

## **ОБ ОДНОМ ПОДХОДЕ К ПОНЯТИЮ УСТОЙЧИВОСТИ И ПОСТРОЕНИЮ СИСТЕМЫ ПОРОГОВЫХ ЗНАЧЕНИЙ КЛЮЧЕВЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ**

**Р.Ю. Симанчев**<sup>1</sup>

д.ф.-м.н., доцент, e-mail: osiman@rambler.ru

**И.В. Уразова**<sup>2</sup>

к.ф.-м.н., доцент, e-mail: urazovainn@mail.ru

<sup>1</sup>Омский научный центр СО РАН, Омск, Россия

<sup>2</sup>Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского, Омск, Россия

**Аннотация.** Определена общая методика построения пороговых значений ключевых показателей в контексте подхода к оценке устойчивости состояния социально-экономической системы. Через понятие системы пороговых значений обозначен аналитический подход к понятию угрозы экономической безопасности.

**Ключевые слова:** система ключевых показателей, пороговые значения, устойчивость социально-экономической системы, доминирующие множества.

### **Введение**

Под экономической безопасностью региона мы понимаем интегральную характеристику состояния экономики региона, отражающую уровень её защищённости от угроз социально-экономическому развитию. Проблематика экономической безопасности территорий активно исследуется в западных странах с середины XX в., российскими учёными – с начала 1990-х гг. Но до сих пор продолжаются дискуссии о показателях, подходах и методиках оценки региональной экономической безопасности.

Особое внимание при анализе уровня экономической безопасности региона в современной экономической науке уделяется созданию индикативной системы оценки. Количество подходов к формированию систем индикаторов, к определению самих понятий, таких как показатель, пороговое значение, индикатор, растёт с каждой новой публикацией. При этом неоднозначность предлагаемых формулировок, методологическая нестройность понятий и особенно отсутствие обоснованной методики вычисления сопутствующих подходу числовых характеристик мешают, на наш взгляд, построить объективную концепцию индикативной оценки уровня экономической безопасности региона.

Для разработки авторского подхода к построению системы индикативной оценки экономической безопасности региона ставятся следующие задачи:

- исследование сущности понятия «ключевые показатели», его формализация в терминах минимальных по включению индикаторных (доминирующих) подмножеств графа, формулирование оптимизационных задач и построение их целочисленных моделей;
- разработка подхода к определению устойчивости системы, использование понятия устойчивости как целеполагающего направления для построения системы пороговых значений показателей (ключевых показателей), обеспечивающих экономическую безопасность региона.

Показателями принято называть содержательные характеристики экономической ситуации, допускающие количественное выражение. Принципиальным в этом понятии мы считаем возможность численного измерения показателя на протяжении определённого количества периодов. При этом важно, чтобы методика получения численных характеристик оставалась постоянной, что позволит использовать статистические методы для анализа ситуации.

Отметим, что в научной литературе наиболее широко применяется понятие «индикатор экономической безопасности» [1, 2]. Понятие «ключевой показатель экономической безопасности» встречается крайне редко, однако с его помощью становится возможным выстроить логическую связь между терминами в рамках изучаемой темы. В нашей трактовке индикатор экономической безопасности представляет собой ключевой показатель в совокупности с пороговым значением, выход за пределы которого грозит разрушительными процессами. Под ключевыми показателями мы понимаем ограниченный перечень показателей, способных достаточно полно отразить состояние экономики с позиции экономической безопасности.

Фактические значения индикаторов сравниваются с пороговыми значениями, что позволяет судить об уровне экономической безопасности территории, чему посвящены работы [3–6]. При этом предполагается, что перечень индикаторов выбран из множества статистических показателей социально-экономического развития региона. Однако подробное обоснование этого выбора в основном не приводится. Авторы ограничиваются лишь общим видением ситуации на основе экспертных оценок.

Иначе говоря, из перечня показателей выделяются некоторые «ключевые» показатели. Однако в экономической литературе на сегодняшний день плохо просматривается ответ на вопрос о том, на основании каких соображений выделять этот ограниченный набор показателей. Здесь при анализе существующих систем индикаторов мы вновь сталкиваемся с мнениями специалистов, которых зачастую больше, чем самих показателей. При ответе на этот вопрос нам представляется важным следующее соображение.

В описательной форме под ключевыми показателями будем считать показатели, которые:

- в количественной форме отражают состояние экономической безопасности;
- обладают высокой чувствительностью к изменениям ситуации;
- взаимодействуют с остальными показателями и между собой в достаточно сильной степени.

