

## **УСЛОВИЯ УСТОЙЧИВОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

**Э.Г. ПЕТРОВ, Е.В. ГУБАРЕНКО**

Описаны свойства и структура социально-экономической системы с учетом социальной, экономической и экологической (ноосферной) составляющей. Это позволяет комплексно анализировать систему, выделять латентные закономерности и синтезировать более эффективные модели. Проведен анализ условий устойчивости социально-экономических систем и предложен подход к определению количественной оценки устойчивости для более эффективной организации управления системами различного иерархического уровня. Предложен способ индексации характеристик элементов социально-экономической системы. Это позволяет рассматривать каждую характеристику в отдельности, но при этом сохранить понимание, на каком иерархическом уровне в общей структуре она находится, с какими элементами связана, какие обобщает или частью каких является. Проанализированы способы реализации управления организационными системами. Представлены особенности применения различных полиномиальных моделей для формирования обобщенных оценок устойчивости.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Общественные процессы усложняются по мере развития общества и возрастающей конкуренции за ресурсы и рынки сбыта со стороны участников общественных процессов. Взаимодействие общества с окружающей средой становится все более активным. Ощутимее становится воздействие на экологические (атмосферный воздух, пресная вода, плодородные почвы), биологические (вылов рыбы, охота, хозяйственное освоение ариалов обитания) и генетические (генную модификацию и селекционный отбор претерпели более 85% всех сельскохозяйственных культур) показатели. В сочетании с дифференциацией уровня развития производительных сил и соответственно доходов, это делает многие регионы крайне привлекательными для массовой миграции, следствием которой является снижение уровня жизни коренного населения и обострение межнациональных, расовых, этнических, религиозных и культурных конфликтов.

Все перечисленные факторы выступают в качестве возмущающих воздействий, приводящих в определенных условиях к локальным или региональным кризисным ситуациям, что в свою очередь вызывает экономические, социальные и экологические потери.

Переход к концепции устойчивого развития [1] предусматривает необходимость развития теории и практики управления, обеспечивающего устойчивость и повышение эффективности функционирования социально-экономических систем (СЭС) на всех уровнях.

**Цель работы** — системный анализ и формализация показателей устойчивости, разработка метода и моделей формирования управления устойчивостью и эффективностью СЭС.

## УСТОЙЧИВОСТЬ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Структура любой системы представляет собой упорядоченные отношениями множество элементов. Соответственно структура СЭС является упорядоченной совокупностью трех гиперэлементов: финансово-экономического, социального и ноосферного [2], которые всесторонне характеризуют сферы общественной жизни.

Конструктивный анализ СЭС требует структуризации и детализации описания каждого элемента. Они описываются некоторым набором характеристик, а совокупность характеристик всех элементов должна однозначно определять состояние СЭС в целом. Таким образом, состояние СЭС определяется множеством характеристик

$$H_C = H_1 \cup H_2 \cup H_3, \quad (1)$$

где  $H_1, H_2, H_3$  — кортежи характеристик финансово-экономических, социальных и ноосферных элементов систем.

$$H_i = \langle h_{i,j} \rangle, \quad (2)$$

$i = \overline{1,3}$  — номер элемента СЭС,  $j = \overline{1,n}$  — номер локальной характеристики  $i$ -го элемента.

Будем различать множество (пространство) возможных и допустимых состояний СЭС. Под возможным будем понимать любое состояние, характеризующееся максимальным интервалом изменения параметров. Это означает, что параметры не ограничены и определяют область безусловного существования СЭС. Однако в реальных условиях не все значения параметров являются допустимыми по финансово-экономическим, техническим, морально-этическим, социальным соображениям. Это приводит к необходимости выделения в каждом конкретном случае множества (пространства) допустимых значений параметров (состояний) СЭС.

Пространство допустимых состояний конкретной СЭС определяется ограничениями на все критические характеристики, заданными в виде системы уравнений, определяющих некоторое многомерное пространство. Это означает, что любое допустимое состояние СЭС может быть представлено в виде точки в пространстве допустимых состояний.

