УДК 519.6

Н.Н. ВНУКОВА[*], А.Н. ВАЩЕНКО[**], Е.Л. ПЕРЧИК[***]

ЭКОНОМИЧЕСКИЙ КЛАСТЕР ПОД УГЛОМ ЗРЕНИЯ СООТНОШЕНИЙ СТОИМОСТНОГО БАЛАНСА И МИРОВОЙ ГЛОБАЛИЗАЦИИ

[*]Харьковский национальный экономический университет им. С. Кузнеца, Харьков, Украина
[**]Харьковский национальный университет городского хозяйства им. А.Н. Бекетова, Харьков, Украина
[***]АО «Научно-технологический институт транскрипции, трансляции и репликации», Харьков, Украина

Анотація. *Переваги кластера розглядаються в ракурсі координованого управління потоками фінансових ресурсів. Показано, як уже в найпростішій системі із двох учасників статичні співвідношення вартісного балансу, без виконання спеціальних обмежень, відтворюють достатньо виражені варіанти негативних сценаріїв. У постановці вартісного балансу продемонстровано феномен нестійкості, коли малі збурення параметрів системи лінійних алгебраїчних рівнянь неадекватно відбиваються на її рішенні. У ході викладу намічено постановку ряду задач для подальших досліджень.*
Ключові слова: *економічний кластер, глобалізація, вартісний баланс, позитивна матриця, нерозкладна матриця, зв'язність системи, структурна стійкість, інтегральні рівняння Фредгольма.*

Аннотация. *Преимущества кластера рассматриваются в ракурсе скоординированного управления потоками финансовых ресурсов. Показано, как уже в простейшей системе из двух участников статические соотношения стоимостного баланса, без выполнения специальных ограничений, воспроизводят достаточно представительные варианты негативных сценариев. В постановке ценового баланса продемонстрирован феномен неустойчивости, когда малые возмущения параметров системы линейных алгебраических уравнений неадекватно сказываются на ее решении. В ходе изложения намечена постановка ряда задач для дальнейших исследований.*
Ключевые слова: *экономический кластер, глобализация, стоимостной баланс, неотрицательная матрица, неразложимая матрица, связность системы, структурная устойчивость, интегральные уравнения Фредгольма.*

Abstract. *The advantages of the cluster are considered in perspective of coordinated control of financial resource flows. It is shown how even in the simplest system of two participants static correlations of value balance, without having special restrictions, reproduce sufficiently meaningful variants of negative scenarios. In setting of the value balance, the phenomenon of instability when small parameters perturbations of the system of linear algebraic equations inadequately affect on its decision was demonstrated. During the description, the setting targets for further researches were scheduled.*
Keywords: *economic cluster, globalization, the value balance, positive matrix, irreducible matrix, system connectivity, structural stability, Fredholm integral equations.*

1. Введение

Исследование экономических кластеров как социально-экономических систем, практически продемонстрировавших свою эффективность, привлекает внимание специалистов на протяжении продолжительного периода времени. Кластеры рассматриваются в контексте их склонности к инновациям, обмену участников знаниями и опытом, установлению отношений неформального партнерства и т.д. Большой интерес представляет расчетно-теоретический анализ поведения кластера с позиций координации деятельности его участников, преследующей целью обеспечение конкурентоспособности конечной продукции. В развитых странах экономический кластер обычно представляет собой объединение юридически самостоятельных субъектов хозяйственной деятельности, а также университетов, научно-исследовательских организаций и органов местной власти. В настоящем исследовании, под углом зрения упомянутой координации, кластер рассмотрен в более узком формате ассоциации, подразумевающей добровольный союз независимых участников, в

© Внукова Н.Н., Ващенко А.Н., Перчик Е.Л., 2015

котором может быть централизована такая функция управления, как «планово-экономические расчеты и бухгалтерский учет» [1, с. 71]. То есть для каждого конкретного участника она может быть передана в аутсорсинг.

Подобный подход может вызвать сомнение с точки зрения развития конкуренции как движущей силы рыночной экономики. Действительно, заключению двусторонней сделки, как основы экономических взаимоотношений, едва ли способствует информированность (вследствие прозрачности финансовых потоков) о том, что один из партнеров получит больший доход. С другой стороны, образования ассоциативного типа, а еще в большей степени кластер, зная параметры финансовых потоков, имеют существенный потенциал для прогнозирования цены конечной продукции, что способствует принятию оптимальных решений. Возникает задача – найти способ, как сочетаются принципы рыночной экономики (увеличение, прибыли, рост маржи и т.п.) с деятельностью ассоциации или кластера. По мнению Б.З. Мильнера: «На первый взгляд кажется парадоксальным, но кооперация и сотрудничество вытесняют конкуренцию, дают гораздо более весомые стратегические преимущества, чем конкурентная борьба» [2, с. 5]. Необходимо выяснить, так ли это в условиях стремительно надвигающейся глобализации мировой экономики, поскольку данному процессу, очевидно, присущи качественно отличительные особенности. Для исследования данной проблемы использован аппарат матричного анализа, аргументированно представленный в статье С.И. Чернышова [3].

2. Система из двух участников

При этом каждый участник может выпускать по несколько видов продукции, что следует подчеркнуть. Стоимость продукции каждого из них x_1 и x_2, произведенной за некоторый период времени Δt, можно представить следующим образом:

$$\left.\begin{aligned} x_1 = x_{11} + x_{12} + c_1 \\ x_2 = x_{21} + x_{22} + c_2 \end{aligned}\right\}, \tag{1}$$

где x_{11} и x_{22} – доходы участников;

x_{12} – стоимость продукции (услуг), которую 1-й участник приобрел у 2-го участника;

x_{21} – аналогичная стоимость продукции, которую 2-й участник приобрел у 1-го участника;

c_1, c_2 – стоимость труда участников, их материалов и т.п., а также внешних закупок.

Очевидно, $c_1, c_2 \geq 0$, причем $c_1 = c_2 \neq 0$. Все указанные величины измеряются в денежных единицах. Вследствие непостоянства Δt, а также нестабильности работы участников, данные соотношений (1) приобретают большую вариативность. Действительно, стоимости x_i могут соответствовать разным периодам: сутки, месяц, производственный цикл; кроме того, учитывать часть прошедшего времени, поскольку социально-экономическая система «имеет память». Иначе говоря, легко, с одной стороны, попасть в ситуацию, характеризующуюся аномалиями по типу тех, которые обсуждаются ниже. С другой стороны, такие аномалии могут оказаться лишь усиливающими системно присутствующий недостаток (см. в этой связи п. 4 ниже).

