и внутренней среды на проект, а также специфической инструментов воздействия на уровень рисков в проекте.

Экзогенные риски не зависят от деятельности энергогенерирующей компании и не подлежат управлению с ее стороны. В число таких рисков в данном исследовании включены следующие:

1. Валовой региональный продукт (ВРП) ( $X_1$ ) – совокупный показатель экономической деятельности региона с учетом производства товаров и услуг. Риск, связанный с данной сферой, предполагает, что снижение показателя ВРП негативно скажется при оценке инвестиционного климата региона. Расчетный показатель – общая величина ВРП за период.

2. Риск, связанный с развитием отраслей специализации региона ( $X_2$ ), основывается на наличии или отсутствии в настоящее время и в будущем на данной территории профилирующих предприятий – основных потребителей электрической и тепловой энергии. Расчетный показатель для оценки риска – объем производства продукции в регионе (в рублях).

3. Динамика инвестиций в основной капитал региона ( $X_3$ ) отражает степень рас-



*Рис. 1. Этапы оценки рисков инвестиционной привлекательности*

ширения его возможностей по развитию бизнеса, финансированию совокупности затрат и т. д. Расчетный показатель – объем инвестиций в регион по годам.

Эндогенные риски – вторая группа исследуемых угроз – являются результатом оценки и анализа всех сфер производственной и финансово-экономической деятельности компании и соответствующих объектов. В рамках проводимого исследования из числа эндогенных рисков рассматриваются:

1. Непредвиденные финансовые потери ( $X_4$ ) – вероятность возникновения в энергогенерирующей компании финансовых трудностей: снижение прибыли, доходов, потеря капитала, повышение зависимости от привлеченных средств и т. д. Расчетный показатель в оценке риска – динамика прибыли компании за период.

2. Риск, связанный с положением компании на фондовом рынке ( $X_5$ ), основывается на том, что использование показателей котировок (индексов) акций играет важную роль для инвесторов, показывает зависимость компании от событий на мировом рынке электроэнергетики и т. д. В комплексной оценке риска используется пока-

затель динамики котировок акций, в т. ч. с учетом прогнозов.

Риск зависимости энергогенерирующей компании от использования импортного оборудования ( $X_6$ ), помимо всего прочего, предполагает оценку зависимости будущих расходов компании на техническое обслуживание, ремонт и получение консалтинговых услуг по данному оборудованию. Расчет риска основывается на вычислении доли иностранного оборудования в общем объеме технического комплекса компании.

**Исходные данные к оценке рисков** представлены ниже в табл. 1 и 2. Графически динамика показателей рисков по каждой из групп показана на рис. 2 и 3 соответственно [5].

**Распределение нормированных статистических данных** осуществляется по трем группам возможных состояний, предусмотренных методикой: минимальный, предельно допустимый и недопустимо высокий уровень влияния рисков на проект соответственно. В основе распределения рисков по группам состояний лежит принцип прямой зависимости между всевозрастающим уровнем риска (от первой группы к третьей) и увеличением значения показателя риска.

Таблица 1

Нормированные статистические значения показателей экзогенных рисков

| Показатели | Периоды |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------------|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|            | 1       | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    |
| $X_1$      | 0,46    | 0,23 | 0,65 | 0,59 | 0,32 | 0,02 | 0,77 | 0,85 | 0,15 |
| $X_2$      | 0,53    | 0,36 | 0,79 | 0,61 | 0,49 | 0,13 | 0,83 | 0,95 | 0,28 |
| $X_3$      | 0,51    | 0,31 | 0,59 | 0,56 | 0,43 | 0,11 | 0,71 | 0,82 | 0,24 |

Таблица 2

Нормированные статистические значения показателей эндогенных рисков

| Показатели | Периоды |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------------|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|            | 1       | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    |
| $X_4$      | 0,35    | 0,73 | 0,84 | 0,61 | 0,22 | 0,52 | 0,48 | 0,87 | 0,14 |
| $X_5$      | 0,28    | 0,54 | 0,71 | 0,49 | 0,25 | 0,41 | 0,33 | 0,89 | 0,15 |
| $X_6$      | 0,26    | 0,73 | 0,85 | 0,61 | 0,23 | 0,45 | 0,34 | 0,97 | 0,12 |

Результат распределения значений показателей экзогенных и эндогенных рисков представлен в табл. 3 и 4 соответственно.