СЭС по определению является целенаправленной системой, целью которой является максимизация удовлетворения потребностей общества. Независимо от метрики, в которой измеряется степень достижения цели, это означает необходимость достижения СЭС наиболее эффективного состоя-

ния. СЭС является динамической системой, поэтому в силу различных причин происходит изменение ее состояния. Последовательность состояний СЭС во времени будем называть траекторией движения. Будем различать траектории развития, стационарности (стагнации) и деградации. В первом случае происходит позитивное изменение характеристик СЭС, приводящих в совокупности к более эффективному состоянию. Во втором случае система находится в некотором неизменном, фиксированном состоянии, но в условиях динамического развития метасистемы, элементом которой она является, это приводит к поступательному снижению относительных показателей, потере конкурентоспособности, снижению привлекательности и т.д. Траектория деградации связана с количественным и качественным ухудшением характеристик СЭС и потерей ее целевой эффективности.

Необходимым условием развития СЭС является эффективное управление и наличие ресурсов. Развитие системы происходит под действием управляющих воздействий, т.е. в результате целенаправленного изменения количественно и качественно характеристик СЭС.

Управление обеспечивает: повышение эффективности системы (оптимизацию), как результат ее развития; парирование внешних возмущений и стабилизацию траектории развития.

По определению, любая система, функционирующая в условиях ограниченной области допустимых состояний, т.е. в условиях ограничений, достигает максимально эффективного состояния на границе области. Но в этом состоянии СЭС является неустойчивой системой. Это обусловлено тем, что любое внешнее случайное или целенаправленное воздействие на систему приведет к отклонению от наиболее эффективного граничного состояния. При этом случайные воздействия могут иметь как негативные, так и позитивные последствия. В первом случае система с нулевой устойчивостью переходит в недопустимую область, т.е. в зону кризиса, а во втором — в некоторое состояние во внутренних окрестностях границы допустимой области. Этот запас является позитивным, так как может быть использован как управляющее воздействие для повышения эффективности. Целенаправленное внешнее воздействие (например, конкуренция) всегда является негативным дестабилизирующим фактором.

Очевидно, что положение состояния системы относительно границы допустимой области состояний определяет степень ее устойчивости:

- за пределами допустимой области СЭС находится в состоянии кризиса;
- на границе допустимой области — в состоянии нулевой устойчивости, любое негативное возмущение переведет систему в кризисное состояние;
- если система находится внутри допустимой области, то находится в устойчивом состоянии, при этом величина позитивного отклонения от границы определяет запас устойчивости.

Как уже отмечалось, СЭС содержит три вида элементов, каждый из которых описывается группой взаимосвязанных характеристик. В зависимости от уровня иерархии рассмотрения СЭС, целей и глубины анализа возникают две взаимосвязанные задачи:

- описание иерархической структуры и индексации характеристик СЭС;
- формирование количественной оценки степени устойчивости СЭС.

## ИЕРАРХИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА И ИНДЕКСАЦИИ СЭС

Формирование скалярных оценок для СЭС конкретного уровня происходит за счет поступательной свертки показателей СЭС более низких уровней, объединенных единой методологией формирования подобных оценок [3]. Иерархическая структура формирования скалярной оценки СЭС, обусловлена объективной необходимостью сравнения различных решений, которые могут быть приняты с целью разрешения возникшей проблемы, либо оптимизации процесса функционирования.

