

## ОЦЕНКА ДИНАМИКИ УРОВНЯ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РИСКА (НА ПРИМЕРЕ ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ)

В статье предлагается ряд подходов к анализу динамики уровня эколого-экономического риска в городах и районах Оренбургской области на основе аппарата моделей множественного выбора.

**Ключевые слова:** эколого-экономический риск, модели множественного выбора, ранжирование, динамика

При моделировании эколого-экономических рисков актуальной является как задача построения интегрального показателя, так и задача моделирования его динамики. В [1] предложено для моделирования интегрального показателя эколого-экономического риска использовать модели упорядоченного множественного выбора. При этом остается непроработанным ряд вопросов. Так, все объекты  $j$ -го класса обладают худшим рейтингом и более высоким риском по сравнению с любым объектом из класса  $j+1, \dots, k$ , где  $k$  – общее количество классов/градаций зависимой переменной. В рамках же каждого класса объекты считаются неразличимыми. Между тем, часто такой информации недостаточно, требуется в рамках каждого класса выделить объекты, наиболее приоритетные, например, для реализации управленческих решений по снижению риска, или те, положение которых неустойчиво и также требует внимания со стороны органов власти. Кроме того, при анализе динамики рангов объектов известный подход, основанный на динамике ранга объекта в ряду других, не позволяет судить о наличии положительных или отрицательных изменений в состоянии самого объекта. Поэтому ставятся задачи:

1) построение процедуры, позволяющей осуществлять ранжирование объектов в рамках каждого класса;

2) построение процедуры, позволяющей исследовать динамику переходов объектов из класса в класс, с учетом устаревания информации;

3) построение процедуры, позволяющей анализировать динамику ранга каждого объекта.

Перейдем к решению первой задачи. На **первом этапе** предлагаемой процедуры ранжирования оценивается модель упорядоченного множественного выбора:

$$y_i = \begin{cases} 1, & y_i^* \leq \gamma_1, \\ \dots \\ j, & \gamma_{j-1} < y_i^* \leq \gamma_j \\ \dots \\ k, & y_i^* > \gamma_{k-1} \end{cases},$$

$$\text{где } y_i^{\text{risk}} = \begin{cases} 1, & \text{если уровень эколого-экон. риска} \\ & \text{в городе/районе } i \text{ высокий} \\ 2, & \text{если уровень эколого-экон. риска} \\ & \text{в городе/районе } i \text{ средний} \\ 3, & \text{если уровень эколого-экон. риска} \\ & \text{в городе/районе } i \text{ низкий} \end{cases};$$

$\gamma_1 < \dots < \gamma_j < \dots < \gamma_{k-1}$  – пороговые значения;

$y_i^*$  – ненаблюдаемая вспомогательная переменная  $y_i^* = \beta_1 x_{i1} + \dots + \beta_p x_{ip} + \varepsilon_i$ ;

$\varepsilon_i$  – независимо и одинаково распределенные случайные величины с функцией распределения  $F(u)$ , учитывающие влияние неучтенных факторов;

$x_i = (x_{i1}, \dots, x_{ip})$  – значения объясняющих переменных для  $i$ -го объекта.

В предположении  $\gamma_0 = -\infty$  и  $\gamma_k = +\infty$  общее выражение для вероятности отнесения объекта  $i$  к классу  $j \in \{1, \dots, k\}$  имеет вид [2]:

$$\begin{aligned} P\{y_i = j | x_i\} &= P\{\gamma_{j-1} < y_i^* \leq \gamma_j | x_i\} = \\ &= F(\gamma_j - x_i^T \beta) - F(\gamma_{j-1} - x_i^T \beta). \end{aligned}$$

На основе модели каждый город/район относится к одному из  $k$  классов, каждой группе объектов присваивается групповой рейтинг  $1, 2, \dots, k$  в зависимости от степени риска. В нашем случае  $k$  было принято равным 3.

