

УДК 303.732.4

UDC 303.732.4

**ОБОСНОВАНИЕ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ МЕРЫ ЗНАНИЙ, КОГНИТИВНОГО ИНТЕГРАЛЬНОГО КРИТЕРИЯ И ВТОРОЙ СЕМАНТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ СК-АНАЛИЗА НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ ВЕРОЯТНОСТЕЙ**

**SUBSTANTIATION OF THE QUANTITATIVE MEASURE OF KNOWLEDGE, COGNITIVE INTEGRATED CRITERION AND THE SECOND SEMANTIC INFORMATION MODEL OF THE SYSTEMIC COGNITIVE ANALYSIS ON THE BASIS OF PROBABILITY THEORY**

Шеляг Михаил Михайлович  
аспирант  
*Кубанский государственный аграрный университет, Краснодар, Россия*

Shelyag Mikhail Mihailovich  
Post-graduate student  
*Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia*

В статье предложена вторая семантическая информационная модель СК-анализа, в рамках которой на основе теории вероятностей обоснованы количественная мера знаний и когнитивный интегральный критерий, являющийся суммой знаний о поведении объекта управления под действием системы факторов

In the article we suggest second semantic information model of the systemic cognitive analysis where a quantitative measure of knowledge and cognitive integrated criterion which is the sum of knowledge of behavior of the object of management under the influence of system of factors are proved on the basis of probability theory

Ключевые слова: СИСТЕМНАЯ ТЕОРИЯ ИНФОРМАЦИИ, ТЕОРИЯ ВЕРОЯТНОСТЕЙ, МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМНО-КОГНИТИВНЫЙ АНАЛИЗ

Keywords: THE SYSTEM THEORY OF THE INFORMATION, PROBABILITY THEORY, MATHEMATICAL MODEL, SYSTEMIC COGNITIVE ANALYSIS

В системно-когнитивном анализе (СК-анализ) на основе предложенной Е.В.Луценко системной теории информации (СТИ) математически обоснована семантическая информационная модель [1, 2]. Имеется успешный опыт применения данной модели для решения широкого круга задач прогнозирования и поддержки принятия решений в различных предметных областях. Однако этот опыт показал, что существует проблема объяснения заказчикам и пользователям сути этой модели. С другой стороны опыт решения задачи выявления зависимостей между структурой себестоимости и объемами производства продукции АПК [3-16] привел к новой, несколько более упрощенной, но и более понятной математической модели, получившей название: "Вторая семантическая информационная модель СК-анализа" или СИМ-2. Впервые эта модель была описана и исследована в сопоставлении с классической моделью СК-анализа (СИМ-1) в работе [6], вместе с тем в той работе не было дано ее математического обоснования. Решению этой задачи и посвящена данная статья.

Известное по данным статистики числовое значение каждого экономического показателя рассматриваются как сумма его истинного (точного) значения и шума, появляющегося вследствие недостоверности исходной информации и ошибок измерения исходных показателей, на основе которых он рассчитывается. Такой подход соответствует реалиям, в отличие от требования абсолютной точности и полноты исходных данных, которое часто требуется в классической статистике.

Поэтому *предлагается* рассматривать экономические показатели не как числовые, а как интервальные числовые значения, т.е. каждый экономический показатель рассматривать как числовой интервал, внутри которого находится его точное (истинное) значение.

В результате выполнения когнитивной структуризации и формализации предметной области имеющийся набор экономических показателей разделяется на набор управляющих *факторов*, характеризующих структуру себестоимости продукции и набор *классов* или *обобщенных категорий*, которые описывают состояние объекта управления.

Первой матрицей математической модели, которая рассчитывается при синтезе модели, является матрица абсолютных частот (таблица 1).