Учитывая предпосылку о том, что x_1, $x_2 \neq 0$, с использованием обозначений

$$a_{11} = x_{11} / x_1;\ a_{12} = x_{12} / x_2;\ a_{21} = x_{21} / x_1;\ a_{22} = x_{22} / x_2, \tag{2}$$

соотношения (1) сводятся к системе линейных алгебраических уравнений:

$$\left.\begin{aligned} x_1 &= a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + c_1 \\ x_2 &= a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + c_2 \end{aligned}\right\}, \tag{3}$$

причем $a_{12}, a_{21} \neq 0$, поскольку в противном случае она распадается (один или каждый участник работают раздельно). Постановка задачи привела к наложению разных по смыслу понятий «системы». В первом случае подразумевается экономическая система, которую описывают соотношения (1). Во втором – соотношения (3) представляют собой одновременно как объект линейной алгебры, так и модель экономической системы. В этой связи следует принять во внимание, что (3) нельзя назвать системой линейных алгебраических уравнений в ее каноническом понимании (такая форма будет использована ниже). И, вместе с тем, структура уравнений (3) позволяет сделать очень важные выводы качественного характера. Следует принять во внимание, что в (3) все элементы $a_{ij} < 1$, поскольку с учетом (2) представляют собой части от целого (подразумеваются x_1, x_2).

Система уравнений (3) имеет единственное решение, которое является положительным [4, с. 329–331], то есть стоимости $x_1, x_2 > 0$, если суммы элементов в столбцах матрицы

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix} \tag{4}$$

данной системы удовлетворяют условиям:

$$a_{11} + a_{21} \leq 1; \; a_{12} + a_{22} \leq 1, \tag{5}$$

причем хотя бы одна из этих сумм строго меньше единицы.

С практической точки зрения, величины x_1 и x_2, вследствие своей незначительности, могут не устраивать партнеров и, тем не менее, здесь нет столь явного противоречия, как если бы они внезапно оказались отрицательными. Однако, если условия (5) не выполняются, то стоимости x_i могут оказаться отрицательными. Этот процесс следует рассмотреть глубже, исходя из таких соображений:

– существует множество примеров нерациональных сделок, когда для покрытия убытков участникам рыночного процесса приходится привлекать дополнительные средства со стороны;

– устремления участников, диктуемые принципом рыночной конкуренции (больше свой доход, дороже продать), преследуют целью максимизировать элементы соответствующих столбцов матрицы (4), а значит, одновременно их суммы;

– в целом каждый из таких участников объективно заинтересован в нарушении «своего» условия (5) путем, по существу, спекуляции внутри системы (3), чего она может не выдержать, прекратив существование.

С учетом (2), условия (5) приобретают вид

$$x_{11} + x_{21} \leq x_1, \quad x_{12} + x_{22} \leq x_2 \tag{6}$$

(сумма дохода и стоимости продукции, проданной партнеру, не может быть на уровне или выше стоимости всей продукции, поскольку есть еще затраты c_1, c_2) и, используя (1), получаем

$$x_{21} \leq x_{12} + c_1; \; x_{12} \leq x_{21} + c_2, \tag{7}$$

причем хотя бы одно из этих неравенств должно быть строгим.

Таким образом, можно сделать следующий вывод. Стоимость продукции, проданной участником партнеру, в условиях (6) не должна превышать затраты каждого из участников, соответственно $x_{12}+c_1$ и $x_{21}+c_2$. Значит, если даже участник способен навязать партнеру стоимость своей продукции так, что условия (7) будут нарушены, этого не следует делать из-за вероятной неработоспособности такой системы.

Рассмотрим, что произойдет, если каждый из участников, примитивно следуя принципам рынка, превратит условия (5) в выполнение равенств

$$a_{11}+a_{21}=1,\ a_{12}+a_{22}=1, \tag{8}$$

откуда после умножения на стоимости соответственно x_1 и x_2, с учетом (2),

$$x_{11}+x_{21}=x_1,\ x_{12}+x_{22}=x_2. \tag{9}$$

Иначе говоря, партнеры компенсируют ростом своих доходов и стоимостей продаж части затрат, соответственно c_1 и c_2. В сказанном нетрудно убедиться, сравнив (3), (8) и (1), (9). Определенная логика, на первый взгляд, в этом есть, поскольку как 1-й, так и 2-й участник увеличивает свои доходы. К тому же у обоих, вполне вероятно, производство, занимающееся, в частности, закупкой ингредиентов из состава c_1, c_2 и сбыт готовой продукции – разделены. Возникающие в этой связи недоразумения из-за противоположности целей подсистем предметно проанализированы в статье С.С. Сенгупты и Р.Л. Акофа [5]. Однако главная причина кардинального противоречия, которое далее продемонстрировано, заключается в принципиально отличающейся информированности относительно показателей финансовых потоков, которой обладают партнеры в условиях обычной конкуренции и кластерной формы деятельности. В привязке к системе (1), а соответственно и (2), (3), управляющий орган кластера может знать абсолютно все компоненты. Если участники рыночного процесса конкурируют между собой, в классической интерпретации, их владение информацией является следующим:

- 1-й знает все компоненты первого соотношения (1) и еще x_{21};
- 2-й знает все компоненты второго соотношения (1) и еще x_{12},

а значит, в системе (3) они не знают соответственно a_{12}, a_{22}, c_2 и a_{11}, a_{21}, c_1. Таким образом, участники не имеют возможности определить, чему равны стоимости x_1, x_2 с тем, чтобы гарантированно избежать крайне сложной ситуации. И, напротив, ее легко прогнозирует кластер.