Разработка глобальной системы учета характеристик СЭС, которая бы рассматривала всю планету Земля с точки зрения единой социально-экономической структуры, является жизненно необходимой целью современного общества. Помимо самой структуры планетарной СЭС, существует острая необходимость развития систем мониторинга [4], которые в ходе своего функционирования будут накапливать огромные объемы информации, а также аккумулировать опыт учета параметров и синтеза моделей. Необходимо использовать получаемый опыт при построении систем мониторинга для наблюдения за схожими СЭС, а также обмениваться результатами наблюдений и анализа по рабочим моделям, для разработки адекватных систем управления. Другими словами необходимо создать глобальную систему регистрации и учета СЭС различных уровней, которая соответствовала бы ряду требований и могла:

- давать четкое представление о принадлежности локальной конкретной СЭС к системе более высокого уровня;
- позволять формировать комплексную систему параметров (для предотвращения ситуаций, когда параметры учитываются многократно, что приводит к неверной оценке происходящего);
- давать возможность выработки комплекса требований к системам мониторинга, к синтезируемым моделям и используемой информации, определяя методологию их формирования;
- позволять накапливать и систематизировать информацию, опыт применения, особенности наблюдения и результаты исследований для определенных СЭС;
- позволять находить и обмениваться накопленной информацией и опытом, между системами мониторинга и управления, схожих СЭС.

На рис. 1 приведено схематическое представление иерархии СЭС, вплоть до образующих их элементов. Система регистрации указывает к какой ветви принадлежит СЭС или элемент, а также на каком уровне в иерархии располагается рассматриваемый элемент.  $x_{0111}$  — означает, что элемент располагается на четвертом уровне, так как индекс имеет четыре значения, ветвь принадлежности имеет следующую последовательность:  $x_0 \rightarrow x_{01} \rightarrow \rightarrow x_{011}$  (мета система  $\rightarrow$  первый элемент на втором уровне  $\rightarrow$  первый элемент на третьем уровне). Максимальное количество цифр в индексе принадлежности неограниченно. Для предотвращения путаницы в случае использования цифр превышающих 9, данное число выделяется точками. Пример,  $x_{0.111.3.45}$ . — означает, что элемент принадлежит ветви метасистема  $\rightarrow$  сто одиннадцатый элемент на втором уровне  $\rightarrow$  третий элемент на третьем уровне. Сам же рассматриваемый элемент, является сорок пятым.

Предложенный способ иерархической индексации, имеет рекомендательный характер для удобства структуризации и построения скалярных и качественных оценок СЭС различного уровня.

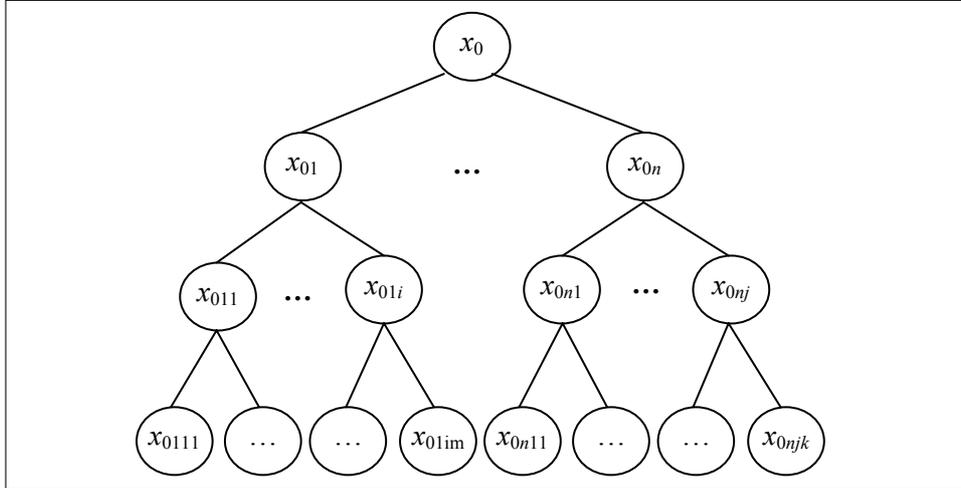


Рис. 1. Иерархическая структура СЭС в метасистеме планетарного масштаба

### ФОРМИРОВАНИЕ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОСТИ СЭС

Задание допустимого пространства состояний СЭС означает, что по всем критическим характеристикам СЭС  $\langle h_{i,j} \rangle$  (2) заданы ограничения вида:

$$h_{i,j}^H \leq h_{i,j} \leq h_{i,j}^B; \quad h_{i,j} = h_{i,j}^D, \quad (3)$$

где  $H, B, D$  — соответственно индексы нижнего, верхнего и допустимого значения локальных характеристик состояния СЭС.