**Таблица 1 – МАТРИЦА АБСОЛЮТНЫХ ЧАСТОТ**

		Классы (обобщенные категории) объемы производства продукции АПК					Сумма
		1	...	<i>j</i>	...	<i>W</i>	
Значения факторов – интервальные значения структуры себестоимости	1	$N_{11}$		$N_{1j}$		$N_{1W}$	
	...						
	<i>i</i>	$N_{i1}$		$N_{ij}$		$N_{iW}$	$N_i$
	...						
	<i>M</i>	$N_{M1}$		$N_{Mj}$		$N_{MW}$	
Суммарное количество объектов обучающей выборки				$N_j$			$N$

Здесь:

$N_{ij}$  – суммарное количество наблюдений *j*-го результата производства продукции при условии действия *i*-го значения фактора себестоимости;

$N_j$  – суммарное количество встреч  $j$ -го класса, т.е. соответствующего значения объема производства продукции, за все годы исследуемой выборки (*в отличие* от классической математической модели СК-анализа, в которой  $N_j$  равно суммарному количеству признаков в  $j$ -м классе);

$N_i$  – суммарное количество встреч  $i$ -го значения факторов себестоимости за все годы исследуемой выборки (*в отличие* от классической математической модели, в которой  $N_i$  равно суммарному количеству встреч  $i$ -го значения фактора по всем классам);

$N$  – суммарное количество примеров (анкет) за все годы исследуемой выборки: в нашем случае их 17, т.е. за 1991-2007 годы (*в отличие* от математической модели СК-анализа, в которой  $N$  равно суммарному количеству признаков у всех объектов обучающей выборки);

$W$  – количество классов (обобщенных категорий), соответствующих состояниям объекта управления;

$M$  – количество факторов, соответствующих определенной структуре себестоимости.

В этой матрице столбцы соответствуют объемам производства различных видов продукции, а строки – интервальным значениям факторов, отражающих структуру себестоимости. Матрица абсолютных частот служит для *накопления и обобщения* эмпирических данных об исследуемом периоде. Каждый год формально описывается в модели двумя векторами:

– вектор  $\overset{\mathbf{1}}{K} = \{K_j\}$ , характеризует объемы производства различных видов продукции в определенном году и представляет собой просто набор кодов классов;

– вектор  $\overset{\mathbf{1}}{L} = \{L_i\}$ , характеризует структуру себестоимости продукции в том же году:

$$\overset{\mathbf{r}}{L} = \{L_i\} = \begin{cases} 1, & \text{если в этом году наблюдалось } i\text{-е значение фактора;} \\ 0, & \text{если в этом году не наблюдалось } i\text{-е значение фактора.} \end{cases}$$

Первоначально в матрице абсолютных частот все значения равны нулю. Затем организуется цикл по объектам обучающей выборки. Если предъявленного объекта относящегося к  $j$ -му классу есть  $i$ -й признак, то

значения абсолютных частот переписываются, см. "программистское" выражение:

$$N_{ij} = N_{ij} + 1; N_i = N_i + 1; N = N + 1 \quad (1)$$

Этот процесс по принципу *многоканальной системы выделения сигнала из шума* обеспечивает подавление *шума* в статистической отчетности и выделение полезного сигнала о влиянии структуры себестоимости продукции на объемы ее производства.

На основе матрицы частот (таблица 1) классы можно сравнивать по наблюдаемым частотам признаков только в том случае, если количество примеров по всем классам *одинаково*. Если же оно отличается, то более корректно сравнивать классы по условным и безусловным вероятностям наблюдения признаков, посчитанных на основе матрицы частот в соответствии с выражениями (2), в результате чего получается матрица условных и безусловных процентных распределений (таблица 2).

$$P_i = \frac{N_i}{N}; P_{ij} = \frac{N_{ij}}{N_j}; N_i = \sum_{j=1}^W N_{ij}; N = \sum_{j=1}^W N_j \quad (2)$$

где:

$P_{ij}$  – условная вероятность наблюдения *i*-го признака у объектов *j*-й категории (класса);

$P_i$  – безусловная вероятность наблюдения *i*-го признака по всей выборке.