Из системы уравнений (3) рассмотрим вычисление x_1 и x_2, преобразовав ее следующим образом:

$$\left.\begin{aligned}(1-a_{11})x_1-a_{12}x_2=c_1\\ -a_{21}x_1+(1-a_{22})x_2=c_2\end{aligned}\right\}, \tag{10}$$

используя правила Крамера:

$$x_1=\frac{\Delta_1}{\Delta}=\frac{c_1(1-a_{22})+c_2a_{12}}{\Delta},\ x_2=\frac{\Delta_2}{\Delta}=\frac{c_2(1-a_{11})+c_1a_{21}}{\Delta}, \tag{11}$$

где

$$\Delta = \left(1 - a_{11}\right)\left(1 - a_{22}\right) - a_{12}a_{21}, \tag{12}$$

и, учитывая вытекающие из (8) соотношения

$$a_{11} = 1 - a_{21},\ a_{22} = 1 - a_{12},$$

в формулах (11), (12):

$$\Delta_1 = a_{12}\left(c_1 + c_2\right);\ \Delta_2 = a_{21}\left(c_1 + c_2\right);\ \Delta = a_{21}a_{12} - a_{12}a_{21} = 0.$$

Поскольку относительно a_{ij}, c_i определители $\Delta_1,\ \Delta_2 > 0$, из (11) следует, что

$$x_1 = x_2 = \infty,$$

поэтому нет цен, при которых, даже теоретически, может быть достигнут консенсус участников. Действительно, в формулах (11) происходит деление на величину $\Delta = 0$. Такая система в целом неработоспособна, совершенно деструктивными являются удовлетворяющие (8) сочетания вида

$$a_{11} = 0,2,\ a_{21} = 0,8,\ a_{22} = 0,3,\ a_{12} = 0,7 \text{ и т.п.}$$

А что произойдет, например, в случае, когда

$$a_{11} = 0,6,\ a_{21} = 0,5,\ a_{12} = 0,7,\ a_{22} = 0,2,\ c_1 = c_2 = c > 0, \tag{13}$$

то есть первые условия (5) соответственно и (7), нарушены, вторые – выполняются? Из (11), (12) получаем $\Delta = -0,03$, $x_1 = -50c$, $x_2 = -30c$. Такая сделка абсурдна, поскольку для восстановления баланса требуется привлекать средства со стороны, причем весьма значительные. И, кстати, в большей степени пострадал 1-й участник, являющийся на данном этапе рыночных взаимоотношений агрессором. А ведь стоило всего лишь ограничиться в (13) коэффициентом $a_{11} = 0,5$, только на одну десятую меньше, и ситуация оказалась бы гораздо более благополучной. В самом деле, получаем $x_1 = 30c$; $x_2 = 20c$, хотя затраты труда участников и закупок на стороне выглядят слишком незначительными. Суть в том, что здесь все же прослеживается близость к равенствам (8). Итак, очень большое преимущество имеет кластер, поскольку в полной мере владеет информацией о данных системы алгебраических уравнений (10), а соответственно способен к прогнозированию последствий деятельности своих участников. Обычные субъекты процесса рыночной конкуренции, как уже отмечалось, этого лишены. Дополнительные осложнения для них вносит вариативность параметров уравнений (10), обусловленная периодами Δt, в сочетании с факторами даже сугубо технико-технологического свойства, если неадекватно сформулированы соотношения баланса экономической системы (пример о неустойчивости, п. 3).

Можно констатировать, что уже в простейшей системе из двух участников, без использования средств расчетно-алгоритмической поддержки (прерогативы кластера), возникают негативные сценарии, которые на эвристическом уровне практически непреодолимы. Зная количественные показатели, кластер не допустит спекуляцию внутри своей организации. Если же подобного рода завышения стоимостей (цен) в чем-то полезны для конкуренции на внешнем рынке, то кластер способен так выбрать интервал Δt, что «спекуляции» участников компенсируются. В этой связи следует особенно обратить внимание на такой инструмент кластерной деятельности, как взаимозачет. Действительно, исходная модель (1) статична и вполне отвечает отношениям тривиального рынка: отгрузка продукции по факту платежа (иначе говоря, здесь, с точки зрения расчетных соотношений, мгновенность). Кластер, в значительной мере базирующийся на взаимном доверии участников, может гипотетически разнести оплаты во времени, заменив способную на сюрпризы «алгебру» системы уравнений (10) «арифметикой» обслуживающего банка, который будет производить взаимозачеты. Далее рассматривается система, состоящая из большего количества участников.

3. Система из $n > 2$ участников

Аналогично (1), стоимость продукции каждого участника определяется как

$$x_i = \sum_{j=1}^{n} x_{ij} + c_i,\ i = 1,\ 2,\ ...,\ n, \tag{14}$$

где x_{ii} – доход i-го участника, x_{ij} – стоимость части продукции j-го участника, которую потребил i-й участник, c_i – стоимость труда, внешних закупок i-го участника и т.п. Все величины имеют размерность денежного эквивалента, участники могут производить по несколько видов продукции. Аналогично (2),

$$a_{ij} = x_{ij} / x_j,\ i,\ j = 1,\ 2,\ ...,\ n, \tag{15}$$

где a_{ii} – часть стоимости продукции i-го участника, составляющая его доход, a_{ij} – часть стоимости продукции j-го участника, которую потребил i-й участник. Конечно, коэффициенты a_{ij}, как части от целого, безразмерные. С использованием (15) соотношения (14) приобретают вид

$$x_i = \sum_{j=1}^{n} a_{ij} x_j + c_i,\ i = 1,\ 2,\ ...,\ n \tag{16}$$

(аналог (3)), где

$$a_{ij},\ c_i \geq 0,\ i,\ j = 1,\ 2,\ ...,\ n, \tag{17}$$

в отличие от предыдущей ситуации (4), значительная часть элементов матрицы

$$A = \left\{a_{ij}\right\},\ i,\ j = 1,\ 2,\ ...,\ n \tag{18}$$

могут быть нулевыми. Это происходит, когда соответствующие участники не взаимодействуют друг с другом непосредственно. Следует отметить, что такие структуры являются для социально-экономических систем наиболее характерными. Весьма показательные неравенства (7), по ограничению степени давления на партнера, обобщаются следующим образом:

$$\sum_{i=1}^{n} x_{ij} \leq \sum_{j=1,\ j\neq i}^{n} x_{ij} + c_i,\ j = 1,\ 2,\ ...,\ n$$

с учетом выполнения (17), (19).

