

*Е.Г. МОИСЕЕНКО, С.А. САМАЛЬ*

*Интеллектуальные математические методы анализа экономической безопасности государства*

Качественная оценка состояния экономической безопасности является одной из основополагающих предпосылок объективного прогноза положения и места государства в мировой системе. Очевидно, что разные группы населения в зависимости от квалификации, образования, информированности и еще целого ряда факторов будут оценивать ее по-разному. Совершенно иные оценки возможны со стороны зарубежных аналитиков.

В этой статье авторы руководствовались пятью условиями, являющимися, на их взгляд, необходимыми для оценки именно объективного состояния экономической безопасности. Авторы оставляют поле для дальнейших дискуссий по поводу достаточности их количества.

1. Вместо анализа, выбора и споров относительно репрезентативности выборок, авторы посчитали, что необходимо провести анкетное исследование *только среди* специалистов, имеющих в большой степени отношение к проблеме, изучению и сохранению экономической безопасности государства. Так появились эксперты, представляющие 3 глобальных блока:

- учреждения государственного управления;
- государственные высшие учебные заведения, ведущие подготовку специалистов высшей экономической квалификации (Белорусский государственный экономический университет и Белорусский государственный университет);
- силовые структуры.

Необходимо отметить, что говоря «*только среди*», авторы не подразумевают «*среди всех*».

2. Выбрав блоки, авторы не отбирали экспертов внутри них по какому-либо из признаков, а предложили участвовать *всем*.

3. Анкетирование проводилось *анонимно*.

4. Опрос, его обработка и последующие выводы ни в коей мере не имели целью получение внутрикорпоративной оценки, а были лишь направлены на наиболее

объективную характеристику экономической безопасности.

5. Инструментальные методы обработки выбирались и модифицировались исходя из априорного предположения о *неизвестности функции распределения вероятностей*, поэтому авторам не хотелось бы дискуссировать о том, параметрические или непараметрические методы математической статистики нужно было применять.

**Основы математического аппарата.** Еще полвека назад известными специалистами в области анализа статистических исследований Кендаллом и Спирменом была предложена процедура проведения экспертного анализа, ранжирования экспертных оценок и методика их обработки. Приведем ее основные этапы (более подробно см. в [1]).

Предположим, что ранжирование по значимости данных  $n$  экономических характеристик произведено группой экспертов, состоящей из  $m$  человек. Обозначим через  $R_{ij}$  ( $i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n$ ) ранг, присвоенный  $i$ -м экспертом  $j$ -му объекту. Получим  $m$  последовательностей рангов, которые удобно представить в виде таблицы, состоящей из  $m$  строк и  $n$  столбцов (табл. 1).

Таблица 1

Эксперт	Объект					
	$O_1$	$O_2$	...	$O_j$	...	$O_n$
$\mathcal{E}_1$	$R_{11}$	$R_{12}$	...	$R_{1j}$	...	$R_{1n}$
$\mathcal{E}_2$	$R_{21}$	$R_{22}$	...	$R_{2j}$	...	$R_{2n}$
...	...	...	...	...	...	...
$\mathcal{E}_i$	$R_{i1}$	$R_{i2}$	...	$R_{ij}$	...	$R_{in}$
...	...	...	...	...	...	...
$\mathcal{E}_m$	$R_{m1}$	$R_{m2}$	...	$R_{mj}$	...	$R_{mn}$
$S_j$	$\sum_{i=1}^m R_{i1}$	$\sum_{i=1}^m R_{i2}$	...	$\sum_{i=1}^m R_{ij}$	...	$\sum_{i=1}^m R_{in}$

Воспользовавшись коэффициентом ранговой корреляции Спирмена, можно определить степень согласованности мнений каждой пары экспертов. Получим

$C_m^2 = \frac{1}{2}m(m-1)$  коэффициентов корреляции. В рассматриваемом случае, когда имеется  $m$  экспертов, авторов статьи интересует не мера связи между каждой парой экспертов, а общая мера согласованности (конкордации) мнений всей группы экспертов.