**Расчет пороговых значений** по каждому риску инвестиционной привлекательности в общем случае осуществляется по формуле (1), основанной на методе Байеса [6, 9, 13]. Согласно данному методу для совокупности объектов, подчиненных нормальному закону распределения, объект с параметрами  $X$  следует относить к совокупности первого состояния [8], если:

$$\ln(c_i q_i) - 0,5 \cdot ((X - M_i)^T \cdot S_i^{-1} \cdot (X - M_i) - \ln|S_i|) - \quad (1)$$

$$- (\ln(c_{i+1} q_{i+1}) - 0,5 \cdot ((X - M_{i+1})^T \cdot S_{i+1}^{-1} \cdot (X - M_{i+1}) - \ln|S_{i+1}|)) = 0,$$

где  $X$  – вектор переменных в пространстве исследуемых рисков;

$M_i, M_{i+1}$  – математические ожидания;

$S_i, S_{i+1}$  – ковариационные матрицы;

$q_i, q_{i+1}$  – априорные вероятности появления объектов из  $i$ -го,  $(i+1)$ -го классов;

$c_i, c_{i+1}$  – цены ошибочного отнесения объектов к  $i$ -му,  $(i+1)$ -му классу.

Однако реализации данного шага предшествует пятый этап проведения предварительных расчетов.

В первую очередь, необходимо рассчитать математическое ожидание ( $M_n$ ) по каждому риску в каждом из трех его возможных состояний, а также сформировать единичные вектора разниц математических ожиданий пограничных состояний ( $M_{i+1} - M_i$ ). Помимо этого, необходимо вычислить значения единичных векторов разниц между каждым риском в данном состоянии и соответствующем ему математическом ожидании по годам ( $X_i - M_n$ ).

Использование результатов предварительных расчетов происходит в дальнейшем при вычислении ковариационных матриц ( $S_n$ ), которое в общем случае осуществляется на основе обычного математического аппарата.

Так как данная методика предполагает расчет пороговых значений рисков инвестиционной привлекательности для трех возможных состояний, следовательно, дальнейшее исследование будет разбито на две части. Первая часть предполагает анализ порогового значения, разделяющего состояния минимального (1) и предельно допустимого (2) уровней влияния. Вторая –

Таблица 3

Значения экзогенных рисков по группам их влияния на проект

| Показатели | Состояния                       |      |      |  |      |      |   |      |      |
|------------|---------------------------------|------|------|--|------|------|---|------|------|
|            | Минимальный уровень влияния (1) |      |      | Предельно допустимый уровень влияния (2) |      |      | Недопустимо высокий уровень влияния (3) |      |      |
| $X_1$      | 0,02                            | 0,15 | 0,23 | 0,32                                     | 0,46 | 0,59 | 0,65                                    | 0,77 | 0,85 |
| $X_2$      | 0,13                            | 0,28 | 0,36 | 0,49                                     | 0,53 | 0,61 | 0,79                                    | 0,83 | 0,95 |
| $X_3$      | 0,11                            | 0,24 | 0,31 | 0,43                                     | 0,51 | 0,56 | 0,59                                    | 0,71 | 0,82 |

Таблица 4

Значения эндогенных рисков по группам их влияния на проект

| Показатели | Состояния                       |      |      |  |      |      |   |      |      |
|------------|---------------------------------|------|------|--|------|------|---|------|------|
|            | Минимальный уровень влияния (1) |      |      | Предельно допустимый уровень влияния (2) |      |      | Недопустимо высокий уровень влияния (3) |      |      |
| $X_4$      | 0,14                            | 0,22 | 0,35 | 0,48                                     | 0,52 | 0,61 | 0,73                                    | 0,84 | 0,87 |
| $X_5$      | 0,15                            | 0,25 | 0,28 | 0,33                                     | 0,41 | 0,49 | 0,54                                    | 0,71 | 0,89 |
| $X_6$      | 0,12                            | 0,23 | 0,26 | 0,34                                     | 0,45 | 0,61 | 0,73                                    | 0,85 | 0,97 |

