

УДК 330.4

UDC 330.4

**СПОСОБ ИНТЕРПРЕТАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРИМЕНЕНИЯ ЦЕНОЛОГИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ****THE WAY OF INTERPRETATION OF THE RESULTS OF COST-DEPENDENT MODELS OF ECONOMIC SYSTEMS**

Соловьёва Татьяна Владимировна  
*Кубанский государственный аграрный университет, Краснодар, Россия*

Solovyeva Tatyana Vladimirovna  
*Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia*

В статье предлагается интерпретация коэффициентов рангового распределения

The article offers an interpretation of the coefficients of the ranking

Ключевые слова: ЭКОНОМИЧЕСКАЯ СИСТЕМА, ЦЕНОЛОГИЯ, РАНГОВОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ, ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЦЕНОЗ, КОЭФФИЦИЕНТЫ ЦЕНОЛОГИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

Keywords: ECONOMIC SYSTEM, CENOLOGY, RANKING DISTRIBUTION, ECONOMIC CENOSIS, COEFFICIENTS DEPENDENT MODELS

Одним из перспективных подходов к решению задач диагностики состояния экономических систем в настоящее время является способ, основанный на использовании ранговых распределений. Его преимущества по сравнению с другими известными подходами (статистический, корреляционно-регрессионный, дисперсионный и др.) определяются невысокой требовательностью к информационному обеспечению, что в настоящее время особенно актуально, поскольку «...в рамках новой экономической парадигмы, сформировавшейся в мире после экономических кризисов, статистические результаты и измерения, полученные на предшествующих этапах развития региональной и мировой экономики, не имеют научной силы...» [2].

Рассматриваемая система может быть представлена в виде ценоза – совокупности принадлежащих различным видам особей, которые достаточно слабо взаимодействуют между собой непосредственно, но, в силу общности потребляемых ими ресурсов, проявляют системные качества. Одним из используемых видов моделей рангового распределения видов, расположенных в порядке убывания количества потребленных ресурсов ( $n_i$ ), является геометрическое [3]:

$$n_i = C \cdot \exp(\lambda i), \quad (1)$$

где  $C$  – значимость доминирующего вида,

$\lambda$  – коэффициент, отражающий характер освоения ресурсов,

$i$  – ранг определенного вида.

Отклонения от модельного распределения могут быть связаны со множеством различных причин, наиболее важными из которых являются:

– несоответствие условий функционирования реально существующих экономических систем используемым в процессе построения модели предпосылкам;

– незавершенность процессов приспособления экономической системы к условиям внешней среды, то есть фактически наблюдаемое распределение является результатом переходного процесса, возникшего после изменения некоторых факторов;

– наличие в системе искусственных возмущений, которые могут быть следствием ее открытости, то есть привноситься извне. В работе [5] предлагается рассматривать проявление открытости как «...привнесение новых технологий, ранее в границах рассматриваемой территории не наблюдаемых (инвазии)». В этом случае наличие инвазий может быть учтено введением в формулу (1) корректировочного слагаемого:

$$n_i = C_1 \cdot \exp(\lambda \cdot i) + C_2 \quad (2)$$

Таким образом, все возможные состояния исследуемой экономической системы, диагностируемые посредством использования ранговых распределений, могут быть представлены в пространстве признаков  $C_1$ ,  $C_2$  и  $\lambda$ . Из перечисленных лишь показатель  $\lambda$  может использоваться непосредственно как характеристика жесткости условий среды функционирования рассматриваемого сообщества [1]. Интерпретация конкретных значений остальных коэффициентов

затруднена, поскольку их экономический смысл проявляется лишь при сопоставлении с другими величинами и характеристиками. В работе [1] на примере растительных сообществ обосновывается возможность исследования степени завершенности эволюционных процессов на основе использования аналогичного инструментария. Базовыми величинами для этого являются среднее число видов в наблюдаемом сообществе ( $S$ ) и так называемый видовой фонд ( $N$ ) – количество видов, которые потенциально могут существовать в границах выделенной территории. Кроме того, при оценке уровня инвазий необходимо сопоставлять величины  $C_2$  исследуемой экономической системы со средним значением ресурсов, приходящихся на один вид  $R$ .