## 1. Функция оценки состояния системы и устойчивость

В настоящем разделе мы предлагаем подход к определению понятия устойчивости социально-экономической системы. Мы делаем это с целью минимизации субъективизма при анализе функционирования системы, при определении основных понятий индикаторного подхода. Ранее [7] мы разработали модели построения множества ключевых показателей как короткого (насколько возможно) набора показателей, которые наиболее сильно влияют на функционирование системы и в конечном счёте могут служить фундаментом для её анализа. Следующим принципиальным шагом при использовании индикаторного подхода является определение пороговых значений найденных ключевых показателей. На сегодняшний день, как уже говорилось, пороговые значения определяются, как правило, экспертным путём, т. е. отражают скорее наши предположения и экспертные мнения, чем внутренние свойства самой системы. Мы закладываем во главу угла тезис о том, что критерием для определения пороговых значений показателей должны быть не возрастание/убывание значений показателей, а реакция системы на изменение взаимосвязей между показателями. Изменение степени влияния одного показателя на другой в идеале не должно сильно отражаться на состоянии системы. Один из вариантов построения функции, отражающей интегральное состояние системы, рассматривался нами в предыдущие годы. Эта функция основывалась на так называемом весе множества ключевых показателей [7]. Были предложены три различные модели (точная и две приближённые) вычисления этой функции, проведены численные эксперименты, целью которых были:

- оценка возможностей предложенных алгоритмов с точки зрения размерности задачи (числа показателей системы);
- формирование множества ключевых показателей максимального веса для Томской, Новосибирской и Омской областей России.

При этом подходе вес оптимального множества ключевых показателей мы рассматриваем как интегральную характеристику, как функцию системы, отражающую глубину взаимосвязей показателей между собой. Изменение внешней ситуации может либо привести к уменьшению веса оптимального множества ключевых показателей (т. е. ослаблению взаимосвязей между показателями), либо нет. Отсюда естественным образом мы приходим к понятию устойчивости социально-экономической системы, т. е. к состоянию «безопасному» с точки зрения своей стабильности. В этом смысле состояние системы может оказаться устойчивым или неустойчивым.

Итак, под системой  $S$  мы будем понимать множество  $V$  из  $n$  показателей в совокупности с вектором переменных  $x = (x_{ij}, i, j = 1, 2, \dots, n; i \neq j)$ . Переменные  $x_{ij} \in [\alpha, 1]$  будем понимать как коэффициенты, численно характеризующие степень связи между показателями  $i$  и  $j$ . Параметр  $\alpha \in [0, 1]$  задаётся априори и является порогом зависимости между парой показателей, в том смысле что если степень зависимости между показателями  $i$  и  $j$  меньше  $\alpha$ , то полагаем  $x_{ij} = 0$ , т. е. этой зависимостью можно пренебречь. Вектор  $x$  при фиксированных значениях переменных будем называть состоянием системы. В связи с этим целесообразно

использовать обозначение  $S_\alpha(x)$ . Введём в рассмотрение числовую функцию  $r_\alpha(x)$  – оценку состояния системы. Она может быть разной, её, видимо, формируют эксперты. Например, она может рассматриваться как

- «глубина», степень взаимосвязанности показателей системы  $S_\alpha(x)$  при том или ином подходе к оценке этой взаимосвязанности;
- как наибольший вес среди всех весов множеств ключевых показателей;
- и т. п.

Функция  $r_\alpha(x)$  может иметь аналитическое выражение или вычисляться алгоритмически. Как уже говорилось, конкретная структура и содержательный смысл этой функции может быть разным [7].

Для определения понятия устойчивости нами используется классический подход, заключающийся в оценке изменения функции при возмущении её аргументов.

Пусть  $\delta = (\delta_{ij}, i, j = 1, 2, \dots, n)$  – вектор возмущений,  $\delta_{ij} \in (-1, 1)$  и при этом  $0 \leq x_{ij} + \delta_{ij} \leq 1$  для всех  $ij \in A$ .

Определим также  $O_\delta(x) = \{y | d(x, y) \leq \delta\}$  – окрестность состояния  $x$ , где  $d(\cdot, \cdot)$  – какой-либо способ сравнения «расстояния» между двумя состояниями.

Формально говоря, состояние  $S_\alpha(x)$  будем считать  **$\delta$ -устойчивым**, если для любого  $y \in O_\delta(x)$  разность  $|r_\alpha(x) - r_\alpha(y)|$  достаточно мала. Конкретизация формулировки «достаточно мала» является на данный момент, по-видимому, прерогативой экспертов. Отметим также, что внесение возмущения в состояние системы возможно в том числе и путём изменения порога зависимости  $\alpha$ .