**Таблица 2 – МАТРИЦА ОТНОСИТЕЛЬНЫХ ЧАСТОТ (УСЛОВНЫХ И БЕЗУСЛОВНЫХ ВЕРОЯТНОСТЕЙ)**

		Классы (обобщенные категории) объемы производства продукции АПК					Безусловная вероятность признака
		1	...	<i>j</i>	...	<i>W</i>	
Значения факторов – интервальные значения структуры себестоимости	1	$P_{11}$		$P_{1j}$		$P_{1W}$	
	...						
	<i>i</i>	$P_{i1}$		$P_{ij}$		$P_{iW}$	$P_i$
	...						
	<i>M</i>	$P_{M1}$		$P_{Mj}$		$P_{MW}$	

Сравнивая друг с другом условные вероятности совместного наблюдения действия определенных значений факторов себестоимости и объемов производства продукции, можно судить о том, как влияет данное значение фактора на объемы производства. Однако *это требует от аналитика определенной дополнительной работы для осуществления этого сравнения и на практике возможно лишь для небольших размерностей задач*. Поэтому *предлагается* сравнивать не условные вероятности наблюдения признаков по различным классам друг с другом, а условную вероятность наблюдения признака по классу с безусловной вероятностью его наблюдения по всей выборке.

Это предложение по своей сути полностью соответствует известному статистическому *методу средних и отклонений от средних*, и **нормативному подходу**, когда в качестве *базы сравнения, т.е. нормы*, выбирается *среднее* по всей группе, т.е. безусловная вероятность. На основе этого подхода формируются и *частные критерии* сравнения конкретных состояний АПК с обобщенными образами классов, т.е. можно сказать, что **критериальный подход** изначально основан на нормативном.

Из теоремы умножения вероятностей в статистике известно, что два события:

1-е – на объект управления действует *i-е* значение фактора;

2-е – объект управления перешел в *j-е* состояние;

являются *независимыми*, если условная вероятность  $P_{ij}$  наблюдения *i-го* значения фактора у объектов *j-го* класса равна безусловной вероятности  $P_i$  его наблюдения по всей выборке (3):

$$P_{ij} = P_i \quad (3)$$

И наоборот, если равенство (3) не выполняется, то это означает, что *i-е* значение фактора себестоимости *влияет* на получение *j-го* результата по объемам производства продукции.

Конечно, здесь возникает вопрос о том, *как именно* влияет.

**Предположим**, что величина отношения (4) *количественно* отражает *силу и направление* влияния *i*-го значения фактора на переход объекта в *j*-е состояние:

$$K_{ij} = \frac{P_{ij}}{P_i} : \quad (4)$$

- $K_{ij} > 1$ , то *i*-е значение фактора *способствует* переходу в *j*-е состояние.
- $K_{ij} = 1$ , то *i*-е значение фактора *не влияет* на переход в *j*-е состояние;
- $K_{ij} < 1$ , то *i*-е значение фактора *препятствует* переходу в *j*-е состояние;

Однако в качестве *частных критериев* в аддитивном интегральном критерии выражение (4) использовать неудобно, т.к. значения факторов, способствующие и препятствующие переходу объекта управления в *j*-е состояние, отличаются не знаком и своей величиной, а лишь величиной, т.е. тем, что они соответственно больше и меньше 1. В результате при использовании выражения (4) в интегральном критерии его значение не будет равно нулю при отсутствии влияния системы факторов на поведение объекта управления. Если суммарное влияние системы факторов *способствует* переходу объекта в некоторое состояние, то интегральный критерий должен быть положительный, а если *препятствует* – отрицательный, величина же интегрального критерия должна отражать общую силу влияния факторов. Чтобы выполнить эти естественные и обоснованные требования **предлагается** использовать не выражение (4), а его логарифм (5), в котором для способствующих факторов  $I_{ij} > 0$ , а препятствующих  $I_{ij} < 0$ .

$$I_{ij} = \text{Log}_2(K_{ij}) = \text{Log}_2\left(\frac{P_{ij}}{P_i}\right) \quad (5)$$

Отметим, что выражение (5) по своей математической форме напоминает известное выражение А. Харкевича (6) для семантической меры

целесообразности информации, но *отличается* от него смыслом входящих в выражение вероятностей.

$$I_{ij} = \text{Log}_2 \left( \frac{P_{ij}}{P_j} \right) \quad (6)$$

В выражении А. Харкевича (6)  $P_{ij}$  представляет собой вероятность перехода объекта в  $j$ -е состояние при условии, что на него действовало  $i$ -е значение фактора, а  $P_j$  – вероятность самопроизвольного перехода объекта в это состояние.