Если в условиях (17) матрица (18), называемая неотрицательной, неразложима и

$$\sum_{i=1}^{n} a_{ij} \leq 1,\ j = 1,\ 2,\ ...,\ n \tag{19}$$

(аналог (5)), причем хотя бы одна из этих сумм строго меньше единицы, то решение системы линейных алгебраических уравнений (16) является положительным, иначе говоря, вектор

$$x = \left(I - A\right)^{-1} c > 0,$$

где I – единичная матрица, или же все стоимости $x_i > 0$ [6, с. 29; 247–248]. Заметим, что для их определения имеются весьма эффективные алгоритмы численной реализации ([7, п. 2]). Что касается неразложимости, то она означает невозможность преобразования A путем перестановки строк и столбцов к виду

$$\begin{bmatrix} A_1 & A_2 \\ 0 & A_3 \end{bmatrix},$$

где на главной диагонали располагаются квадратные матрицы A_1, A_3. Важно отметить, что в отличие от (5) j-й участник, вследствие каких-то преференций, способен существенно нарушить условия (19) путем сравнительно небольших увеличений стоимости своей продукции для партнеров, располагающихся вдоль i-го столбца.

Существует простая проверка матриц на неразложимость, если представить участников рассматриваемой системы точками на плоскости так, чтобы любые три из них не находились на одной прямой. Обозначение адресации платежей векторами превращает упомянутые точки в вершины орграфа. Неразложимость достигается, когда, двигаясь по направлениям векторов, можно попасть в любую из вершин [7, с. 129–130]. В таком случае соответствующий орграф сильно связан. В противном случае матрица является разложимой. Для нее, в условиях (19), на основании теоремы Перрона-Фробениуса [6, с. 247] гарантируется лишь неотрицательность решения системы уравнений (16), то есть, $x_i \geq 0$, что для практических приложений далеко не всегда является приемлемым. Вообще, неразложимость матрицы A представляет собой одну из важнейших предпосылок эффективного функционирования экономической системы (к этой теме вернемся в п. 6). Как отметил П. Ланкастер [8, с. 256], свойство неразложимости никак не связано с размером матрицы, то есть n, а зависит лишь от расположения ее нулевых и ненулевых элементов. Иначе говоря, принципиально важным, в отношении элементов матрицы, является $a_{ij} = 0$ или же $a_{ij} > 0$, величина превышения над нулем значения не имеет.

В таком случае можно утверждать, что правильно локализовав малые возмущения элементов a_{ij}, удается на качественном уровне повысить эффективность функционирования экономической системы (16), сделав матрицу A неразложимой, а соответствующий орграф связным. Дж. Касти подчеркивает, что связность – наиболее важная характеристика, поскольку в ее отсутствии фактически исчезает само понятие системы [9, с. 47–48]. Вторую часть данного соображения следует трактовать не в буквальном смысле, а как подчеркивание определяющей роли связности. При этом система рассматривается эвристически, как совокупность взаимодействующих элементов, хотя в отношении данной трактовки и нет устраивающего всех специалистов определения. Показано в [5], что системе, имеющей «плохую» структуру (в частности, из-за расположения нулевых элементов), одновременно присущи два других вида неэффективности. Первый из них обусловлен организацией связей внутри системы; второй – процессами принятия решений. Исходя из приведенных соображений, возникает интересная постановка задачи. Сделав матрицу A неразложимой посредством добавления малых по величине элементов a_{ij}, можно, наверное, сильно изменить решение системы уравнений (16) вследствие приоритетной значимости фактора неразложимости. Что же, здесь присутствует своего рода неустойчивость в отношении малого возмущения? Какой характер при этом будет носить перераспределение стоимостей x_i? Получение ответов на поставленные вопросы может стать темой самостоятельного исследования.

4. Проблема устойчивости экономической системы

Матричный анализ представляет аппарат, позволяющий исследовать устойчивость функционирования экономических систем. Малые возмущения параметров должны адекватно влиять на их результирующие показатели, такие как стоимость продукции участника. Для последующего изложения целесообразно использовать соотношения стоимостного баланса (хотя в данном случае его можно назвать и ценовым) в математически более общей интерпретации, чем (16), где присутствуют дополнительные условия (19), а также требуется выполнение неравенств вида (7). Рассмотрим соотношения, представляющие каноническую систему линейных алгебраических уравнений:

$$\sum_{j=1}^{n} b_{ij}x_j = c_i,\ i=1,\ 2,\ ...,\ n, \tag{20}$$

где b_{ij} – количество j-го продукта, идущее на производство i-го продукта (то есть, в отличие от a_{ij} из (16), здесь коэффициенты b_{ij} – размерные), c_i – стоимость i-го продукта, за вычетом затрат на его производство и дохода от продажи, x_j – стоимость единицы j-го продукта (можно сказать, цена, поскольку здесь все продукты, а также их стоимости – конкретны в отличие от стоимостного баланса, где могло быть несколько продуктов). Из общих соображений $b_{ij} \geq 0$, тогда как некоторые константы c_i могут быть даже отрицательными (подразумеваются, например, продукты социального назначения). Матрица

$$B = \{b_{ij}\},\ i,\ j=1,\ 2,\ ...,\ n$$

системы уравнений (20) предполагается невырожденной. Если, например, $i=1,\ 2,\ ...,\ m \neq n$, то переход к системе вида (20) с матрицей $n \times n$ осуществляется посредством применения процедуры наименьших квадратов к функционалу вида

$$\sum_{i=1}^{n}\left(\sum_{j=1}^{m} b_{ij}x_j - c_i\right)^2.$$

Система уравнений (20), в векторной форме $Bx = c$, даже в случае невысокого порядка n может обладать неустойчивостью, которую характеризует число обусловленности:

$$cond(B) = \max_x \frac{\|Bx\|}{\|x\|} / \min_x \frac{\|Bx\|}{\|x\|},\ \|x\| = \sum_{i=1}^{n} |x_i|.$$