## 2. Система пороговых значений

Пороговые значения показателей для состояния  $S_\alpha(x)$  целесообразно понимать как максимальный вектор пороговых значений  $\delta = (\delta_{ij}, i, j = 1, 2, \dots, n)$ . Иначе говоря, вектором пороговых значений назовём такой  $\delta = (\delta_{ij}, i, j = 1, 2, \dots, n)$ , что состояние  $S_\alpha(x)$  является  $\delta$ -устойчивым, но не является  $(\delta + \epsilon)$ -устойчивым при любом  $\epsilon > 0$ .

По сути дела, пороговое значение, равно как и множество ключевых показателей, определяется не отдельно для каждого показателя (или ключевого показателя), а одновременно для всего множества показателей (ключевых показателей).

Мы приходим к понятию системы пороговых значений.

С точки зрения устойчивости система пороговых значений должна характеризовать «близость» устойчивого состояния к резкому изменению функции взаимосвязей между показателями (функция  $r_\alpha(x)$ ).

Возможен другой взгляд: если система не находится в устойчивом состоянии, то «насколько устойчивое состояние далеко от данного» и какими показателями следует управлять, чтобы попасть в какое-либо из устойчивых состояний.

Предлагается заложить во главу угла тезис о том, что критерием для определения пороговых значений показателей должен быть не «рост благосостояния», а реакция системы на изменение взаимосвязей между показателями. Во всяком случае

добиваться роста благосостояния тоже нужно, но не путём «борьбы» за отдельно взятый показатель, а путём переходов от одного устойчивого к другому устойчивому состоянию.

Между устойчивыми состояниями возможна своя иерархия предпочтений. При этом сравнение состояний между собой – это отдельная задача, которая зачастую исследуется вне привязки к самой природе пороговых значений. В этой ситуации основная трудность заключается в выборе функции, посредством которой оценивается глубина взаимосвязей между показателями. Мы предлагаем возможный вариант построения такой функции.

### 3. Пример функции оценки состояния системы

С системой  $S_\alpha(x)$  мы связываем ориентированный рёберно-взвешенный граф  $G_\alpha(x)$ , множеством вершин которого является множество всех показателей  $V$ , а множеством дуг  $A$  – упорядоченные пары вершин с ненулевой степенью зависимости [8].

С помощью графа  $G_\alpha(x)$  мы определяем функцию, интегрально характеризующую «глубину» взаимосвязей показателей между собой. Множество  $W$  из  $V$  называется множеством ключевых показателей (МКП) системы  $S_\alpha(x)$ , если любая вершина графа  $G_\alpha(x)$  либо принадлежит  $W$ , либо достижима из  $W$  за один шаг [8,9]. В рамках этого определения само множество  $V$  всех показателей тоже является МКП. Для исключения этой ситуации и стремления уменьшить количество ключевых показателей, мы будем рассматривать только минимальные по включению МКП, т. е. только такие, из которых нельзя отбросить ни одной вершины без потери свойства быть МКП. Соответственно через  $I_\alpha(x)$  мы обозначим множество всех минимальных по включению МКП в графе  $G_\alpha(x)$ . Теперь определим функцию, посредством которой мы предлагаем «измерять» степень взаимосвязанности системы  $S_\alpha(x)$ :

$$r_\alpha(x) = \max \left\{ \sum_{i \in W, j \in V \setminus W} x_{ij}, \text{ по всем } W \in I_\alpha(x) \right\}.$$

Таким образом, мы измеряем степень взаимосвязанности показателей системы  $S_\alpha(x)$  как наибольший вес среди всех весов множеств ключевых показателей.

В нашей ситуации аргументами функции  $r_\alpha(x)$  являются переменные, характеризующие степень связанности между показателями. При переходе от состояния  $S_\alpha(x)$  к состоянию  $S_\alpha(x + \delta)$  возможны достаточно резкие скачки в значении функции  $r_\alpha(x)$ . Это связано с тем, что для какой-либо дуги величина  $x_{ij} + \delta_{ij}$  может оказаться меньше порога зависимости  $\alpha$ , либо наоборот при первоначальном  $x_{ij}$  меньшем  $\alpha$  новое значение  $x_{ij} + \delta_{ij}$  может оказаться больше, чем  $\alpha$ . В первом случае дуга из графа  $G_\alpha(x)$  исчезает, во втором – появляется.

Более подробное описание данной модели, а также анализ поведения предложенной функции  $r_\alpha(x)$  можно найти в работе [7].