Это позволяет считать величину  $I_{ij}$  в выражении (5) количеством информации, которое содержится в факте действия на объект управления  $i$ -го значения фактора о переходе этого объекта в  $j$ -е состояние. Поскольку *знания* определяются как информация, изменяющая вероятность достижения цели, а *смысл* (согласно концепции Шенка-Абельсона) означает *знание последствий*, то можно обоснованно считать величину  $I_{ij}$ , определяемую выражением (5), количеством знаний о смысле  $i$ -го значения фактора.

Таким образом, выражение (5) является *количественной мерой объема знаний* о влиянии  $i$ -го значения фактора себестоимости на  $j$ -е объемы производства продукции в АПК, т.е. отражает *силу (величину) и направление влияния*:

- $I_{ij} > 0$ , то  $i$ -е значение фактора *способствует* переходу в  $j$ -е состояние.
- $I_{ij} = 0$ , то  $i$ -е значение фактора *никак не влияет* на переход в  $j$ -е состояние;
- $I_{ij} < 0$ , то  $i$ -е значение фактора *препятствует* переходу в  $j$ -е состояние;

В векторе  $i$ -го фактора (строка матрицы знаний) отображается, какое количество знаний о переходе объекта управления в каждое из будущих состояний содержится в том факте, что данный фактор действует. В векторе  $j$ -го состояния класса (столбец матрицы знаний) отображается, какое количество знаний о переходе объекта управления в соответствующее состояние содержится в каждом из значений факторов.

Подставив в (5) значения условной и безусловной вероятностей из (3) получим выражение (7) удобное для практических расчетов тем, что для них используется только матрица абсолютных процентных распределений, а не промежуточная матрица условных и безусловных вероятностей:

$$I_{ij} = \text{Log}_2 \left( \frac{N_{ij}N}{N_i N_j} \right) \tag{7}$$

Однако выражение (7) не удовлетворяет *принципу соответствия*, обязательному для более общих теорий, т.е. не переходит в выражение Хартли (8) в *равновероятном детерминистом случае*, т.е. в случае, когда к каждому классу относится только один объект, имеющий единственный признак, который *полностью обуславливает* принадлежность объекта к этому классу.

$$I_{ij} = \text{Log}_2 W \tag{8}$$

Из этого условия получаем для всех  $i$  и  $j$  (8) (таблица 3):

$$\forall ij: N_{ij} = N_i = N_j = 1 \tag{9}$$

где:

$W$  – количество классов (обобщенных категорий), соответствующих состояниям объекта управления;

$N$  – количество объектов обучающей выборки.

**Таблица 3 – МАТРИЦА ЧАСТОТ В РАВНОВЕРОЯТНОМ ДЕТЕРМИНИСТСКОМ СЛУЧАЕ**

		Классы					Сумма
		1	...	$j$	...	$W$	
Значения факторов	1	1					1
	...		1				1
	$i$			1			1
	...				1		1
	$M$					1	1
Сумма		1	1	1	1	1	$N$



С целью придания выражению (7) вида, обеспечивающего выполнения принципа соответствия, в него введен коэффициент  $\Psi$  и найдем такое его аналитическое выражение, чтобы этот принцип выполнялся (10):

$$I_{ij} = \text{Log}_2 \left( \frac{N_{ij}N}{N_i N_j} \right)^\Psi \quad (10)$$

Учитывая в (10) выражения (8) в (9) получим (11):

$$I_{ij} = \text{Log}_2 N^\Psi = \text{Log}_2 W \quad (11)$$

откуда:

$$\Psi = \frac{\text{Log}_2 W}{\text{Log}_2 N} \quad (12)$$

В первой семантической модели СК-анализа введен коэффициент эмерджентности А. Харкевича, имеющий сходное выражение, но отличающийся по смыслу.