Обобщая приведенные выше направления использования моделей ранговых распределений, можно сформировать набор параметров, которые используются при построении различных индикаторов, и их экономический смысл:

$\lambda$  – характеристика «жесткости» условий среды. Чем больше модуль данного коэффициента, тем более ограничен распределяемый вид ресурса и (или) возможности его освоения;

$N$  – общее количество видов, посредством которых осуществляется процесс реализации ресурсного потенциала;

$S$  – среднее количество существующих в границах некоторой территории видов экономических субъектов, потребляющих рассматриваемый тип ресурса;

$C_1$  – количество ресурсов, потребляемое доминирующим видом; данный показатель характеризует уровень специализации экономической системы;

$C_2$  – параметр, определяющий количество ресурсов, потребляемых «фоновыми» видами: инвазивными, представленными небольшим количеством особей;

$R$  – количество ресурса, приходящееся на один вид. Данная характеристика используется как нормирующий показатель, по отношению к которому определяется качество функционирования других элементов и составляющих рассматриваемой экономической системы. Кроме того, данный показатель может использоваться для сопоставления различных систем между собой.

Указанные модели (1)-(2) получают в последнее время всё большее распространение в силу невысокой требовательности к информационному обеспечению. В самом деле, данные о характере распределения могут быть получены из традиционных статистических источников: отраслевая структура экономики, распределение вакансий по профессиям, размерные характеристики экономических систем и др.

Перечисленные выше параметры  $\lambda$ ,  $N$ ,  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $S$ ,  $R$  определяются в процессе построения модели по-разному. Так,  $\lambda$ ,  $C_1$ ,  $C_2$  могут вычисляться методом наименьших квадратов (МНК) по фактическим данным. Остальные параметры определяются по сформированной ценологической модели по приводимым ниже формулам:

$$R = \frac{1}{N} \int_0^N (C_1 e^{\lambda i} + C_2) di, \quad (3)$$

$$S = \int_0^N i(C_1 e^{\lambda i} + C_2) di. \quad (4)$$

Вычисление приведенных определенных интегралов дает возможность установить зависимость данных показателей от коэффициентов ценологической модели. Необходимо заметить, что с математической точки зрения вся информация уже содержится в параметрах модели. Применение формул (3)–(4) лишь дает возможность интерпретировать соотношения указанных параметров в терминах,

имеющих экономический смысл. Полученные после преобразований выражения для  $R$  и  $S$  равны соответственно:

$$R = \frac{C_1 e^{\lambda N} - C_1}{\lambda N} + C_2, \quad (5)$$

$$S = \frac{C_1 e^{\lambda N} (\lambda N - 1) + 1}{\lambda^2} + C_2 \frac{N^2}{2}. \quad (6)$$

Оценки чувствительности определяемых по формулам (5)–(6) параметров экономического ценоза получим на основе соотношений  $\Delta R = \partial R / \partial N \Delta N$ ,  $\Delta S = \partial S / \partial N \Delta N$ , где  $\partial R / \partial N$  и  $\partial S / \partial N$  представляют собой искомые чувствительности к ошибкам в определении  $N$ . Определяя по выражениям (5), (6) частные производные, окончательно получаем:

$$\partial R / \partial N = C_1 \frac{e^{\lambda N} (\lambda N - 1) + 1}{\lambda N^2}, \quad (7)$$

$$\partial S / \partial N = C_1 N e^{\lambda N} + C_2 N. \quad (8)$$

Проведенный на качественном уровне анализ полученных соотношений (7)–(8) позволяет сделать несколько выводов:

1. Чувствительность среднего количества ресурсов, приходящихся на один вид, быстро снижается по мере роста количества наблюдаемых видов, что следует из соотношения (7).

2. Указанная чувствительность не зависит от наличия или отсутствия видов, обеспечивающих постоянный уровень использования ресурсов. К числу таких видов относятся инвазивные, не являющиеся традиционными для конкретной социально-экономической системы. Данные виды могут быть в наличии вследствие открытости рассматриваемых систем. Кроме того, социально-экономические системы являются динамическими, что проявляется в непрерывном процессе возникновения и исчезновения тех или других видов. Последние также создают фоновый постоянный уровень, составляющий, как правило,

незначительную долю от общего количества потребляемых в системе ресурсов.