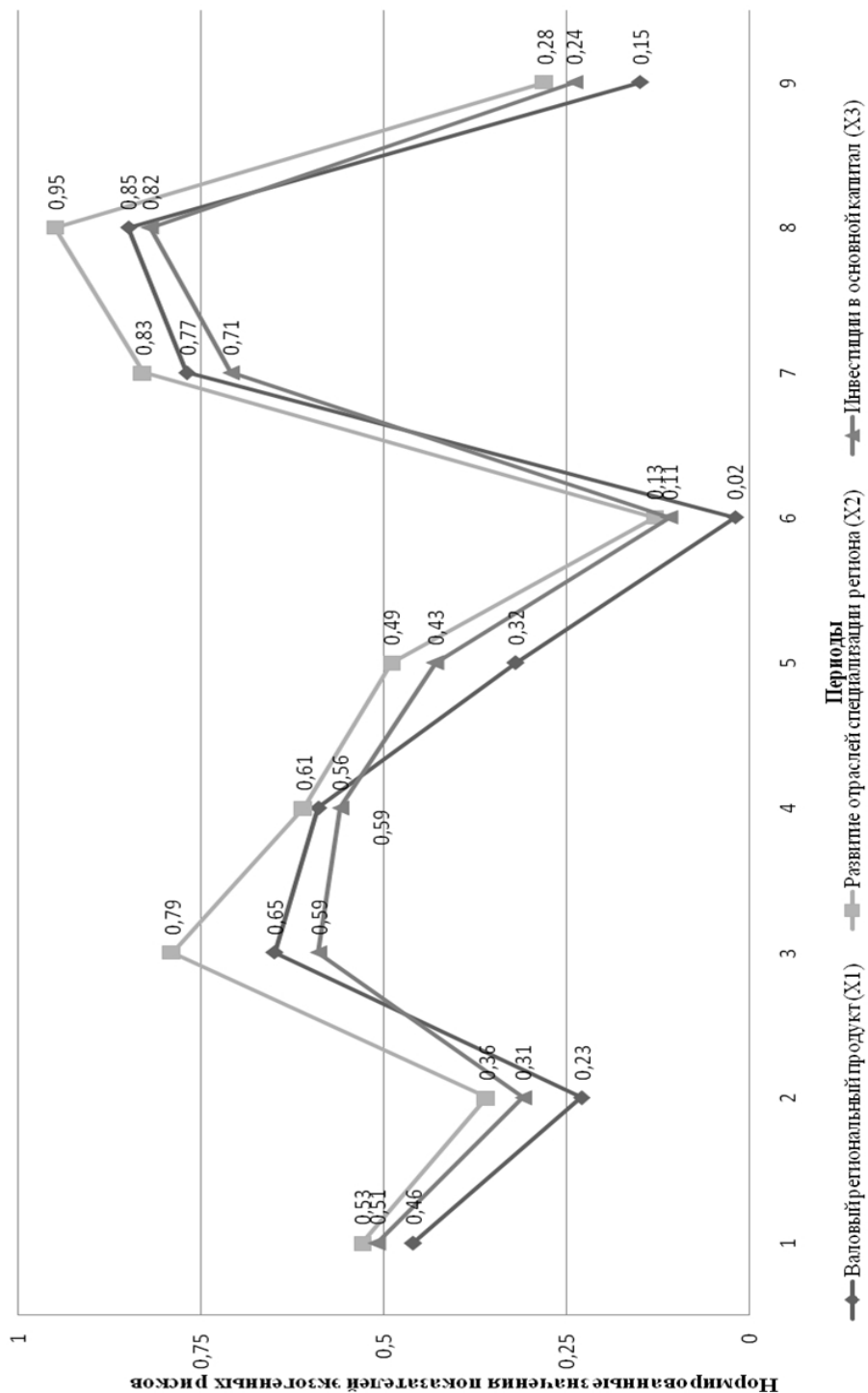


Рис. 2. Динамика изменения показателей экзогенных рисков

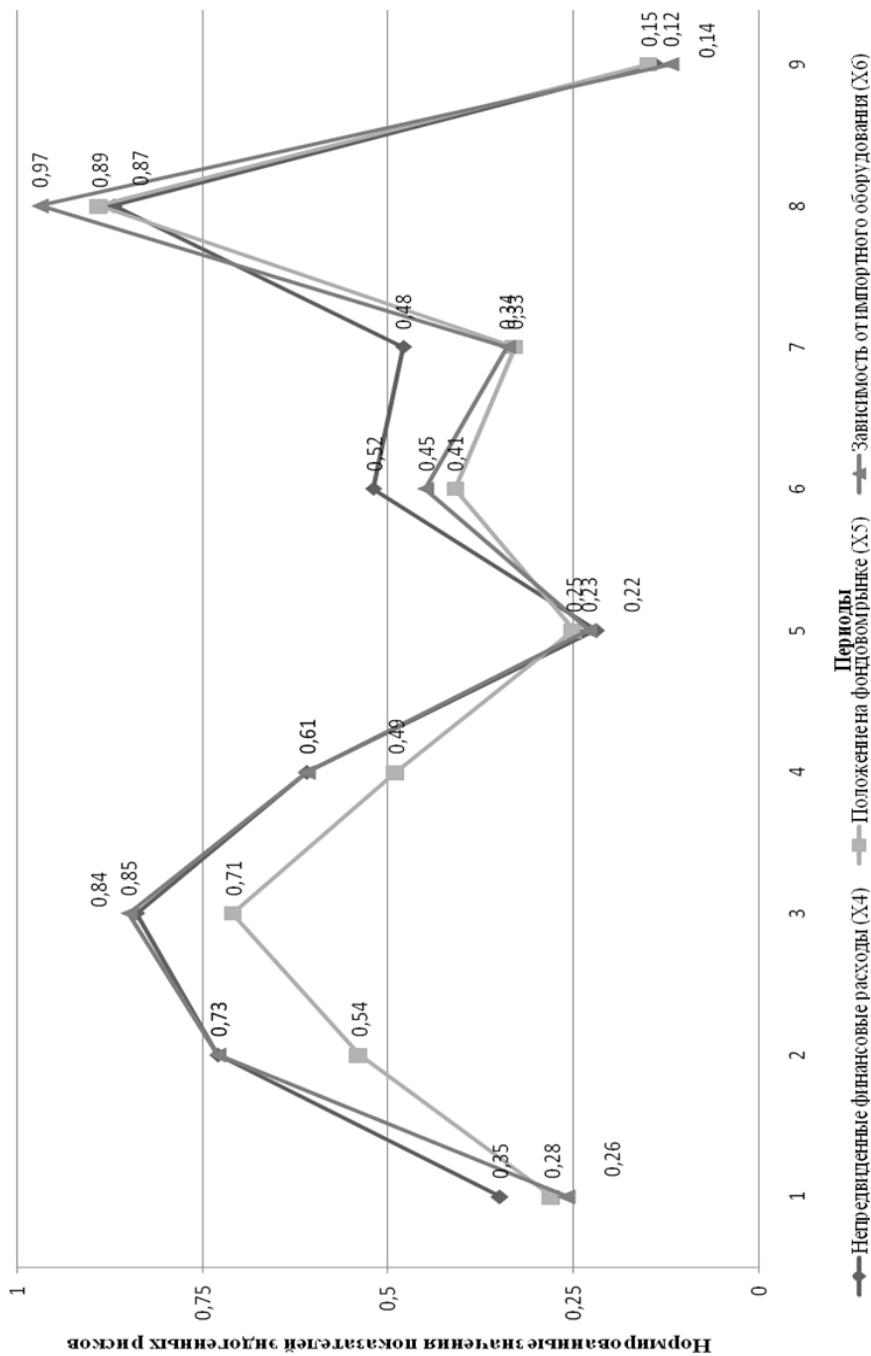


Рис. 3. Динамика изменения показателей эндогенных рисков

предельно допустимого (2) и недопустимо высокого (3) уровней соответственно.

Первая часть последующего исследования, как было сказано выше, состоит в определении для всех рисков пороговых значений, которые разделяют первое и второе их состояния соответственно.

Линия, проходящая через центроиды первого и второго состояний с координатами  $M_1, M_2$ , имеет вид, представленный формулой (2):

$$X = b \cdot (M_2 - M_1) + M_1, \quad (2)$$

где  $b$  – параметр прямой.

Используя данные, полученные в ходе предварительных расчетов, после решения уравнения (1) и применения выведенных результатов в формуле (2) получаем следующие пороговые значения, разделяющие первое и второе состояние экзогенных рисков:  $X_1 = 0,24$ ,  $X_2 = 0,36$ ,  $X_3 = 0,32$  и эндогенных рисков:  $X_4 = 0,38$ ,  $X_5 = 0,31$ ,  $X_6 = 0,32$ .

Проводя аналогичные расчеты, определяем пороговые значения, разделяющие второе и третье состояния экзогенных рисков:

$$X'_1 = 0,63, \quad X'_2 = 0,72, \quad X'_3 = 0,62$$

и эндогенных рисков:

$$X'_4 = 0,59, \quad X'_5 = 0,47, \quad X'_6 = 0,55.$$

**Предрейтинговая оценка состояния каждого риска** осуществляется путем отнесения фактического значения каждого риска к соответствующей группе их влияния на проект и вычисления градусного влияния каждого из рисков. Последнее будет использовано непосредственно при анализе уровня рискованности проекта. Примерами оценки состояния каждого риска являются рис. 4 и рис. 5 соответственно.