Подставив коэффициент  $\Psi$  из (12) в (10), получим:

$$\begin{aligned} I_{ij} &= \text{Log}_2 \left( \frac{N_{ij}N}{N_i N_j} \right)^\Psi = \text{Log}_2 \left( \frac{N_{ij}N}{N_i N_j} \right)^{\frac{\text{Log}_2 W}{\text{Log}_2 N}} = \\ &= \frac{\text{Log}_2 W}{\text{Log}_2 N} \left( \text{Log}_2 \left( \frac{N_{ij}}{N_i N_j} \right) + \text{Log}_2 N \right) = \\ &= \text{Log}_2 \left( \frac{N_{ij}}{N_i N_j} \right)^{\frac{\text{Log}_2 W}{\text{Log}_2 N}} + \text{Log}_2 W \end{aligned}$$

или окончательно:

$$I_{ij} = \text{Log}_2 \left( \frac{N_{ij}}{N_i N_j} \right)^{\frac{\text{Log}_2 W}{\text{Log}_2 N}} + \text{Log}_2 W \quad (13)$$

На практике для численных расчетов удобнее пользоваться не выражением (13), а формулой (14) с учетом (12):

$$I_{ij} = \Psi \times \text{Log}_2 \left( \frac{N_{ij} N}{N_i N_j} \right) \quad (14)$$

Параметры  $W$  и  $N$  характеризуют семантическую информационную модель в целом, поэтому коэффициент  $\Psi$  рассчитывается один раз на всю модель и потом его значение просто используется в других расчетах.

Если использовать выражение (14) для расчета на основе матрицы абсолютных частот по всем признакам и классам, то получаем матрицу знаний (таблица 4):

**Таблица 4 – МАТРИЦА ЗНАНИЙ**

		Классы (обобщенные категории) объемы производства продукции АПК					Значимость фактора
		1	...	j	...	W	
Значения факторов – интервальные значения структуры себестоимости	1	$I_{11}$		$I_{1j}$		$I_{1W}$	$S_1$
	...						
	i	$I_{i1}$		$I_{ij}$		$I_{iW}$	$S_i$
	...						
	M	$I_{M1}$		$I_{Mj}$		$I_{MW}$	$S_M$
Степень редукции класса		$S_j$		$S_j$		$S_W$	H

Здесь  $S_i$  – среднеквадратичное отклонение влияния  $i$ -го фактора от среднего, т.е. вариабельность  $i$ -го фактора:

$$S_i = \sqrt{\frac{1}{W-1} \sum_{j=1}^W (I_{ij} - \bar{I}_i)^2}$$

$\bar{I}_i$  это среднее количество знаний о поведении объекта управления в  $i$ -м значении фактора:

$$\bar{I}_i = \frac{1}{W} \sum_{j=1}^W I_{ij}$$

Таким образом, значения коэффициентов  $I_{ij}$  таблицы 4 в количественной форме отражают знания о том, что "объект перейдет в  $j$ -е состояние" если "на объект действует  $i$ -е значение фактора". Матрица знаний является результатом *многопараметрической типизации* состояний АПК, классифицированных по объемам производства продукции и описанных различными вариантами структуры себестоимости.

Принципиально важно, что эти весовые коэффициенты не определяются экспертами на основе опыта интуитивным неформализуемым способом, а рассчитываются непосредственно на основе эмпирических данных (в качестве которых выступают данные официальной статистики) с помощью теоретически обоснованной модели.

Из матрицы знаний видно, как именно влияет любое конкретное значение фактора себестоимости на объемы производства различных видов продукции в АПК, т.е. видно силу и направление влияния значений факторов на поведение АПК. Это означает, что в матрице знаний содержатся количественные значения *частных критериев*, обуславливающих поведение АПК. Возникает вопрос о том, как определить *суммарное влияние* системы значений факторов себестоимости на объемы производства продукции в АПК. В полном соответствии с фундаментальной леммой Неймана-Пирсона предлагается ввести *интегральный критерий*, как аддитивную функцию от частных критериев в виде (15):

$$I_j = (\overset{\mathbf{I}}{I}_{ij}, \overset{\mathbf{I}}{L}_i). \quad (15)$$

В выражении (15) круглыми скобками обозначено скалярное произведение, т.е. свертка. Поскольку в качестве частных критериев в данном интегральном критерии выступают значения вектора  $\mathbf{I}_{ij}$ , представляющие собой знания о влиянии  $i$ -х значений факторов на переход объекта в  $j$ -е состояния, т.е. по сути, интегральный критерий представляет собой сумму знаний о влиянии системы факторов на поведение объекта управления, то представляется обоснованным и предлагается называть данный интегральный критерий **когнитивным интегральным критерием** (*cognition* – познание, *англ.*).