При упорядочении объектов в рамках одного класса (группового рейтинга) для объектов с рейтингами 1 и  $k$  можно использовать ранжирование по убыванию/возрастанию вероятности принадлежности соответствующему клас-

су, поскольку это будет соответствовать уменьшению степени проявления анализируемой латентной категории (в нашем случае риска).

Для объектов с рейтингами 2,...,k-1 такой подход неправилен. Рассмотрим объекты l и m с одинаковым рейтингом j. Обозначим векторы вероятностей отнесения объектов в каждый из классов через  $P_l = (P_l^1, \dots, P_l^{j-1}, P_l^j, P_l^{j+1}, \dots, P_l^k)$  и  $P_m = (P_m^1, \dots, P_m^{j-1}, P_m^j, P_m^{j+1}, \dots, P_m^k)$  соответственно. Пусть, например,  $P_l^{j-1} > P_m^{j-1}$ , а  $P_l^{j+1} < P_m^{j+1}$ . Это означает, что для объекта l можно говорить о возможности перехода в класс с худшим рейтингом j-1, а для объекта m существует реальная возможность улучшения своего состояния и перехода в класс с рейтингом j+1. Такие объекты, безусловно, следует различать. Это можно сделать введением класса-эталона, увеличение вероятности принадлежности к которому будет свидетельствовать об уменьшении риска. В ситуациях равных вероятностей отнесения объекта к классу-эталону берется второй эталон. Для каждого j-го класса естественными эталонами являются соседние j+1 и j-1 классы, хотя их выбор может предопределяться содержательной постановкой задачи.

Таким образом, на **втором этапе** предлагаемой процедуры ранжирования для каждого класса осуществляется выбор одного или двух классов-эталонов и производится ранжирование объектов по возрастанию/убыванию величины  $P_i^t$  – вероятности отнесения объекта i к классу-эталону. При необходимости может быть составлен общий рейтинг, однако при его использовании следует учитывать качественное различие объектов с рейтингами  $R_{n_j}$  и  $R_{n_{j+1}}$ ,  $j = 1, 2, \dots, k-1$ , где  $n_j$  – количество объектов с рейтингом j (при отсутствии связанных рангов).

Решение поставленных задач продемонстрируем на примере городов и районов Оренбургской области по данным, описанным в [1]. Полученные с использованием указанной процедуры результаты ранжирования городов и районов Оренбургской области по степени эколого-экономического риска показали, что первые 11 мест по уровню эколого-экономического риска занимают, помимо крупных промышленных городов области, такие районы, как Абдулинский, Бузулукский, Грачевский, Соль-Илецкий, Пономаревский, Тоцкий и Бугурусланский.

Перейдем к решению второй задачи. В 2000 году города и районы Оренбургской об-

ласти с благополучной обстановкой по риску составляли большую часть, почти 60% от общего числа административно-территориальных образований области, что было связано с низким уровнем производственно-хозяйственной деятельности, сопутствующей кризису того периода. В 2007 году более 60% составляют уже города и районы, характеризующиеся средним и высоким уровнем риска [1]. Для описания динамики вероятностей состояний объектов нами предлагается модель

$$P(t+1) = \Pi(t)P(t)$$

где  $P(t)$  и  $P(t+1)$  – векторы вероятностей нахождения в каждом из возможных состояний  $S_i$ ,  $i = 1, \dots, k$  в момент времени t, получаемые по модели интегрального показателя;

$\Pi(t)$  – искомая матрица переходных вероятностей в момент времени t такая, что

$$\pi_{ij}(t) = P\left(\frac{S_j^{t+1}}{S_i^t}\right).$$

Оценка матрицы переходных вероятностей, отражающей вероятности перехода из одной категории эколого-экономического риска в другую, более высокую или более низкую, может быть получена на основе построенной выше модели множественного выбора: оценка вероятности изменения уровня эколого-экономического риска с категории j в период времени t в категорию k в период времени t+1 находится как средняя арифметическая вероятности находиться в классе k в период времени t+1 по всем объектам, характеризующимся в момент времени t эколого-экономическим риском категории j. Нами предлагается, учитывая естественное устаревание информации, для получения матриц переходных вероятностей производить последовательную оценку модели интегрального показателя на ряде последовательных временных промежутков длительностью 4 года. В результате получены следующие оценки матриц переходных вероятностей:

$$\hat{\Pi}(2004) = \begin{pmatrix} 0,729 & 0,225 & 0,046 \\ 0,262 & 0,285 & 0,453 \\ 0 & 0,156 & 0,844 \end{pmatrix}$$

$$\hat{\Pi}(2005) = \begin{pmatrix} 0,330 & 0,336 & 0,304 \\ 0,140 & 0,533 & 0,327 \\ 0 & 0,134 & 0,866 \end{pmatrix}$$

Таблица 1. Города и районы Оренбургской области, ранжированные по степени проявления тенденции роста интегрального показателя эколого-экономического риска

Название города/района	Оценка коэфф.ранг. корреляции Спирмена	Набл. уровень знач.	Название города/района	Оценка коэфф.ранг. корреляции Спирмена	Набл. уровень знач.
<b>Существенный рост уровня эколого-экономического риска</b>					
Новосергиевский	- 0,89	0,00	г. Оренбург	- 0,70	0,05
Светлинский	- 0,87	0,00	г. Новотроицк	- 0,64	0,09
Октябрьский	- 0,84	0,01	Абдулинский	- 0,63	0,10
Матвеевский	- 0,83	0,01	Курманаевский	- 0,61	0,11
Соль-Илецкий	- 0,82	0,01	Беляевский	- 0,59	0,13
Сорочинский	- 0,81	0,01	Гайский	- 0,59	0,13
Тоцкий	- 0,78	0,02	Александровский	- 0,58	0,13
Кваркенский	- 0,78	0,02	Сакмарский	- 0,57	0,14
Бузулукский	- 0,77	0,03	г. Орск	- 0,57	0,14
Оренбургский	- 0,73	0,04	Акбулакский	- 0,48	0,23
<b>Несущественное изменение уровня эколого-экономического риска</b>					
Северный	- 0,42	0,30	Новоорский	- 0,14	0,73
Красногвардейский	- 0,32	0,43	Первомайский	- 0,01	0,98
Асекеевский	- 0,26	0,54	Илекский	0,00	1,00
Адамовский	- 0,24	0,56	г. Медногорск	0,00	1,00
Домбаровский	- 0,23	0,59	Шарлыкский	0,02	0,96
Пономаревский	- 0,18	0,67	Тюльганский	0,07	0,86
Ясненский	- 0,15	0,73	Ташлинский	0,28	0,51
Грачевский	- 0,14	0,73	Новоорский	- 0,14	0,73
<b>Уменьшение уровня эколого-экономического риска</b>					
Саракташский	0,43	0,29	Бугурусланский	0,68	0,06
Кувандыкский	0,63	0,10	Переволоцкий	0,86	0,01

$$\hat{P}(2006) = \begin{pmatrix} 0,980 & 0,020 & 0 \\ 0,204 & 0,741 & 0,055 \\ 0,038 & 0,200 & 0,762 \end{pmatrix}$$

$$\hat{P}(2007) = \begin{pmatrix} 0,824 & 0,176 & 0 \\ 0,094 & 0,797 & 0,109 \\ 0 & 0,272 & 0,728 \end{pmatrix}$$

Их анализ показывает, что к концу исследуемого периода существенно снизились возможности перехода объектов в классы с более высоким рейтингом, перехода в новый класс через состояние за 1 период времени. Это связано с тем, что ранее разрыв в уровне риска был сравнительно невысок и для улучшения состояния административно-территориального образования было достаточно отдельных мероприятий. Сейчас уровень риска в районах существенно увеличился, и его снижение, необходимое для перехода в класс меньшего риска, требует, по-видимому, длительного периода времени. Для объектов первого и второго классов увеличились вероятности объектов остаться в своих классах. Для объектов третьего класса (низкого риска) эта вероятность снизилась за счет увеличения вероятности перехода объектов класса 3 в класс более низкого рейтинга 2.