По существу, это множитель в увеличении возмущений параметров b_{ij} и c_i. Если $cond(B)$ невелико, матрица B – хорошо обусловлена, и наоборот [10, с. 56-58]. С целью иллюстрации сказанного рассмотрим пример из [10] в следующей интерпретации. Для производства 1-й смеси (например, строительной) требуется 4,1 т компонента 1 и 2,8 т компонента 2. Для производства 2-й смеси требуется 9,7 т компонента 1 и 6,6 т компонента 2. В условиях высокой ликвидности рыночная цена 1-й смеси – 8,11 тыс. грн; 2-й – 15,7 тыс. грн. Доходы от продажи смесей в размере соответственно 4 и 6 тыс. грн, включая также издержки производства, фирму вполне устраивают. Необходимо определить цены x_1, x_2, тыс. грн/т, компонентов соответственно 1 и 2. Задача сводится к решению системы линейных алгебраических уравнений вида (20), а именно:

$$\left.\begin{array}{r} 4{,}1x_1 + 2{,}8x_2 + 4 = 8{,}11 \\ 9{,}7x_1 + 6{,}6x_2 + 6 = 15{,}70 \end{array}\right\}. \tag{21}$$

Как уже отмечалось, ее можно трактовать в качестве ценового баланса. По правилу Крамера (10)–(12), после замены обозначений

$$1 - a_{11} \to b_{11},\ -a_{12} \to b_{12},\ -a_{21} \to b_{21},\ 1 - a_{22} \to b_{22}$$

получаем $x_1 = 0{,}34$ тыс. грн/т, $x_2 = 0{,}97$ тыс. грн/т. Казалось бы, что же здесь необычного? Суть в следующем. Пусть цена 1-й смеси ничтожно уменьшилась, составив 8,1 тыс. грн все остальные параметры остались без изменений. Тогда вместо (21) получаем систему уравнений

$$\left.\begin{array}{r} 4{,}1x_1 + 2{,}8x_2 = 4{,}1 \\ 9{,}7x_1 + 6{,}6x_2 = 9{,}7 \end{array}\right\}, \tag{22}$$

причем ее решение $x_1 = 1$ тыс. грн/т, $x_2 = 0$, с одной стороны, кардинально преобразилось, с другой, полностью утрачен предметно-экономический смысл (кто предоставит 2-й компонент по нулевой цене?). Причем причина такого положения находится в сугубо технологической плоскости (рецепты приготовления смесей). Нужно всего лишь на 0,01 тыс. грн уменьшить доход от 1-й смеси в (22). Но как это распознать участнику рыночного процесса? Кроме того, малые вариации других параметров ведут к аналогичному эффекту. Можно сделать вывод: не способна существовать такая система. Остается констатировать, что у чисел (вернее, их соотношений) свои законы, несопоставимо более значимые, чем «невидимая рука рынка», в плену у которой на протяжении многих десятилетий пребывает экономическая наука. Суть в следующем: $cond(B) = 2249{,}4$. И это совсем не экзотичный пример, можно предположить, что неудовлетворительным явилось бы $cond(B)$, скажем, в пять или десять раз меньшее. Причем вариативность параметров, зависящая от выбора Δt, существенно активизируется с ростом n. Данное обстоятельство является следствием того, что у системы (20), в отличие от (3), попросту «плохая» структура. По-видимому, в рыночной экономике такого рода коллизии систематически не отслеживаются. Более того, на основании публикаций не представляется возможным утверждать, что их хотя бы осознают.

Весьма интересный пример для матрицы, элементы которой предварительно получены с помощью следующих вычислений:

$$B_1 = \begin{bmatrix} 1+2\gamma & 1 \\ 1 & 1-2\gamma \end{bmatrix}, \tag{23}$$

где $\gamma^2 \approx \varepsilon$, ε – единичная ошибка округления в машинной памяти, продемонстрировал Б. Парлетт [11, с. 49–50]. Оказывается, если к матрице B_1 прибавить матрицу $3\gamma^2 I$, то ее собственное значение μ_1 изменится очень сильно: $-2\gamma^2 \to \gamma^2$. Причем, ни один метод не способен вычислить μ_1 точнее, без повышения разрядности. Малое изменение любого из элементов матрицы (23) в гораздо большей степени сказывается на величине μ_1. Наряду с этим внешне напоминающая (23) матрица

$$B_2 = \begin{bmatrix} 2 & \gamma^2 \\ \gamma^2 & -2\gamma^2 \end{bmatrix} \tag{24}$$

имеет приблизительно такой же спектр собственных значений, как B_1. Если к матрице B_2 прибавить ту же матрицу $3\gamma^2 I$, то в элемент b_{22} вносится очень большая относительная ошибка. И тем не менее она в точности соответствует той ошибке, с которой находятся собственные значения μ_1 и μ_2. Иначе говоря, малые возмущения элементов B_2 адекватно сказываются на решении. Причина состоит в том, что, как отметил Б. Парлетт, B_2 представляет собой «крайний» пример специального класса матриц, называемых градуированными. Меньшие элементы таких матриц располагаются в каждом из столбцов, выше больших. Очевидно, как предмет самостоятельного исследования представляет интерес оценка возможности конструирования социально-экономических систем в привязке к свойствам градуированных матриц вида (24), которые можно назвать уникальными. В отношении данных матриц и отвечающих им систем следует отметить ряд аспектов практической реализации:

– градуированные матрицы могут быть ленточными, для них несложно обеспечить выполнение условия неразложимости [7, с. 118–121; 11, с. 50, 179];

– по-видимому, для градуированной матрицы ценового баланса является существенным порядок нумерации компонентов свободного члена c_i системы (20);

– можно представить схему «непрямого», скажем так, партнерства, когда, например, производитель конечной продукции закупает сырье для начального этапа переработки;

– заслуживает внимания последовательный перевод платежей по частям в условиях кластера с целью формирования «мгновенных» совокупностей подходящих элементов b_{ij};

– очевидно, должны использоваться также и соображения сугубо предметной области, в первую очередь, бухгалтерские и производственно-технологического характера.