В координатной форме выражение (15) имеет вид:

$$I_j = \sum_{i=1}^M I_{ij} L_i, \quad (16)$$

где:

$M$  – суммарное количество градаций (интервалов) факторов стоимости в математической модели.

Подставим количественную меру знаний из выражения (13) в (16) и с учетом (12) получим выражение (17) для когнитивного интегрального критерия, которое можно рассчитывать непосредственно на основе матрицы абсолютных частот:

$$I_j = \sum_{i=1}^M L_i \times \left( \text{Log}_2 \left( \frac{N_{ij}}{N_i N_j} \right)^{\frac{\text{Log}_2 W}{\text{Log}_2 N}} + \text{Log}_2 W \right) \quad (17)$$

Таким образом, когнитивный интегральный критерий (17) представляет собой суммарное количество знаний, содержащееся в системе значений факторов различной природы (т.е. факторах, характеризующих объект управления, управляющее воздействие и окружающую среду) о переходе объекта управления в то или иное будущее состояние.

Необходимо отметить, что выражение для когнитивного интегрального критерия сходства (8) по своей математической форме является ненормированной *корреляцией* двух векторов. Это означает, что если эти вектора являются суммой двух сигналов: полезного и белого шума, то *при расчете интегрального критерия белый шум практически не будет играть никакой роли*, т.е. его корреляция с самими собой равна нулю по определению. Поэтому интегральный критерий сходства объекта со случайным набором признаков с любыми образами классов, или реального объекта с образами классов, сформированными случайным образом, будет равен нулю. Это означает, что *выбранный интегральный критерий сходства является высокоэффективным средством подавления белого шума и выделения полезной информации из шума*, который неизбежно присутствует в эмпирических данных. Важно также отметить *неметрическую природу* предложенного интегрального критерия сходства, благодаря чему его применение является *корректным и при неортонормированном семантическом информационном пространстве, каким оно в подавляющем количестве случаев и является, т.е. в общем случае*.

В многокритериальной постановке задача прогнозирования состояния объекта управления, при оказании на него заданного многофакторного управляющего воздействия  $I_j$ , сводится к максимизации интегрального критерия (17):

$$j^* = \arg \max_{j \in J} ((I_{ij}^{\mathbf{r}}, L_i^{\mathbf{r}})), \quad (17)$$

*т.е. к выбору такого состояния объекта управления, для которого интегральный критерий максимален.*

Задача принятия решения о выборе наиболее эффективного управляющего воздействия является *обратной задачей* по отношению к задаче максимизации интегрального критерия (идентификации и прогнозирования), т.е. вместо того, чтобы по набору факторов прогнозировать будущее

состояние объекта, наоборот, по заданному (целевому) состоянию объекта определяется такой набор факторов, который с наибольшей эффективностью перевел бы объект управления в это состояние.

Для сравнения семантических моделей, рассчитанных классическим путем и методом, предложенным в данной работе, удобно привести результаты измерения внутренней валидности построенных моделей.

С применением специально созданной Подсистемы синтеза семантической информационной модели и измерения ее внутренней интегральной и дифференциальной валидности, включенной в состав системы "Эйдос" и защищенного свидетельством РосПатента №2007614570, была проведена серия численных экспериментов, в которых изучались сходимость и устойчивость трех вариантов первой модели от объема обучающей выборки. При этом были выявлены 4 периода эргодичности и 3 точки бифуркации (рисунок 1).