Таким образом, наиболее опасными для проекта рисками являются те из них, которые отнесены к третьей группе недопустимо высокого уровня влияния: развитие отраслей специализации региона ( $X_2$ ) и непредвиденные финансовые расходы ( $X_4$ ). Наименее опасные для проекта риски первой группы минимального влияния: инвестиции в основной капитал ( $X_3$ ) и положение на фондовом рынке ( $X_5$ ).

Однако данный рейтинг является предварительным и учитывает лишь ту группу влияния, к которой отнесен риск.

**Окончательный рейтинг рисков** инвестиционной привлекательности составляется с учетом фактических и пороговых нормированных значений, характерных для каждого риска и соответствующей ему группы [10, 11].

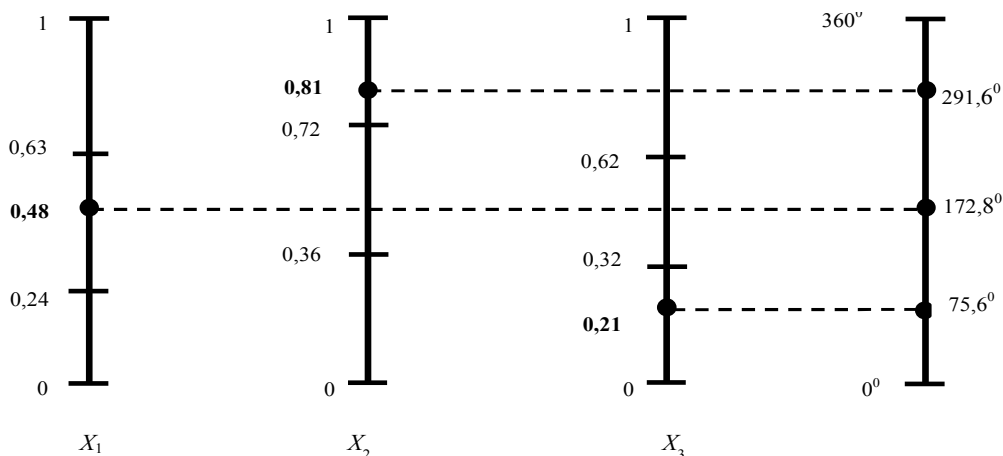


Рис. 4. Оценка состояния экзогенных рисков

Расчетный показатель, являющийся основой для ранжирования рисков, определяется по формуле (3):

$$Y_i = \frac{X_i}{X_{\text{верх.порог}}}, \quad (3)$$

где  $Y_i$  – расчетный показатель, используемый при ранжировании рисков;

$X_i$  – фактическое нормированное значение каждого риска;

$X_{\text{верх.порог}}$  – верхнее пороговое значение группы состояния каждого риска.

**Рейтинговая оценка рисков.** На основании проведенных вычислений общий рейтинг рисков по уровню их влияния на

проект с учетом расчетного показателя представлен в табл. 5.

В соответствии с табл. 5 и на основе проведенных расчетов наиболее опасным является экзогенный риск, связанный с развитием отраслей специализации региона. Среди эндогенных рисков наиболее опасным является угроза непредвиденных финансовых потерь (второе место в общем рейтинге рисков).

**Рейтинговая оценка групп рисков** основана на определении наиболее опасных для проекта групп рисков. Такая оценка является более точной, так как предусматривает использование не только норми-