3. С учетом отрицательности коэффициента  $\lambda$  представленная формулой (8) оценка чувствительности параметра  $S$  может быть по-разному интерпретирована для различных участков наблюдения. При незначительных соотношениях  $C_2/C_1$  (порядка долей процента) чувствительность среднего наблюдаемого количества видов быстро убывает с ростом  $N$  и для практически наблюдаемых социально-экономических систем, насчитывающих несколько десятков ценологических видов, ею можно пренебречь. В случае, когда соотношение  $C_2/C_1$  достаточно велико, чувствительность определяется в основном вторым слагаемым формулы (8).

4. Помимо параметра  $N$ , оценки чувствительности, в особенности при определении среднего количества наблюдаемых ценологических видов, зависят от жесткости условий среды функционирования рассматриваемой социально-экономической системы  $\lambda$ . При формулировании данных выводов указанный параметр полагался находящимся в диапазоне  $-1.5 < \lambda < -0.5$  [4], который соответствует большинству устойчивых ценозов. В остальных случаях можно непосредственно использовать формулы (7)–(8).

Приведенные выше оценки качественных характеристик параметров, получаемых по ценологическим моделям получены в предположении, что их коэффициенты  $\lambda$ ,  $C_1$ ,  $C_2$  уже определены. Вместе с тем, данные коэффициенты также подвержены влиянию ошибок наблюдения. Поскольку при построении ценологических ранговых и ранго-видовых распределений производится ранжирование видов в порядке убывания, наличие в исходных данных ошибок наблюдений может привести к изменению порядка видов. Сложность аналитического учета данного

явления обуславливает необходимость использования для оценок чувствительности имитационной модели. Данная модель реализована в среде Excel и представляет собой последовательность следующих вычислительных этапов:

1. Выбираем произвольно зависимость вида (2) с априори заданными коэффициентами. Количество ценологических видов будем определять в соответствии с реально существующими ценозами, для которых данная величина составляет порядка нескольких десятков видов.

2. По сформированной зависимости генерируем заданное число ценологических видов.

3. Будем полагать, что ошибка наблюдения входных данных аддитивна и распределена по известному закону распределения с нулевым средним и постоянной дисперсией. В соответствии с известными предпосылками применения МНК, закон распределения должен соответствовать нормальному, однако для реальных социально-экономических систем достаточно трудно обеспечить выполнение такого требования. В имитационной модели в силу простоты реализации будем использовать равномерное распределение, при котором случайная величина может заключаться в некотором заданном диапазоне. Для каждого из полученных по формуле (2) значений характеристики ценологического вида добавим сформированный генератором случайных чисел аналог «ошибки наблюдений».

4. После добавления ошибок может потребоваться процедура повторного ранжирования, которую и проведем на данном этапе. Полученные в результате выполнения пунктов 1-4 значения представляют собой аналог (имитацию) фактически наблюдаемых информационно-экономических моделей социально-экономических систем мезоуровня. Именно эта последовательность будет использоваться для идентификации коэффициентов модели.

Для получения статистически значимых результатов данный эксперимент проводился многократно (по определению отдельных параметров до 1000 раз) с усреднением получаемых характеристик.

Имитационный эксперимент выявил некоторые особенности влияния ошибок в исходных данных на различные параметры модели. Как нетрудно заметить, при росте ранга первое из слагаемых ценологической зависимости (2) быстро уменьшается и в результате ее можно представить состоящей из двух участков: экспоненциального, описывающего так называемую «саранчовую касту» (виды, представленные значительным количеством особей) и прямолинейного, традиционно называемого «ноевой кастой». В первом случае влиянием неточности определения  $C_2$  можно пренебречь по сравнению с другими параметрами. Во втором – определяющим становится параметр  $C_2$ . В связи с этим, коэффициент  $\lambda$  выбирался равным -0.2, поскольку данному значению соответствует более или менее равномерное распределение видов между двумя выделенными участками зависимости.

Полученные результаты для значений параметров  $\lambda=-0,2$ ,  $C_1=1000$ ,  $C_2=100$  приводятся в таблице. Указанные в таблице значения соответствуют относительной погрешности определения коэффициентов модели для разных уровней шумов. Последний определялся как выраженное в процентах (приводится в таблице) отношение уровня шума (максимально возможного отклонения от точного значения) к коэффициенту  $C_1$ , определяющему максимум на кривой рангового распределения.