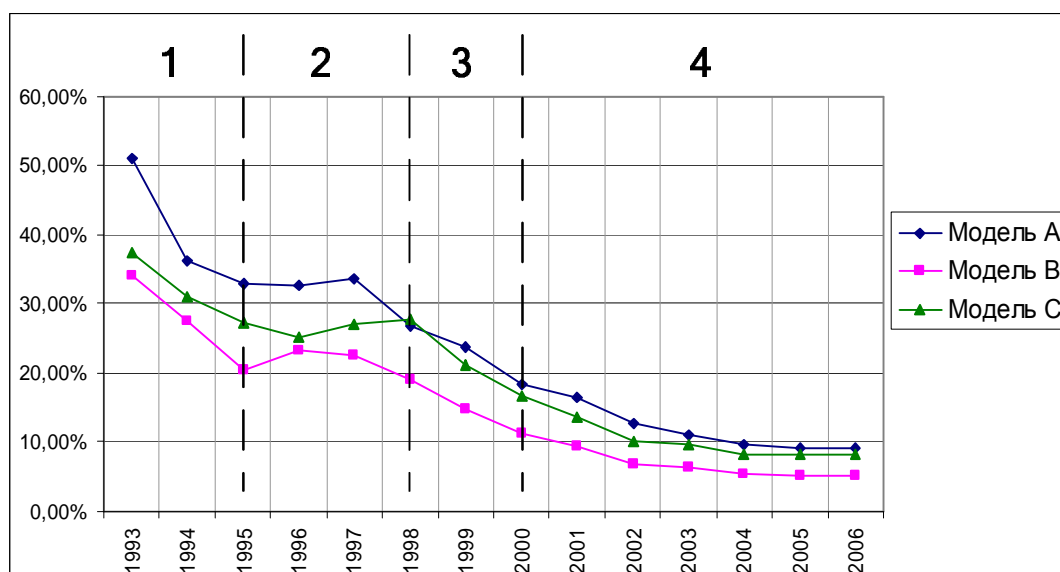


Рисунок 1. Количество ошибок распознавания в СИМ-1 И СИМ-2

**Модель А.** Для классов и признаков было выбрано разбиение на 5 градаций, был выполнен синтез семантической информационной модели первым методом (СИМ 1).

**Модель В.** Классы и обобщенные признаки были разбиты на 7 градаций, также использовалась СИМ 1.

**Модель С.** Для третьей модели было выбрано 5 градаций классов и обобщенных признаки, и был выполнен синтез модели вторым методом (СИМ 2).

Модели СИМ 1 и предложенная в работе СИМ 2 отличаются математической моделью расчета матрицы знаний и когнитивного интегрального критерия. На рисунке 2 показаны *четыре* периода и *три* точки бифуркации, соответствующие границам между периодами.

**1-й период (1991-1995 годы).** В этот период погрешность модели высока, что объясняется высокой динамичностью экономических процессов и не устоявшимся, изменяющимся характером взаимосвязей между структурой себестоимости и объемами производства продукции в условиях экономики переходного периода. Основная тенденция данного периода – быстрая стабилизация экономики с уменьшением погрешности модели от 50% до 20%. Видно, что к концу этого периода намечается стабилизация и даже повышение (для модели В) погрешности на высоком уровне около 25%. Это говорит о высокой и не уменьшающейся вариабельности характера взаимосвязей между структурой себестоимости и объемами производства продукции в этот период, а также о нарастании дестабилизирующих и деструктивных тенденций в экономике.

**Точка бифуркации 1995 года.** Если 1-й период характеризуется быстрой стабилизацией экономики, то с 1995 года этот процесс резко замедляется и начинается 2-й период эргодичности с иными закономерностями.

**2-й период (1995-1998 годы)** показывает практически не меняющуюся погрешность модели на уровне 20% – 30%. На наш взгляд это обусловлено двумя основными причинами: эклектичным *смешением* качественно различных и плохо совместимых закономерностей плановой и рыночной экономики; накоплением и постепенным усугублением в экономике старых проблем, что снижало эффективность нарождающихся рыночных механизмов.

**Точка бифуркации 1998 года.** Это *дефолт*, чрезвычайно болезненный крах существовавшей на тот момент экономики, в процессе которого были демонтированы внеэкономические механизмы управления экономикой, сдерживающие развитие рыночных отношений.