5. Глобализация системы ценового баланса

В такой ситуации количество продуктов в системе (20) является очень большим и можно считать $n \to \infty$. Как представляется, это вполне логичная предпосылка. Если в (20) произвести замену переменных, обозначив $b_{ij} = b(i,\ j)$, следующим образом:

$$i = \frac{1}{\alpha}(n-1)z + 1,\ j = \frac{1}{\alpha}(n-1)\eta + 1,\ \alpha > 0, \tag{25}$$

то дискретная, $i,\ j = 1,\ 2,\ \ldots$, система отображается на непрерывную область $z,\ \eta \in [0,\ \alpha]$. С заменой единичного интервала изменения переменных на дифференциал $dz = \alpha / n$. В результате такого преобразования система линейных алгебраических уравнений (20) сводится к интегральному уравнению Фредгольма первого рода:

$$\int_0^{\alpha} b(z,\eta)x(\eta)\,d\eta = c(z),\; z\in[0,\alpha]\,, \tag{26}$$

где, в общем случае, нельзя рассчитывать на непрерывность данных функций. Тем не менее, из соображений предметной области очевидна их квадратичная суммируемость:

$$\int_0^{\alpha}\int_0^{\alpha} b^2(z,\eta)\,dzd\eta < \infty,\; \int_0^{\alpha} c^2(z)\,dz < \infty\,. \tag{27}$$

В большом количестве профильных источников уравнение (26) рассматривается как классический пример некорректно поставленной задачи. Численной реализации формально существующих алгоритмов препятствует их высокая чувствительность к возмущениям ядра $b(z,\eta)$ и свободного члена $c(z)$. Аномалия, на первый взгляд, в отношении (21), (22) обрела здесь объективно присущую ей систематичность. Существуют целые школы решения интегральных уравнений Фредгольма первого рода с использованием специальных приемов регуляризации. Вместе с тем, проанализировав их, авторы справочника [12, п. 4] фактически делают вывод о том, что наиболее эффективным является проведение вычислительного эксперимента в привязке к данным конкретной задачи [12, с. 246–249]. Можно встретить и альтернативные соображения о том, что уравнения вида (26) решаются конструктивно, если не только лишь иметь в виду феномен сглаживания информации процедурой интегрирования, но и представить допускаемую погрешность в аналитическом виде.

Однако данная тема, во-первых, выходит за рамки настоящего изложения. И, во-вторых, замена переменных (25) порождает осложнения для численных алгоритмов осцилляции функций $b(z,\eta)$, $c(z)$. На самом деле, интегральное уравнение (26) понадобилось для того, чтобы на качественном уровне сделать вывод о нецелесообразности использования баланса экономической системы в ценовой интерпретации (20).

Таким образом, можно констатировать, что даже кластер, зная все величины b_{ij} в (20), не способен добиться сколько-нибудь удовлетворительного результата с позиций разнесения цен конечных продуктов c_i по ингредиентам своих участников, то есть путем решения системы линейных алгебраических уравнений (20). С расчетно-алгоритмической точки зрения ситуация понятна, а в чем заключается ее экономический смысл? Ведь участники кластера объективно заинтересованы в определении цен x_j. Как представляется, этот смысл здесь сугубо вторичен, являясь следствием методологически неверного подхода, а именно – решения обратной задачи по определению параметров системы x_j, исходя из конечного результата. В качестве него выступает вектор c. Соответственно возникает неустойчивость процедуры вычислений и т.п. Предположительно, исключением может оказаться градуированная матрица B системы (20), для которой, если $n\to\infty$, можно ожидать появления непрерывных функций $b(z,\eta)$ и $c(z)$ в уравнении (26). Это создает предпосылки для его численной реализации, являясь темой самостоятельного исследования. Суть в том, что есть исключение, а именно интегральные уравнения Фредгольма первого рода, ядра которых обращаются в нуль как выше, так и ниже некоторых диагоналей. Данное обстоятельство очень ассоциируется с матрицей, которая была бы не только градуированного типа, но также и ленточной (п. 4). В результате, с учетом линейной замены переменных $z\to y$, $\eta\to\vartheta$, можно получить интегральное уравнение Вольтерра первого рода:

$$\int_0^y b(y,\vartheta)x(\vartheta)\,d\vartheta = c(y),\ y>0$$

– весьма благоприятный с точки зрения методов его решения объект. Однако вернемся к балансу стоимостей продукции участников экономической системы (16). Ее решение – прямая задача, по данным которой a_{ij} и c_i находится решение – вектор x.

6. Альтернативный вариант устойчивой глобализации

Используя замену переменных (25), получаем, в отличие от (26), интегральное уравнение Фредгольма второго рода с неотрицательным ядром:

$$x(z) = \int_0^\alpha a(z,\eta)x(\eta)\,d\eta = c(z),\ c\in[0,\alpha]\cdot \qquad (28)$$

Его теория исключительно конструктивна [13, п. 4.]. При этом данные уравнения (28) удовлетворяют условиям (27) с заменой $b \to a$. Оказывается, в таком случае и функция $x(z)$ удовлетворяет аналогичному условию квадратичной суммируемости. По той же причине, что и $b(z,\eta)$, мы не можем считать ядро $a(z,\eta)$ непрерывным. Уравнения вида (28) имеют неотрицательные собственные значения, которые называют позитивными. Если $\Lambda<1$, где Λ – наибольшее по величине позитивное собственное значение ядра $a(z,\eta)$, то при любой неотрицательной функции $c(z)$ уравнение (28) имеет единственное неотрицательное решение $x^*(z)$, которое можно получить методом простых итераций:

$$x_{r+1}(z) = \int_0^\alpha a(z,\eta)x_r(\eta)\,d\eta + c(z),\ r=0,1,2,\ldots \qquad (29)$$

при любом выборе начального приближения $x_0(z)$. В случае $x_0(z)\equiv 0$, решение

$$x^*(z) = \sum_{r=0}^{\infty} A^r c(z),\ A_\bullet = \int_0^\alpha a(z,\eta)_\bullet\,d\eta,$$

скорость сходимости приближений (29) характеризуется неравенством

$$\left\| x^*(z) - x_r(z) \right\| \le C\Lambda^r,$$

где C – некоторая константа; норма понимается в смысле (27). Следует отметить, что для того, чтобы решение было неотрицательным, нужно обеспечить в однородном уравнении (28) собственное значение $\Lambda<1$. Конечно же, это напрямую пересекается с необходимостью выполнения условий (19) дискретного случая. В противном случае возможна попросту убыточность производства, характеризующаяся $x(z)\le 0$.