## Заключение

Предложенный подход к определению ключевых показателей экономической безопасности региона опирается на формализацию понятия «ключевые показатели» в математических терминах (статистический анализ, теория графов, оптимизация), так как именно этот язык, на наш взгляд, в наибольшей степени позволяет избежать субъективности. Множество ключевых показателей определяется как некоторое подмножество исходного множества показателей, имеющее наибольшее влияние на ситуацию. Особенностью предлагаемого подхода является тезис о том, что одна и та же система индикаторов не может быть универсальной для различных социально-экономических образований, поскольку глубинные взаимосвязи между показателями могут иметь различную природу.

Мы также обсуждаем вопрос об определении понятия устойчивости социально-экономической системы. Мы закладываем во главу угла тезис о том, что критерием для определения пороговых значений показателей должны быть не возрастание/убывание значений показателей, а реакция системы на изменение взаимосвязей между показателями. В этой ситуации основная трудность заключается в выборе функции, посредством которой оценивается глубина взаимосвязей. Мы предлагаем возможный вариант построения такой функции.

Одной из особенностей нашего подхода является вывод о том, что пороговое значение, равно как и множество ключевых показателей, определяется не отдельно для каждого показателя (или ключевого показателя), а одновременно для всего множества показателей (ключевых показателей). Иначе говоря, мы приходим к понятию системы пороговых значений. С точки зрения устойчивости система пороговых значений должна характеризовать «близость» устойчивого состояния к резкому изменению функции взаимосвязей между показателями.

Данный подход следует рассматривать как аппарат, применимый для определённого круга ситуаций, как элемент гибридного анализа не только для экономической безопасности, но и более широкого спектра социально-экономических задач.

## Благодарности

Работа выполнена в рамках государственного задания Омского научного центра СО РАН, № 121022000112-2.

## Литература

1. Агалаков С.А., Симанчев Р.Ю., Уразова И.В. Об одном подходе к построению системы ключевых показателей экономической безопасности // Вестник Омского университета. Серия «Экономика». 2018. № 4. С. 5–12.
2. Кораблева А.А., Карпов В.В. Индикаторы экономической безопасности региона // Вестник Сибирского института бизнеса и информационных технологий. 2017. № 3 (23). С. 36–42.
3. Ворона-Сливинская Л.Г., Лобанов М.В. Проблемы выбора индикаторов экономической безопасности государства и определение их пороговых значений // Вестник Санкт-

- петербургского университета Государственной противопожарной службы. 2009. № 4. С. 43–47.
4. Логинов К.К. Анализ индикаторов региональной экономической безопасности // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. 2015. № 2 (42). С. 132–139.
  5. Кузнецов Д.А., Руденко М.Н. Система индикаторов оценки экономической безопасности страны // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2015. Т. 11, вып. 23. С. 59–68.
  6. Карпов В.В., Симанчев Р.Ю. Определение и угрозы энергетической безопасности // Вестник Омского университета. Серия «Экономика». 2016. № 4. С. 30–38.
  7. Simanchev R. Yu., Urazova I. V., Voroshilov V. V. The minimal dominating sets in a directed graph and key indicators set of socio-economic system // Ural Mathematical Journal. 2023. Vol. 9, No. 1. P. 153–161.
  8. Christofides N. Graph Theory. An Algorithmic approach. London; Academic Press Inc., 1975.
  9. Cheston G. A., Fricke G., Hedetnieme S. T. On the computational complexity of upper fractional domination // Discrete Applied Mathematics. 1990. No. 27. P. 195–207.

**ON APPROACH TO THE CONCEPT OF SUSTAINABILITY  
OF THE SOCIO-ECONOMIC SYSTEM AND TO THE CONSTRUCTION  
OF A THRESHOLD VALUES SET OF KEY INDICATORS**

**R. Yu. Simanchev<sup>1</sup>**

Dr.Sc. (Phys.-Math.), Associate Professor, e-mail: osiman@rambler.ru

**I. V. Urazova<sup>2</sup>**

Ph.D. (Phys.-Math.), Associate Professor, e-mail: urazovainn@mail.ru

<sup>1</sup>Omsk Scientific Center of SB RAS, Omsk, Russia

<sup>2</sup>Dostoevsky Omsk State University, Omsk, Russia

**Abstract.** A general methodology for constructing threshold values of key indicators in the context of an approach to assessing the sustainability of a socio-economic system is defined. The concept of a threshold value system is used to define an analytical approach to the concept of a threat to economic security.

**Keywords:** key indicators system, threshold values, sustainability of the socio-economic system, dominating sets.

*Дата поступления в редакцию: 15.09.2024*