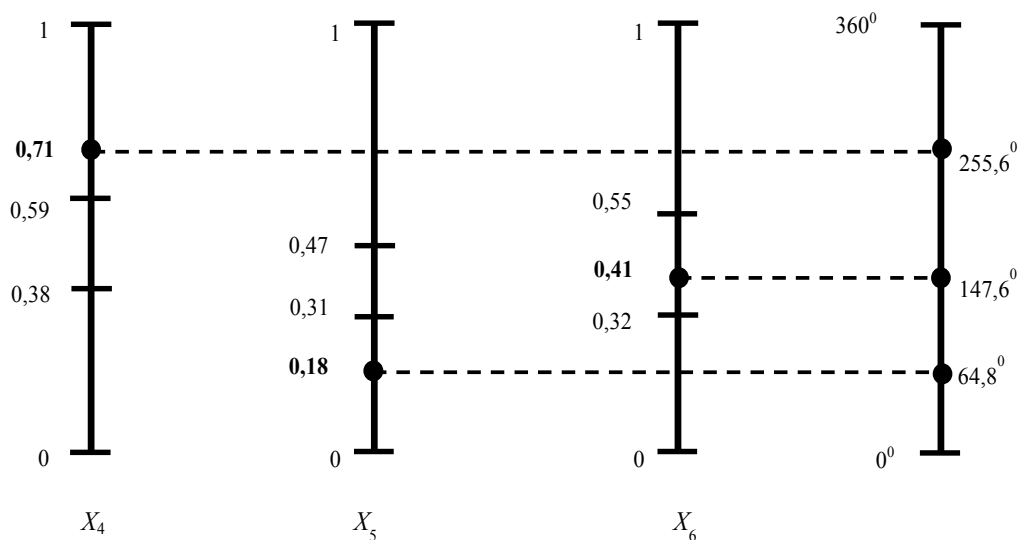


Рис. 5. Оценка состояния эндогенных рисков

Таблица 5

Рейтинг рисков инвестиционной привлекательности по проекту

| № п/п | Обозначение риска | Принадлежность риска | $Y_i$ | $X_i$ | Группа состояния |
|-------|-------------------|----------------------|-------|-------|------------------|
| 1     | $X_2$             | Экзогенный           | 0,81  | 0,81  | 3                |
| 2     | $X_4$             | Эндогенный           | 0,71  | 0,71  | 3                |
| 3     | $X_1$             | Экзогенный           | 0,76  | 0,48  | 2                |
| 4     | $X_6$             | Эндогенный           | 0,75  | 0,41  | 2                |
| 5     | $X_3$             | Экзогенный           | 0,66  | 0,21  | 1                |
| 6     | $X_5$             | Эндогенный           | 0,58  | 0,18  | 1                |



рованных величин, но и вероятностей реализации рисков. Реализация данного этапа осуществляется путем расчета итогового уровня рискованности по каждой группе рисков на основании их графической иллюстрации (рис. 6 и 7).

Расчетные данные, являющиеся основой для графической интерпретации итогового риска по каждой группе, представлены в табл. 6.

Графическая иллюстрация итогового уровня риска по экзогенной и эндогенной группе представлена на рис. 6 и 7 соответственно.

Расчет итогового риска по каждой группе основывается на формуле расчета обще-

го риска [8] и составляет следующие значения:

- для экзогенных рисков:  $R_{\text{экз}} = 0,0439$ ;
- для эндогенных рисков:  $R_{\text{энд}} = 0,1094$ .

Таким образом, в общем рейтинге групп первое место по уровню опасности занимают эндогенные риски, второе – экзогенные. На практике в оценке инвестиционной привлекательности выделяют примерно пять-шесть групп рисков.

Хотя рейтинг отдельных рисков показал, что наиболее опасным является экзогенный риск отраслевой специализации региона, однако за счет более высоких значений вероятности реализации именно эндогенные наиболее опасны.