Таблица – Результаты имитационного моделирования

Уровень шума в исходных данных	Относительная погрешность определения коэффициентов модели		
	C1	C2	$\lambda$
20	7,12	11,47	4,87
18	5,98	7,54	7,24
16	6,34	3,44	4,18
14	5,26	5,21	4,38
12	4,19	7,22	4,67
10	2,52	2,77	2,43
8	4,33	4,86	2,75
6	0,58	2,68	2,01
4	0,74	1,62	1,86
2	0,04	0,05	0,52
0	0	0	0

Как и следовало ожидать, между точностью исходных данных и получаемых в результате применения МНК коэффициентов модели имеется прямая связь. Кроме того, можно отметить, что наблюдается снижение уровня погрешности в определении указанных коэффициентов, что объясняется эффектом «фильтрации» - усреднения оценок коэффициентов при использовании метода наименьших квадратов. Для количественной оценки зависимости точности определения коэффициентов модели от уровня шумов в исходных данных построим линейные зависимости вида  $y = kx$ , где  $y$  и  $x$  относительные ошибки искомым коэффициентов и входных данных соответственно,  $k$  - множитель, показывающий интенсивность влияния ошибки исходных данных. Полученные результаты приводятся на рисунках 1-3.

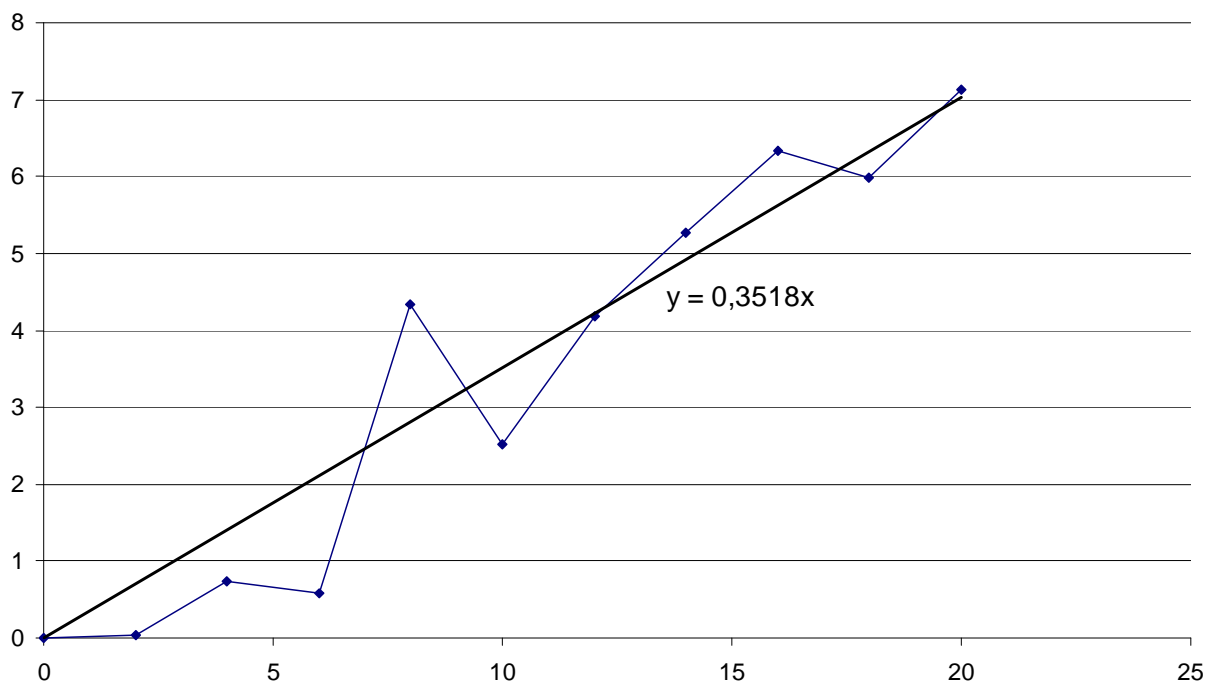


Рисунок 1 – Зависимость относительной ошибки идентификации коэффициента  $C_1$  от уровня шумов (% от  $C_1$ )