Каждое из неравенств или уравнений (3) определяет локальную линейную или нелинейную границу, а их совокупность — некоторую область в  $n$ -мерном пространстве характеристик. Это не исключает возможность объединения нескольких характеристик в функционально связанные группы. В такой интерпретации состояние каждой конкретной СЭС может быть представлено в виде многомерной точки в допустимой области функционирования. Тогда кратчайшее расстояние от точки, представляющей состояние системы до границы допустимой области может быть интерпретировано как количественный показатель устойчивости системы. Каждая локальная характеристика определяет какую-либо границу допустимого пространства, а их функционально связанная группа — какой-либо фрагмент границы допустимой области. Тогда расстояние до этого фрагмента границы от точки фактического состояния системы характеризует социальную, экономическую, экологическую или любую другую устойчивость системы.

С учетом сказанного, характеристика запаса устойчивости СЭС по любой локальной характеристике будет определяться в натуральных показателях по формуле:

$$\Delta h_{ij} = h_{ij}^F - h_{ij}^H, \quad (4)$$

где  $H, F$  — соответственно граничное и фактическое значение характеристики. В относительных показателях

$$U_{ij} = \frac{\Delta h_{ij}}{h_{ij}^B - h_{ij}^H} 100\%. \quad (5)$$

Более сложно формируются оценки устойчивости по функционально связанной группе показателей. В этом случае предлагается оценивать значение устойчивости по безразмерному показателю вида

$$U_i = \sum_{j=1}^n a_{ij} h_{ij}^N, \quad (6)$$

где  $a_i$  — безразмерные показатели относительной важности  $i$ -й характеристики, при условии, что  $0 \leq a_{ij} \leq 1$ ,  $\sum_{j=1}^n a_{ij} = 1$ ;  $h_{ij}^N$  — нормализованное значение  $i$ -й локальной характеристики СЭС.

Для нормализованных локальных характеристик должны выполняться следующие условия [5]: безразмерность; ограниченный, одинаковый для всех интервал возможных значений  $[0,1]$ ; инвариантность к направлению доминирования (min, max); неотрицательность.

Удовлетворение всех перечисленных требований обеспечивается модели нормализации вида

$$h_{ij}^N = \frac{h_{ij}^F - h_{ij}^H}{h_{ij}^B - h_{ij}^H} = \frac{\Delta h_{ij}}{h_{ij}^B - h_{ij}^H}. \quad (7)$$

Значение  $a_i$  — определяют экспертным путем или методом компарторной идентификации [6]. Показатель устойчивости  $U$  изменяется в интервале от  $[0,1]$  и непосредственно характеризует запас устойчивости СЭС по любой группе параметров или в целом.

Помимо описанного подхода, устойчивость СЭС более высокого уровня, можно оценивать, опираясь на значения устойчивости элементов, которые входят в состав такой СЭС. Далеко не всегда есть возможность достоверно и в полном объеме оценить характеристики сложных объектов, и чем масштабней СЭС, тем выше вероятность возникновения и накопления погрешности в определении, как значений характеристик, так и их весовых коэффициентов.