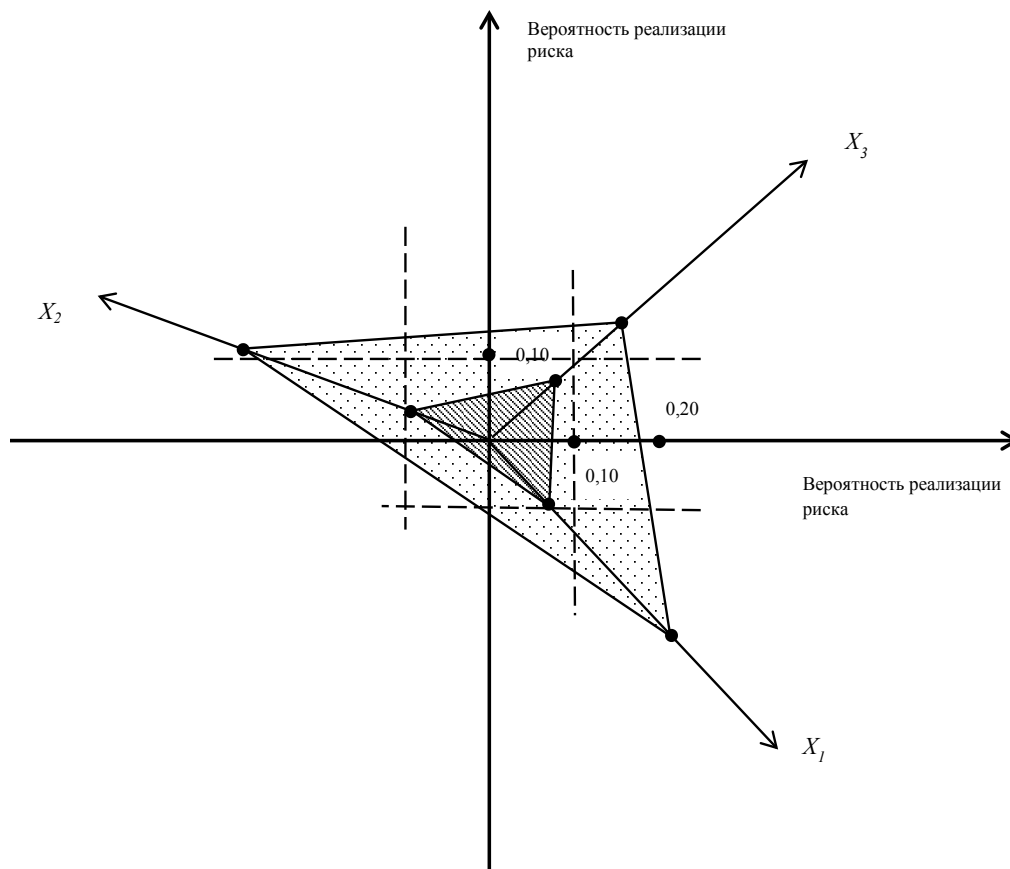


Рис. 6. Графическая иллюстрация итогового экзогенного риска

**Заключение.** Предложенная методика рейтинговой оценки инвестиционных рисков позволяет существенно повысить уровень объективности и решить проблему высокой степени зависимости принятия финансовых решений от мнения экспертов. В частности, такая технология может быть

использована как модуль в автоматизированной системе принятия инвестиционных решений. Полученный результат был достигнут на основе применения математического аппарата анализа многомерных данных, а также использования фактических статистических данных по рискам [12, 14].

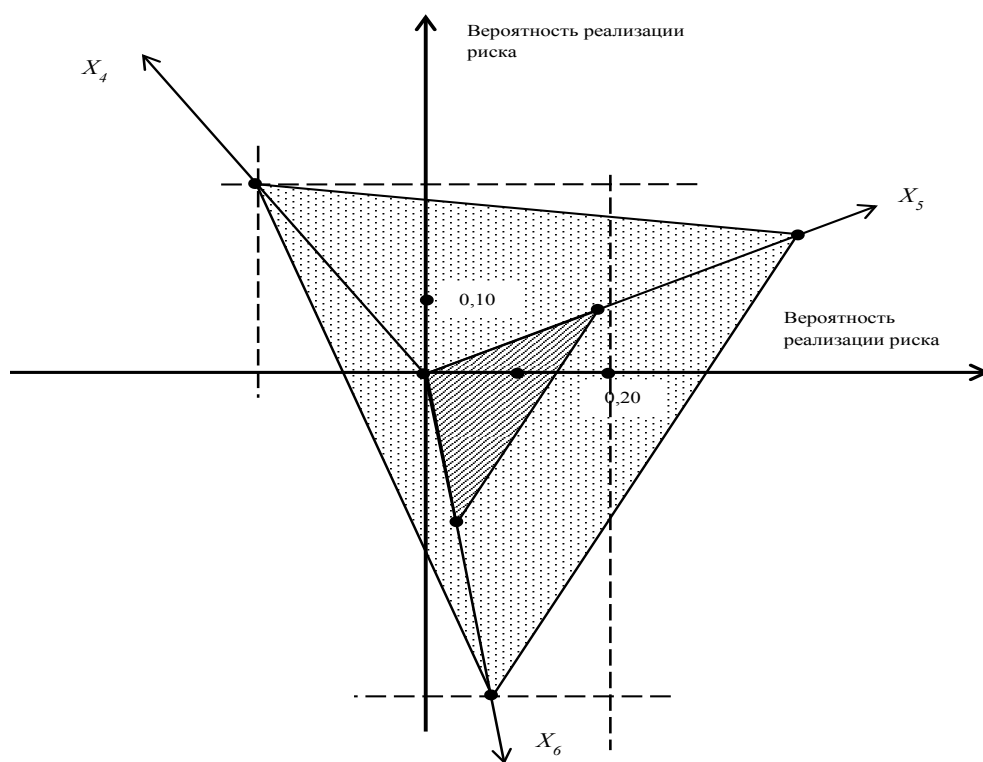


Рис. 7. Графическая иллюстрация итогового эндогенного риска

Таблица 6

Максимальные и минимальные вероятности реализации рисков инвестиционной привлекательности проекта

| Наименование риска | Влияние риска на проект | Значения вероятностей |             |
|--------------------|-------------------------|-----------------------|-------------|
|                    |                         | Максимальная          | Минимальная |
| $X_1$              | 0,48                    | 0,33                  | 0,11        |
| $X_2$              | 0,81                    | 0,33                  | 0,11        |
| $X_3$              | 0,21                    | 0,22                  | 0,11        |
| $X_4$              | 0,71                    | 0,33                  | 0           |
| $X_5$              | 0,18                    | 0,44                  | 0,22        |
| $X_6$              | 0,41                    | 0,44                  | 0,22        |