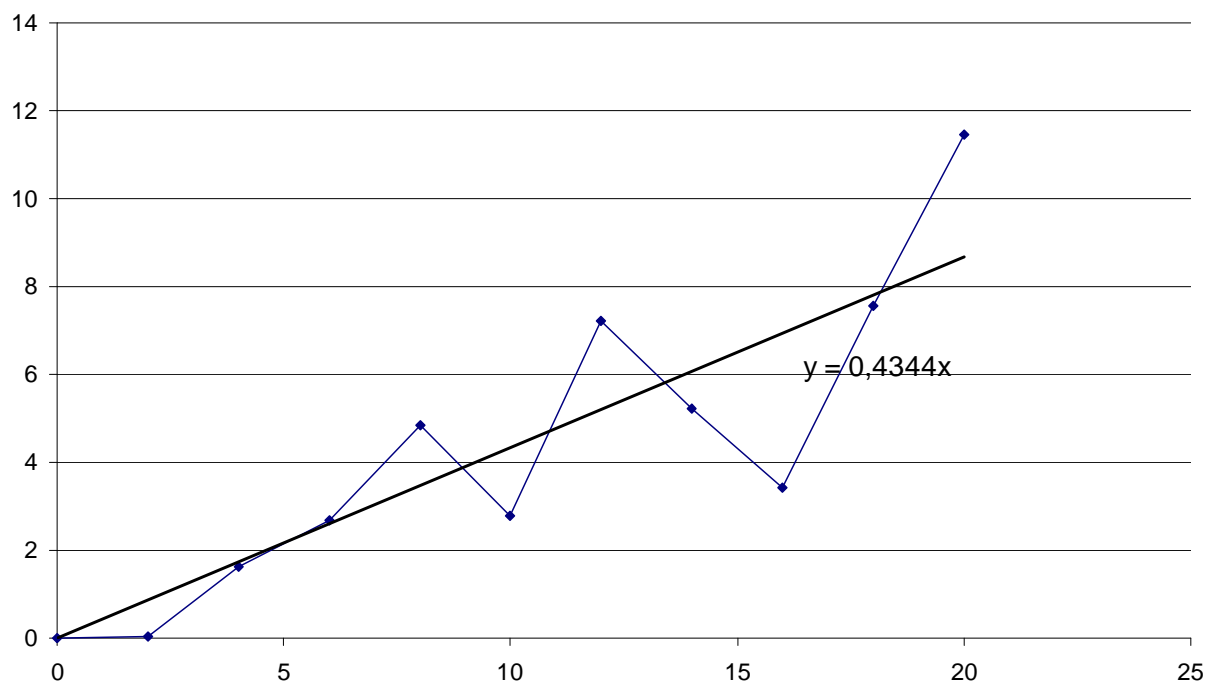


Рисунок 2 – Зависимость относительной ошибки идентификации коэффициента  $C_2$  от уровня шумов (% от  $C_1$ )