Общую меру согласованности мнений всей группы экспертов называют коэффициентом согласованности (конкордации).

Достаточно наглядно такую меру можно было бы получить, усреднив все возможные значения коэффициентов  $\rho$ , вычисленные для каждой пары экспертов. Однако это достаточно трудоемкий процесс в случае, если  $m$  велико.

Для определения коэффициентов согласованности мнений экспертов поступим следующим образом. Вначале найдем суммы рангов  $S_j$ , присвоенных каждой  $j$ -той характеристике всеми экспертами, т.е. суммы элементов столбцов матрицы  $(R_{ij})$ :

$$S_j = \sum_{i=1}^m R_{ij} \quad (j=1, 2, \dots, n). \quad (1)$$

Затем найдем среднее значение суммы рангов одного объекта  $S$ . Сумма всех рангов матрицы  $(R_{ij})$  равна произведению числа строк матрицы  $m$  на сумму рангов каждой строки  $\frac{1}{2}n(n+1)$ , т.е.  $\frac{1}{2}mn(n+1)$ . Разделив сумму всех рангов на число характеристик  $n$ , получим среднее значение суммы рангов одной характеристики:

$$\bar{S} = \frac{1}{2}m(n+1) \quad (2)$$

Определим разности  $S_j - \bar{S}$  ( $j = 1, 2, \dots, n$ ) между суммой рангов, присвоенных каждой характеристике всеми экспертами, и средним значением суммы рангов  $\bar{S}$  и найдем сумму  $S$  квадратов отклонений:

$$S = \sum_{j=1}^n (S_j - \bar{S})^2 \quad (3)$$

В случае, если бы все мнения экспертов совпали, было бы верно следующее равенство:

$$S_j = mj \quad (j = 1, 2, \dots, n). \quad (4)$$

С учетом того, что указанные суммы необязательно располагаются в порядке возрастания, сумма квадратов отклонений (3) будет принимать максимальное значение, если

$$\begin{aligned} S_{\max} &= \sum_{j=1}^n (mj - \bar{S})^2 = \sum_{j=1}^n \left( mj - \frac{1}{2}m(n+1) \right)^2 = \\ &= m^2 \left( \sum_{j=1}^n j^2 - (n+1) \sum_{j=1}^n j + \frac{1}{4}n(n+1)^2 \right) = \\ &= m^2 \left( \frac{1}{6}n(n+1)(2n+1) - \frac{1}{2}n(n+1)^2 + \frac{1}{4}n(n+1)^2 \right) = \\ &= \frac{1}{12}m^2(n^3 - n). \end{aligned}$$

Итак,

$$S_{\max} = \frac{1}{12}m^2(n^3 - n). \quad (5)$$

Однако на практике во мнениях экспертов возникают некоторые расхождения, когда  $S$  меньше, чем  $S_{\max}$ , поэтому коэффициент конкордации (согласованности)  $W$  целесообразно определять следующим образом:

$$W = \frac{S}{S_{\max}} \quad (6)$$

Подставляя найденное значение  $S_{\max}$  в (6), получим

$$W = \frac{12S}{m^2(n^3 - n)}, \quad (7)$$

где  $S = \sum_{j=1}^n (S_j - \bar{S})^2$

Из формулы (6) следует, что коэффициент конкордации  $0 \leq W \leq 1$ . При возрастании  $W$  от 0 до 1 мнения экспертов становятся более согласованными. При полной согласованности мнений экспертов  $S = S_{\max} = 1$  и  $W = 1$ .