Полученный результат полностью согласуется с теоремой Перрона-Фробениуса для неотрицательной матрицы, без предпосылки о ее неразложимости [6, с. 247]. Такая тождественность результатов для конечно- и бесконечномерной модели является совсем не тривиальной. Более того, здесь, очевидно, присутствует весьма глубокий смысл. В самом деле, существует понятие неразложимого ядра в уравнении (28) [13, с. 78]. Однако при этом функция $a(z,\eta)$, во-первых, должна быть непрерывной, а, во-вторых, из упомянутой неразложимости совсем не вытекает, автоматически, имеющая место в конечномерном случае строгая положительность решения $x(z)$. Как отметил Р. Кук: «Нетрудно убедиться, что операции над бесконечными матрицами существенно отличаются от операций над конечными матрицами. …В то время, как теория конечных матриц является частью алгебры, теория бесконечных матриц составляет раздел анализа. …Для конечных квадратных матриц n-го порядка установлено большое количество теорем. Казалось бы, можно ожидать, что, устремляя в этих теоремах n к пределу ∞, мы получим соответствующие теоремы для бесконечных матриц. Однако, принимая во внимание препятствия, связанные со сходимостью рядов, и другие, это удается сделать лишь в исключительных случаях» [14, с. 13-14]. Получается, что неразложимость матрицы, напрямую взаимосвязанная с положительностью решения, оказалась «сильнее» даже фактора бесконечномерности, вот в чем упомянутый выше смысл. Можно лишь усилить уже звучавший довод (п. 2) о том, что свойства неотрицательной матрицы, а значит, и экономической системы, которую она представляет, в исключительно большой степени определяются фактором неразложимости. Об этом свидетельствует материал обзора [15, с. 164–174].

Итак, кардинальный характер расхождения между ситуациями, когда матрица A неразложима и разложима, обусловливается решениями системы уравнений (16), которые представляют собой векторы соответственно $x > 0$ и $x \geq 0$. Значит, во второй из них стоимость продукции определенных участников экономической системы может быть нулевой. Получается, что выходом из такого положения является обеспечение неразложимости матрицы A, что, как отмечалось выше (п. 2), подразумевает связность экономической системы (16). Действительно, для ее реализации имеются подходы, базирующиеся на положениях теории графов [16, п. 5]. В этой связи весьма эффективен самообучающийся алгоритм В.А. Фильштинского, практику применения которого отражает брошюра [18]. Наряду со связностью, здесь одновременно решаются вопросы проведения взаимозачетов. При этом, вне всяких сомнений, обеспечение связности системы, состоящей из очень большого количества участников, когда $n \to \infty$, является неосуществимым. Не удастся построить ориентированный путь, связывающий все вершины орграфа (п. 2). Что же касается кластера, состоящего, естественно, из конечного n числа участников, то здесь проблема неразложимости матрицы A, дающей $x > 0$, вполне разрешима. Но далее «эффективные» кластеры конкурируют между собой в рамках модели (16) с расчетной точки зрения совершенно так, как если бы они являлись субъектами обычного рынка (отмечен очень важный момент). А, значит, происходят банкротства, слияния и т.п., в общем, $x \geq 0$, и это в лучшем случае.

Можно сделать вывод, который подтверждает практика, о том, что в полностью глобальной экономике останется сравнительно небольшое количество транснациональных кластеров (ТНК). Все остальные субъекты хозяйственной деятельности будут вытеснены далеко за пределы сколько-нибудь престижных сегментов рынка. У них возникнут свои системы взаимоотношений, или же вообще прекратится деятельность. Поглотившие ресурсы этих субъектов ТНК получат дополнительные преимущества. Итак, в итоге участниками соотношений стоимостного баланса (16) становятся ТНК.

Причем нет оснований считать, что матрица A станет неразложимой. Напротив, у каждого ТНК имеется свой сегмент рынка, и он в значительной мере самодостаточен, что подразумевает интеграцию вертикального типа (от сырья до конечной продукции). Таким образом, возникает угроза $x \geq 0$, а, значит, казалось бы, во избежание разорения некоторой части ТНК не существует альтернативы проведению мероприятий по структурному усовершенствованию своей системы (16). Однако гораздо вероятнее альтернативный вариант развития событий. Суть в том, что глобализация внесла в экономику новации качественного характера, поскольку в конечном итоге на рынке останутся вертикально интегрированные ТНК, являющиеся монополистами мирового масштаба. В этой связи интересным представляется выход в 1979 году книги А.А. Первозванского и В.Г. Гайцгори [18], посвященной аналитическому исследованию больших систем, на основе асимптотического метода возмущений, с использованием приемов декомпозиции и агрегирования. Тогда о ТНК не было и речи. «Декомпозиция состоит в расчленении исходной задачи на ряд независимых; агрегирование – в замене какой-либо группы переменных, характеризующих состояние системы, одной переменной, именуемой агрегатом» [18, с. 7]. Применительно к задаче (16) в простейшей интерпретации получаем ситуацию следующего формата [18, с. 80]:

$$A = A_1 + \varepsilon A_2, \tag{30}$$

где ε – малый параметр; квадратные матрицы A_1, A_2 состоят из элементов соответственно a_{ii} (располагающихся на главной диагонали) и a_{ij} (внедиагональных). Можно предположить, что элементы a_{ij} таковы, как будто бы упомянутая выше интеграция между ТНК отсутствует. В результате главные члены решения системы уравнений (16), представляющего ряд по степеням ε, определяются следующим образом:

$$x_i = c/\left(1 - a_{ii}\right) > 0,\ i = 1,\ 2,\ ...,\ n; \tag{31}$$

если $\varepsilon = 0$, то декомпозиция является полной (а, значит, проблема неразложимости утрачивает смысл). Соответственно система (16) распадается. Адекватно отражая феномен вертикально интегрированной монополии, стоимости x_i в (31) могут быть приняты произвольно большими (за счет выбора a_{ii}). Конечно, управление таких ТНК будет осуществлять весьма ограниченный круг субъектов, все остальные превращаются в агрегаты.