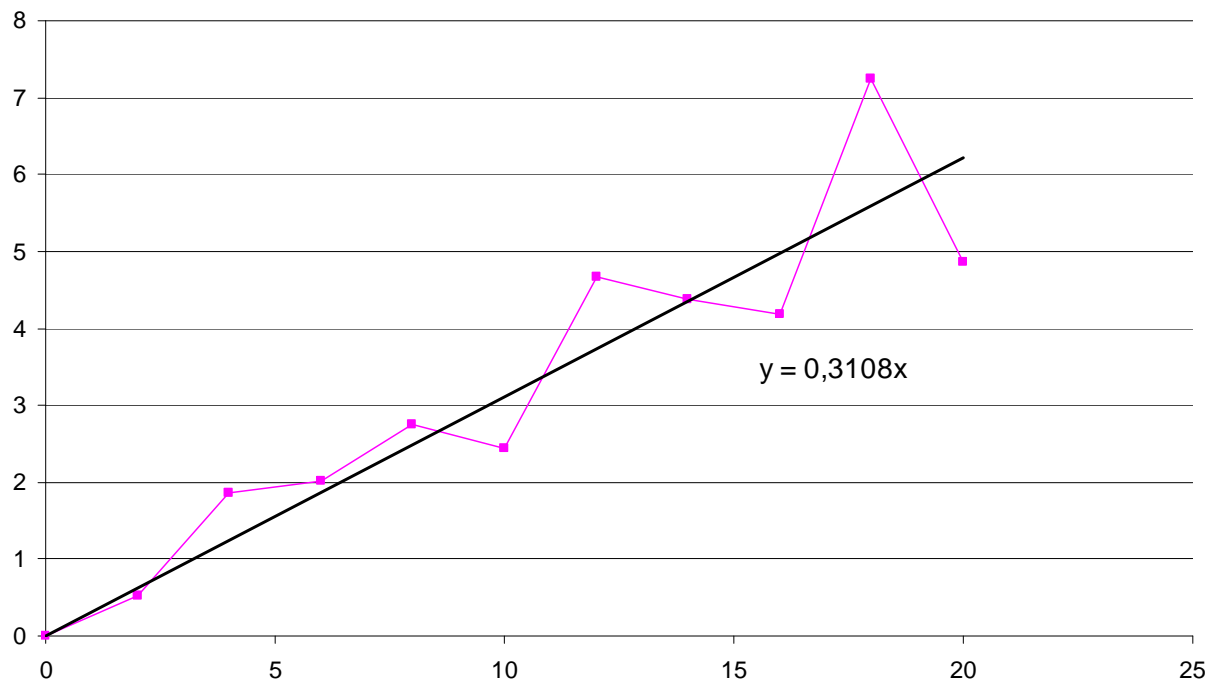


Рисунок 3 – Зависимость относительной ошибки идентификации коэффициента  $\lambda$  от уровня шумов (% от  $C_1$ )

Полученные зависимости показывают относительно низкую чувствительность определения показателей  $\lambda$  (0.3108),  $C_1$  (0.3518),  $C_2$  (0.4344), что свидетельствует о возможности использования их в качестве самостоятельных индикаторов состояния исследуемой социально-экономической системы, а также при построении других показателей на их основе.

Таким образом, приведенные характеристики, получаемые на основе ценологического подхода, дают возможность проводить диагностику состояния экономических систем в привычной для экономистов и менеджеров терминологии, определять возможные направления реализации управляющих воздействий на основе существующей статистической базы.

#### Список литературы

1. Акатов В.В., Чефранов С.Г., Акатова Т.В. Об эволюционной полночленности видовых фондов современных растительных сообществ

высокогорной зоны Западного Кавказа // Журнал общей биологии. – Т. 64. – № 4. – 2003. – С. 307–317.

2. Кацко И.А. Интеллектуальный анализ данных и моделирование зависимости урожайности зерновых от затрат // Научный журнал КубГАУ, № 36(2), 2008. <http://ej.kubagro.ru/2008/02/pdf/16.pdf>

3. Кудрин Б. И. Классика технических ценозов. Общая и прикладная ценология. Вып. 31 «Ценологические исследования». Томск: Томск. гос. ун-т – Центр системных исследований, 2006. 220 с.

4. Кузьминов А. Н. Ценологический инструментарий управления региональной рыночной средой предприятий малого бизнеса / Н. А. Кузьменко // Ростов на Дону : изд-во СКНЦ БШ, 2007. – 124 с.

5. Чефранов С.Г., Сидорчев В.В. Кибернетический подход к оценке устойчивости региональных социально-экономических систем // Terra Economicus. 2009. Т. 7. № 3-3. С. 268-271.

### References

1. Akatov V.V., Chefranov S.G., Akatova T.V. Ob jevoljucionnoj polnochlennosti vidovyh fondov sovremennyh rastitel'nyh soobshhestv vysokogornoj zony Zapadnogo Kavkaza // Zhurnal obshhej biologii. – Т. 64. – № 4. – 2003. – S. 307–317.

2. Kacko I.A. Intel'ktual'nyj analiz dannyh i modelirovanie zavisimosti urozhajnosti zernovyh ot zatrat // Nauchnyj zhurnal KubGAU, № 36(2), 2008. <http://ej.kubagro.ru/2008/02/pdf/16.pdf>

3. Kudrin B. I. Klassika tehniceskikh cenozov. Obshhaja i prikladnaja cenologija. Vyp. 31 «Cenologicheskie issledovanija». Tomsk: Tomsk. gos. un-t – Centr sistemnyh issledovanij, 2006. 220 s.

4. Kuz'minov A. N. Cenologicheskij instrumentarij upravlenija regional'noj rynochnoj sredoju predpriyatij malogo biznesa / N. A. Kuz'menko // Rostov na Donu : izd-vo SKNC BSh, 2007. – 124 s.

5. Chefranov S.G., Sidorchev V.V. Kiberneticheskij podhod k ocenke ustojchivosti regional'nyh social'no-jekonomicheskikh sistem // Terra Economicus. 2009. Т. 7. № 3-3. S. 268-271.