Перейдем к решению третьей задачи. В определенной степени о положительной или отрицательной динамике в поведении  $i$ -го объекта можно судить, определив его ранг в момент времени  $t$  по показателям, характеризующим этот объект в момент времени  $t+j$ , причем в нашем случае  $j=1, \dots, 7$ . Обозначим полученные ранги  $\text{rang}_{i,t}$ ,  $t=1, 2, \dots, T$ ;  $T=8$  – временной ряд рангов  $i$ -го объекта,  $i=1, 2, \dots, n$ ,  $n=39$ . В этом случае проверка гипотезы о несущественности ухудшения/улучшения ситуации в  $i$ -ом городе/районе сводится к проверке гипотезы об отсутствии в ряду  $\text{rang}_i$  тренда. Одним из непараметрических критериев проверки такой гипотезы является критерий, основанный на проверке значимости коэффициента ранговой корреляции Спирмена между значениями исследуемого временного ряда и значениями последовательности  $t=1, 2, \dots, T$  [3, с. 369-370]. Для тех городов/районов области, в которых происходило ухудшение ситуации (уменьшение значений  $\text{rang}_i$ ), коэффициент ранговой корреляции будет значим, близок к  $-1$ ; в которых имело место улучшение ситуации – значим и близок к  $1$ ; случаи стабильной обстановки по риску или наличия в течение исследуемого периода существенных колебаний, не позволяющие сделать вывод об

улучшении/ухудшении ситуации, дадут незначимое небольшое по абсолютной величине положительное или отрицательное значение коэффициента. Использование такой процедуры позволит выявить тенденцию изменения уровня риска для каждого исследуемого объекта, что представляется более обоснованным, нежели выводы по анализу изменений за отдельные годы. Для объектов, изменения рангов которых отсутствуют, коэффициент ранговой корреляции Спирмена принят равным нулю. Из-за малой длины временных рядов при проверке значимости ко-

эффициентов имело смысл использовать более высокий, чем обычно, уровень значимости. Результаты представлены в таблице 1.

Таким образом, применение предлагаемых подходов позволило выявить в рамках каждого из классов эколого-экономического риска наиболее ярко выраженных его представителей, выявить города/районы, сходные по тенденции изменения уровня эколого-экономического риска, а также то, что в 90% административно-территориальных образований области не произошло уменьшения уровня эколого-экономического риска.

**Список использованной литературы:**

1. Седова Е.Н. Модели бинарного и множественного выбора в задачах управления эколого-экономическими рисками // «Вестник ОГУ», 2008. – №8. – с 100-108
2. Greene, W.H. Econometric Analysis. 5<sup>th</sup> ed. – Prentice Hall, 2002. – 1026 p.
3. Суслов В.И., Ибрагимов Н.М., Талышева Л.П., Цыплаков А.А. Эконометрия. – Новосибирск: СО РАН, 2005. – 744 с.

**Renner A.G., Sedova E.N.  
AN ESTIMATION OF THE ENVIRONMENTAL RISK LEVEL DYNAMICS (ON AN EXAMPLE OF THE ORENBURG REGION)**

Annotation: Some approaches to the analysis of the environmental risk level dynamics with reference to Orenburg region districts are proposed. Two-stage rating procedure based on ordered response models is described.

Key words: environmental risk, ordered response model, rating, dynamics

Информация об авторах:

Реннер А.Г., заведующий кафедрой математических методов и моделей в экономике ГОУ ВПО «Оренбургский государственный университет», кандидат технических наук, доцент, 460018, г. Оренбург, пр-т Победы, 13, к. 6106Б, тел.: (3532) 372444, e-mail: mme@mail.osu.ru

Седова Е.Н., ассистент кафедры математических методов и моделей в экономике ГОУ ВПО «Оренбургский государственный университет», тел.: 89068342434, e-mail: pallada78@mail.ru