*Примечание.* Между средним значением коэффициента Спирмена  $\rho$ , вычисленного для  $\frac{1}{2}m(m-1)$  всевозможных пар экспертов и коэффициентом конкордации Кендалла существует следующая связь:

$$\bar{\rho} = \frac{mW - 1}{m - 1}$$

Рассмотрим случай, когда некоторые последовательности содержат связанные ранги. Тогда, коэффициент конкордации определяется с помощью следующей формулы:

$$W = \frac{12S}{m^2(n^3 - n) - m \sum_{i=1}^m T_i}, \quad (8)$$

Здесь

$$T_i = \sum_{l=1}^{L_i} (t_{il}^3 - t_{il})(i = 1, 2, \dots, m); \quad (9)$$

где  $L_i$  — число групп связанных рангов в  $i$ -й последовательности рангов;  $l$  — номер группы с совпавшими рангами;  $t_{il}$  — число одинаковых рангов в  $i$ -й последовательности с номерами  $l$ .

Если в  $i$ -й последовательности отсутствуют связанные ранги, то будем полагать  $T_i = 0$ . Проверка значимости  $W$ . Если  $n$  принимает значения от 3 до 7, а  $m$  — от 3 до 20, то

для проверки значимости (существенности) наблюдаемого значения  $W$  используются стандартные таблицы (см., например, [1]), в которых указаны критические значения суммы  $S$  при уровне значимости  $\alpha = 0,05$ .

При указанных выше значениях  $m$  и  $n$  по упоминавшимся таблицам определяют критическое значение суммы  $S$ , соответствующее 5 %-ному уровню значимости ( $\alpha = 0,05$ )

и сравнивают с  $S_{\text{расч.}} = \sum_{j=1}^n (S_j - \bar{S})^2$ . Если  $S_{\text{расч.}} \geq S_{\text{кр.}}$ , то значение коэффициента конкордации  $W$  является значимым, т.е. мнения экспертов согласованы.

Если же  $S_{\text{расч.}} < S_{\text{кр.}}$ , то мнения экспертов нельзя считать согласованными.

В случае, если  $n > 7$ , для проверки значимости  $W$  при отсутствии связанных рангов используют статистику

$$\chi_{\text{расч.}}^2 = m(n-1)W = \frac{12S}{mn(n+1)}, \quad (10)$$

при наличии связанных рангов

$$\chi_{\text{расч.}}^2 = \frac{12S}{mn(n+1) - \frac{1}{(n-1)} \sum_{i=1}^m T_i}, \quad (11)$$

где  $T_i$  определяется равенствами (9).

Распределение  $\chi_{\text{расч.}}^2$  совпадает с известным в статистике распределением  $\chi^2$  с  $\nu$  степенями свободы, где  $\nu = n - 1$ .

Для того чтобы при заданном уровне значимости ( $\alpha = 0,05$ ) проверить значимость  $W$ , нужно вначале вычислить  $\chi_{\text{расч.}}^2$  по формуле (10) при отсутствии связей и по формуле (11) при наличии связей в последовательностях рангов, затем по таблице критических точек распределения  $\chi^2$  по уровню значимости ( $\alpha = 0,05$ ) и числу степеней свободы ( $\nu = n - 1$ ) найти критическое значение  $\chi_{\text{кр.}}^2(0,05; \nu)$ .

Если  $\chi_{\text{расч.}}^2 \geq \chi_{\text{кр.}}^2$ , то коэффициент конкордации значим и мнения (ранжировки) экспертов согласованы.

В противном случае мнения экспертов нельзя считать согласованными.

*Примечание.* Для проверки значимости  $W$  можно прибегнуть к аппроксимации, основанной на использовании известного в статистике  $z$ -распределения Фишера. Будем полагать

$$z = \frac{1}{2} \ln \frac{(m-1)W}{1-W},$$
$$v_1 = n - 1 - \frac{2}{m}, \quad v_2 = (m-1)v.$$

Тогда, зная степени свободы  $v_1$  и  $v_2$ , можно проверить значение  $z$ , пользуясь приведенными в ряде источников таблицами распределения Фишера.