Помимо достигнутых методологических результатов, с практической точки зрения, предложенный рейтинговый подход позволяет инвестору качественно оценить потенциальные угрозы, в т. ч. имеющие латентные признаки. Это позволяет правильно выбрать инвестиционную стратегию. Таким образом, повышение качественного уровня оценки рисков предоставляет возможность достичь двойного эффекта: как правило, последо-

вательное снижение риска и повышение доходности.

Полученные выводы позволяют сформулировать новую гипотезу о взаимодействии риска и доходности и вероятно дополнить исключением фундаментальную гипотезу финансового рынка о соотношении понятий «риск – доходность». Однако в настоящее время такое утверждение следует отнести к нерешенной задаче, которая требует дополнительного исследования.

### **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Zucker A., Hinchliffe T. Optimum sizing of PV-attached electricity storage according to power market signals – A case study for Germany and Italy // *Applied Energy*. 2014. Vol. 127. P. 141–155.
2. Domnikov A., Chebotareva G., Khodorovsky M. Evaluation of investor attractiveness of power-generating companies: special reference to the development risks of the electric power industry // *Proc. of the 1<sup>st</sup> Int. Conf. Energy Production and Management in the 21<sup>st</sup> Century. The Quest for Sustainable Energy*, eds. C.A. Brebbia, E.R. Magaril, M.Y. Khodorovsky. WIT PRESS: Ashurst, 2014. P. 199–210.
3. Mary C. The costs of generating electricity and the competitiveness of nuclear power // *Progress in Nuclear Energy*. 2014. Vol. 73. P. 153–161.
4. Shahnazari M., McHugh A., Maybee B., Whale, J. Evaluation of power investment decisions under uncertain carbon policy: A case study for converting coal fired steam turbine to combined cycle gas turbine plants in Australia // *Applied Energy*. 2014. Vol. 118. P. 271–279.
5. Filomena T.P., Campos-Nanez E., Duffey M.R. Technology selection and capacity investment under uncertainty // *European Journal of Operational Research*. 2014. Vol. 232 (1). P. 125–136.
6. Sakaguchi J., Miyauchi H., Misawa T. Risk assessment of power plant investment by three level ordered probit model considering project suspension // *Proc. of IREP Symposium: Bulk power System Dynamics and Control – IX Optimization, Security and Control of the Emerging Power Grid*, 2013.
7. Домников А.Ю., Чеботарева Г.С., Ходоровский М.Я. Оценка инвестиционной привлекательности энергогенерирующих компаний с учетом специфики рисков развития электроэнергетики // *Вестн. УрФУ. Серия экономика и управление*. 2013. №3. С. 15–25.
8. Домников А.Ю., Чеботарева Г.С., Ходоровский М.Я. Методический подход к диагностике рисков кредитования при проектном финансировании // *Аудит и финансовый анализ*. 2013. № 2. С. 114–119.
9. Ryzin V. Classification and cluster. Moscow: Mir, 1980. 391 p.
10. Akande O.K., Odeleye D., Coday A. Energy Efficiency For Sustainable Reuse of Public Heritage Buildings: The Case for Research // *Sustainable Development and Planning*. 2014. № 2.
11. Katrien B.D.Bos, Genserik L.L. Reniers. An Expert Tool For Integrating Safety Into Project Management // *Safety and Security Engineering*. 2013. № 2.
12. Alle M. Le Comportement de l'Homme Rationnel devant le Risque. Critique des Postulats et Axiomes de l'Ecole Americaine // *The Econometrica*. 1953. Vol. 21. P. 503–546.
13. Дубровский С.А. Прикладной многомерный статистический анализ. М.: Финансы и статистика, 1982. 216 с.
14. Комплексная методика оценки надежности и живучести / А.И. Татаркин, А.А. Куклин, А.Л. Мызин, П.Е. Мезенцев и др. Препринт. Екатеринбург: УрО РАН, 2002. 148 с.