7. Заключение

Существует множество определений понятия кластер в экономической системе. В них акцентируются наиболее характерные, по мнению авторов, черты. Представляется, что экономический кластер – это, в первую очередь, союз его участников (соответственно здесь очень сильна социальная компонента) для противодействия факторам внешнего окружения, базирующийся на общей бухгалтерии. Иначе говоря, на достоверности всеобъемлющей информации о финансовой деятельности участников кластера. Это предоставляет гораздо больший потенциал в сопоставлении с конкуренцией классического рынка. Подразумевается эффективная деятельность кластера по позициям: обработка информации; прогнозирование; принятие решений, оптимизация финансовых потоков и т.п. Реализация в контексте соотношений стоимостного баланса; аппарата матричного анализа, других средств расчетно-алгоритмической поддержки. Вертикально интегрированный ТНК можно рассматривать как кластер весьма специфичного формата с участием узкого круга лиц, в управлении которых находится агрегированный ресурс высокого потенциала. На передний план, в противовес традиционной конкурентоспособности на рынке, выходит внутренняя проблема адаптивного развития структуры управления жизнедеятельностью ТНК.

Методологические аспекты исследования вопросов динамики в организации кластерного типа (то есть, когда стоимости x_i являются функциями времени t) отражены в статье [19]. Основу изложения составляет исправление ошибки, допущенной при выводе дифференциального уравнения знаменитой модели Роя Харрода (в его авторской интерпретации, эвристически показывающей неустойчивость капиталистической экономики). Вследствие этой ошибки был получен, напротив, экспоненциальный рост той же экономики в неограниченной перспективе. Ошибочной явилась трактовка производной капитала: $d_t K = I$, где I – годовой размер инвестиций. Так как I является производной, то это интенсивность использования капитала.

Действительно, по классическому определению производной:

$$I(t) = d_t K(t) = \lim\left[K(t+\Delta t) - K(t)\right] / \Delta t,\ \Delta t \to 0,$$

где $I(t)$ – интенсивность потока инвестиций с единицей измерения долл./год. В общем, вместо бесконечно малой величины Δt принят годичный интервал $\Delta t = 1$, что является некорректным. С другой стороны, здесь нельзя исключить признак политэкономического свойства, а именно: капиталистическая система «должна» устойчиво расти. Оказывается, ей объективно присущи кризисы, наступление которых удается прогнозировать [19]. Что в данном контексте интересного? Следующая постановка задачи, включая ее разновидности: ТНК системы (16) с матрицей вида (30), все $a_{ij} = a_{ij}(t)$, претерпевает кризис. Речь идет о том, как кризис в одной из ТНК перекинется на остальные в условиях динамического процесса, или же этого не произойдет, ведь связи «слабые». В целом представляет интерес исследование, как кризис ТНК отразится на глобальной экономике мира.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Экономика предприятия: учебн. / О.И. Волков, Ю.Ф. Елизаров, И.Л. Тихомиров [и др.]; под ред. О.И. Волкова. – [2-е изд., перераб. и доп.]. – М.: ИНФРА-М., 2001. – 520 с.
2. Мильнер Б.З. Теория организации / Мильнер Б.З. – [2-е изд., перераб. и доп.]. – М.: ИНФРА-М, 2000. – 479 с.
3. Чернышов С.И. Финансовые потоки в контексте объективно присущих им закономерностей / С.И. Чернышов // Бизнес Информ. – 2012. – № 8. – С. 170 – 173.
4. Беллман Р. Введение в теорию матриц / Беллман Р.; под ред. В.Б. Лидского; пер. с англ. – М.: Наука, 1969. – 367 с.
5. Сенгупта С.С. Теория систем с точки зрения исследования операций / С.С. Сенгупта, Р.Л. Акоф; пер. с англ. / Исследования по общей теории систем / Под общ. ред. В.Н. Садовского и Э.Г. Юдина. – М.: Прогресс, 1969. – С. 384 – 397.
6. Моришима М. Равновесие, устойчивость, рост (Многоотраслевой анализ) / Моришима М.; пер. с англ.; под. общ. ред. В.Л. Макарова. – М.: Наука, 1972. – 280 с.
7. Воеводин В.В. Матрицы и вычисления / В.В. Воеводин, Ю.А. Кузнецов. – М.: Наука, 1984. – 318 с.
8. Ланкастер П. Теория матриц / Ланкастер П.; пер. с англ.; под ред. С.П. Демушкина. – М.: Наука, 1978. – 280 с.
9. Касти Дж. Большие системы. Связность, сложность и катастрофы / Касти Дж.; пер. с англ.; под ред. Ю.П. Гупало и А.А. Пионтковского. – М.: Мир, 1982. – 216 с.
10. Форсайт Дж. Машинные методы математических вычислений / Форсайт Дж., Малькольм М., Моулер К.; пер. с англ. – М.: Мир, 1980. – 279 с.
11. Парлетт Б. Симметричная проблема собственных значений. Численные методы / Парлетт Б.; пер. с англ. – М.: Мир, 1983. – 382 с.
12. Верлань А.Ф. Интегральные уравнения: Методы, алгоритмы, программы: справочн. пособ. / А.Ф. Верлань, В.С. Сизиков. – Киев: Наукова думка, 1986. – 544 с.
13. Интегральные уравнения / П.П. Забрейко, А.И. Кошелев, М.А. Красносельский [и др.]. – М.: Наука, 1968. – 448 с.
14. Кук Р. Бесконечные матрицы и пространства последовательностей / Кук Р.; пер. с англ.; под ред. П.Л. Ульянова. – М.: Физматгиз, 1960. – 472 с.
15. Маркус М. Обзор по теории матриц и матричных неравенств / М. Маркус, Х. Минк; пер. с англ.; под ред. В.Б. Лидского. – М.: Наука, 1972. – 232 с.
16. Писсанецки С. Технология разреженных матриц / Писсанецки С.; пер. с англ.; под ред. Х.Д. Икрамова. – М.: Мир, 1988. – 412 с.

17. Фильштинский В.А. Взаиморасчет, взаимозачет, многосторонние сделки / В.А. Фильштинский, С.В. Фильштинский. – Харьков: Бизнес Информ, 1996. – 91 с.
18. Первозванский А.А. Декомпозиция, агрегирование и приближенная оптимизация / А.А. Первозванский, В.Г. Гайцгори. – М.: Наука, 1979. – 343 с.
19. Чернышов С.И. Корректная модель Харрода и моделирование социально-экономических процессов / С.И. Чернышов // Бизнес Информ. – 2013. – № 11. – С. 105 – 113.

Стаття надійшла до редакції 29.12.2014