Другая особенность критерия (6) заключается в возможности полной компенсации одних показателей другими. Это означает, что если по некоторым характеристикам запас устойчивости  $U_{ij} = 0$ , то общая оценка (6) будет положительной. Во избежание такой ситуации предлагается использовать альтернативную мультипликативную оценку вида

$$\bar{U}_i = \prod_{j=1}^n U_{ij}. \quad (8)$$

Однако, необходимо учитывать, что мультипликативные оценки в принципе не позволяют учесть различную значимость локальных характе-

ристик. Этот недостаток можно преодолеть, применив аддитивно-мультипликативную оценку устойчивости сложных СЭС вида

$$\bar{U}_0 = \sum_{i=1}^m b_i \bar{U}_i, \quad (9)$$

где  $b_i$  — весовые коэффициенты, которые характеризует степень влияния устойчивости  $i$ -го элемента на устойчивость вышестоящей СЭС. При этом должны выполняться следующие требования:  $0 \leq b_i \leq 1$ ,  $\sum_{i=1}^m b_i = 1$ , где  $n$  — число элементов СЭС.

## ВЫВОДЫ

В данной работе устойчивость рассматривается как способность СЭС в условиях воздействий внешних помех оставаться в пространстве допустимых состояний с заданным набором ограничений на характеристики системы. Таким образом, что устойчивость является необходимым условием, определяющим принципиальную способность системы выполнять целевые функции в условиях действия возмущений. Достаточным условием является наличие в системе некоторого управляющего ресурса, необходимого для активного или пассивного парирования возмущающих воздействий. Формами такого управления является создание резервных запасов, как материальных, так и финансовых, организация избыточных производственных мощностей, страхование и т.д. Но в целом обеспечение устойчивости связано с переводом в пассивное состояние (замораживание) части критических ресурсов. Следствием этого является снижение потенциальной эффективности системы. Таким образом возникает закономерность: чем выше эффективность, тем ниже устойчивость СЭС.

Задачей комплексного менеджмента является минимизация потерь эффективности функционирования системы. В настоящее время методы решения этой задачи слабо формализованы и базируются в большей степени на эвристических соображениях, чем на научно обоснованных подходах. Можно выделить следующие причины:

- отсутствие достаточно полной, актуальной, точной (определенной) информации о состоянии объекта управления и метасистемы (окружающей среды);
- не развита методологическая база формирования структурированных качественных и количественных оценок запасов устойчивости СЭС;
- отсутствует формальная база (системы критериев и моделей) выбора оптимальных управляющих воздействий по критерию минимума затрат на управление (минимума потери потенциально возможной эффективности).

Широко применяемая в настоящее время система анализа рисков во многих случаях является совершенно не эффективной из-за того, что практически невозможно получить однозначные достаточно представительные однородные выборки и, соответственно, оценки статистических параметров.

Устойчивость СЭС неразрывно связана с устойчивостью элементов входящих в ее состав. Поэтому зачастую, более эффективно оценивать устойчивость высокоуровневых СЭС по значениям устойчивости ее элементов.

Возможными путями для решения перечисленных проблем является создание иерархической системы комплексного (интегрального) мониторинга, переход к интервальному анализу неопределенности и повышения роли государственного управления [4].

## **ЛИТЕРАТУРА**

1. *Згуровский М.З., Статюха Г.А.* Роль инженерной науки и практики в устойчивом развитии общества // Системні дослідження та інформаційні технології. — 2007. — № 1. — С. 19–38.
2. *Вернадский В.И.* Философские мысли натуралиста. — М.: Наука, 1988. — 520 с.
3. *Губаренко Е.В.* Методология формирования многофакторных оценок и ограничений устойчивого развития социально-экономических систем // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии: сб. науч. тр. — Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ», 2010. — Вып. 48. — С. 191–202.
4. *Петров Э.Г., Губаренко Е.В.* Необходимость и инструментальные средства обеспечения эффективности государственного управления социально-экономическими системами // Проблемы информационных технологий. 2010. — № 1. — С. 8–17.
5. *Губаренко Е.В., Подмогильный Н.В.* Методология формирования количественных оценок уровня развития региона // Вестник ХНТУ. — 2010. — № 2 (38). — С. 75–78.
6. *Овезгельдыев А.О., Петров Э.Г., Петров К.Э.* Синтез и идентификация моделей многофакторного оценивания и оптимизации. — Киев: Наукова думка, 2002. — 164 с.

*Надійшла 28.04.2011*