Этим методом удобно пользоваться при отсутствии связей, однако при их наличии процедура проверки значимости усложняется.

**Результаты экспертных оценок.** Как отмечалось выше, авторы статьи не преследовали цель выявить корпоративные мнения и тем более их сопоставить или оценить внутриведомственные интересы. Главным итогом является демонстрация существенности всех рассмотренных источников угроз экономической безопасности государства. Достаточное количество экспертов несомненно сыграли положительную роль не только с точки зрения объективности опроса, но и с точки зрения высокой степени достоверности общего мнения. Авторы специально привели результаты расчета для случая, когда самые «неудобные» эксперты были исключены из рассмотрения, что привело лишь к незначительному росту значения коэффициента конкордации (на 0,001), не изменив принципиально значения критерия  $\chi^2$  и тем самым достаточно высокую достоверность рассчитываемых коэффициентов (табл. 2, последняя графа).

Можно отметить также невысокий удельный вес каждого из исследуемых источников, что еще раз подтверждает гипотезу о значимости каждого рассматриваемого показателя. Интеллектуальные методы анализа оставляют достаточно большой простор для манипуляций с количеством внутренних и внешних угроз, которые бы позволили ощутимо повысить коэффициент конкордации. Авторы считают достигнутой цель — анализ лишь одного из вопросов, касающихся экономической безопасности, и демонстрации интеллектуальных подходов к модификациям методов ранговой корреляции.

Для формирования модели экономической безопасности Республики Беларусь в рамках проводимого исследования была использована методология, которая включает:

теоретико-методологическую разработку проблематики экономической безопасности государства для определения ее содержания, структуры, системы, динамики, базовых категорий и построения на этой основе модели экономической безопасности страны;

определение основных социально-экономических проблем, характерных для белорусского государства и связанных с промышленным и сельскохозяйственным секторами, конкурентоспособностью экономики, внешнеэкономической деятельностью, инфляцией, денежно-кредитной и бюджетной политикой, уровнем менеджмента в экономике, состоянием информационного пространства для выделения и группирования элементов модели;

анализ статистической информации и выделение основных экономических объектов модели экономической безопасности Беларуси (целей и приоритетов, источников угроз, методов);

формирование анкет на базе выделенных экономических объектов и проведение с их помощью социологического опроса среди специалистов органов государственного управления, безопасности, научной элиты, рейтингование полученных результатов;

проведение собеседования со специалистами из числа принимавших участие в анкетировании с целью уточнения полученных результатов;

изучение материалов академической науки по проблемам устойчивости, безопасности социально-экономических систем;

сбор и обработку социально-экономических данных сектора неправительственных организаций;

анализ информации правоохранительных органов по проблемам экономической безопасности;

анализ и систематизацию совокупности полученных данных в сопоставлении с социально-экономической обстановкой в республике;

выделение целей экономического развития, экономических приоритетов, угроз, показателей, основных общих и специальных методов реализации государственной политики в сфере экономической безопасности белорусского государства, совокупность

которых в их взаимосвязи является моделью экономической безопасности Республики Беларусь.

Таблица 2

№ п/п	Источники угроз экономической безопасности	Единое мнение	
		Начальное	-5
<b>ВНУТРЕННИЕ ИСТОЧНИКИ УГРОЗ</b>			
1.	Уровень инфляции	0,04267	0,04209
2.	Состояние бюджетной политики	0,03020	0,03067
3.	Девальвация национальной политики	0,03397	0,03376
4.	Состояние банковской системы	0,03411	0,03506
5.	Уровень налогообложения	0,03577	0,03546
6.	Монополизация экономики	0,03099	0,03140
7.	«Бартеризация» экономики	0,02659	0,02644
8.	Высокая кредитная эмиссия	0,03774	0,03786
9.	Энергоемкая и материалоемкая структура производства	0,03486	0,03340
10.	Финансовое положение субъектов хозяйствования	0,03426	0,03433
11.	Состояние взаиморасчетов предприятий	0,03131	0,03134
12.	Физическая изношенность производственных фондов	0,04258	0,04162
13.	Техническая отсталость индустриального сектора	0,04113	0,04004
14.	Рост запасов готовой промышленной продукции	0,03055	0,02801
15.	Финансовое положение домашних хозяйств, уменьшение их реальных доходов	0,03456	0,03451
16.	Обеспеченность населения продовольствием	0,03046	0,03033
17.	Снижение уровня жизни населения	0,03998	0,04000
18.	Уровень дифференциации доходов между группами населения	0,02190	0,02251
19.	Безработица	0,01896	0,01874
20.	Инфляционные ожидания	0,02799	0,02731

№ п/п	Источники угроз экономической безопасности	Единое мнение	
		Начальное	-5
21.	Недоверие к инфляционной политике	0,03309	0,03276
22.	Состояние сельского хозяйства	0,04290	0,04216
23.	Экономическая преступность	0,02715	0,02754
24.	Коррупция в органах власти	0,02908	0,02977
25.	«Бегство» капитала за рубеж	0,02978	0,03089
26.	Разрушение интеллектуального потенциала	0,03757	0,03721
27.	Уровень защиты интеллектуальной собственности	0,03032	0,03145
28.	Централизация управления экономикой	0,03103	0,03189
29.	Деятельность «групп давления»	0,02268	0,02346
30.	Деятельность оппозиции	0,01037	0,01089
31.	Проникновение российского капитала в экономику государства	0,01784	0,01889
32.	Отсутствие достаточного количества энергосырьевых ресурсов на территории страны	0,02760	0,02820
<b>Коэффициент конкордации Кендалла</b>		<b>0,23553</b>	<b>0,23664</b>
<b>Критерий Хи-квадрат</b>		<b>657,12920</b>	<b>623,5364</b>
<b>ВНЕШНИЕ ИСТОЧНИКИ УГРОЗ</b>			
1.	Глобализация мировой экономики	0,03040	0,02991
2.	Уровень открытости экономики	0,03646	0,03819
3.	Экономическая, сырьевая зависимость от России	0,06678	0,06642
4.	Состояние конкурентоспособности национального производства	0,08226	0,08171
5.	Изоляция на международном финансовом рынке	0,08937	0,08860
6.	Зависимость от поставок нефти	0,08524	0,08397
7.	Зависимость от поставок газа	0,08804	0,08576
8.	Зависимость от поставок продовольствия	0,05592	0,05490
9.	Потеря традиционных рынков сбыта	0,06801	0,07032

№ п/п	Источники угроз экономической безопасности	Единое мнение	
		Начальное	-5
10.	Отсутствие стимулов для инвесторов	0,08433	0,08420
11.	Задолженность кредиторам	0,05586	0,05494
12.	Подрыв конкурентоспособности белорусской экономики Западом	0,04541	0,04728
13.	Деятельность МВФ и Всемирного банка	0,03270	0,03331
14.	Деятельность западных банков и финансовых комиссий	0,03034	0,03175
15.	Снижение уровня и размеров внешних инвестиций	0,07559	0,07535
16.	Проникновение иностранного частного капитала в экономику страны	0,02253	0,02385
17.	Деятельность международных преступных группировок в экономике и финансах	0,05075	0,04953
	<b>Коэффициент конкордации Кендалла</b>	<b>0,36886</b>	<b>0,38052</b>
	<b>Критерий Хи-квадрат</b>	<b>531,16340</b>	<b>517,5073</b>
	<b>Количество экспертов</b>	<b>90</b>	<b>85</b>

### Литература

*Аксень В.Н., Марьин Ю.И., Ильин Н.М., Самаль С.А.* Ранговые корреляции в товароведении: Метод. рекомендации. Мн., 1993.