**3-й период (1998-2000 годы)** можно считать периодом стабилизации предметной области и отражающей ее модели на уровне адекватности 80 – 85%. Из этого можно сделать вывод о том, что в этот период в основном формируются закономерности рыночного характера, и старые механизмы плановой экономики оказывают уже довольно незначительное и все ослабевающее влияние.

**Точка бифуркации 2000 года.** Этот год можно назвать годом перехода от постдефолтного периода к нормальному стабильному поступательному развитию рыночной экономики.

**4-й период (2000-2007 годы)** период полной стабилизации экономики на рыночных принципах. При этом после 2001 года наблюдается стабилизацию погрешности моделей на уровне 3-5%, что говорит о высокой степени адекватности созданных моделей текущему состоянию экономики АПК, достаточной для того, чтобы исследование моделей можно было считать исследованием самой моделируемой предметной области.

Результаты кластерного анализа исследуемых периодов в системах SPSS и "Эйдос" практически совпадают, что повышает их достоверность, а значит и высокую достоверность выводов о точках бифуркации и периодах эргодичности, сделанных на их основе.

Таким образом, можно обоснованно сделать следующие выводы:

1. СИМ-1 и СИМ-2 дают сходные результаты и в большинстве случаев вполне могут применяться вместо друг друга.

2. Впервые предложена и обоснована на основе теоремы умножения вероятностей связанных событий количественная мера знаний, которую предложено рассматривать в качестве частного критерия в многокритериальных задачах прогнозирования и поддержки принятия решений.

3. Предложен когнитивный интегральный критерий, являющийся неметрическим критерием, который является корректным в неортонормированных и нелинейных когнитивных пространствах, т.е. в общем случае, и количественно отражает сумму знаний, содержащихся в модели о влиянии системы факторов на поведение объекта управления.



4. Предложенные алгоритмы формирования меры знаний и интегрального когнитивного критерия обеспечивают выявление знаний из фрагментированных зашумленных эмпирических данных.

### Литература

1. Луценко Е.В. Автоматизированный системно-когнитивный анализ в управлении активными объектами (системная теория информации и ее применение в исследовании экономических, социально-психологических, технологических и организационно-технических систем): Монография (научное издание). – Краснодар: КубГАУ. 2002. – 605 с.
2. Луценко Е.В. Математическая сущность системной теории информации (СТИ) (Системное обобщение формулы Больцмана-Найквиста-Хартли, синтез семантической теории информации Харкевича и теории информации Шеннона) / Е.В. Луценко // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2008. – №08(42). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2008/08/pdf/04.pdf>
3. Шеляг М.М. Применение систем искусственного интеллекта для исследования влияния структуры себестоимости на объемы производства в АПК / М.М. Шеляг // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2005. – №02(10). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2005/02/pdf/15.pdf>
4. Шеляг М.М. Проблема влияния структуры себестоимости на объемы производства продукции, (постановка, актуальность, идея решения) / М.М. Шеляг // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2005. – №06(14). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2005/06/pdf/16.pdf>
5. Шеляг М.М. Классификация моделей и задач при исследовании влияния структуры себестоимости продукции на объемы ее производства в АПК методом СК-анализа / М.М. Шеляг // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2007. – №01(25). – Шифр Информрегистра: 0420700012\0007. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2007/01/pdf/16.pdf>
6. Шеляг М.М. Определение периодов эргодичности и бифуркации макроэкономической ситуации в АПК Краснодарского края в период с 1991 по 2005 годы / М.М. Шеляг // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2007. – №02(26). – Шифр Информрегистра: 0420700012\0027. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2007/02/pdf/10.pdf>
7. Шеляг М.М. Функции влияния элементов структуры себестоимости на показатели объемов производства продукции АПК Краснодарского края / М.М. Шеляг // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2007. – №06(30). – Шифр Информрегистра: 0420700012\0113. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2007/06/pdf/02.pdf>
8. Шеляг М.М. Семантическая информационная модель влияния структуры себестоимости продукции на объемы ее производства. Постановка проблемы, краткое содержание работы. Часть 1. / М.М. Шеляг // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2007. – №08(32). – Шифр Информрегистра: 0420700012\0145. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2007/08/pdf/07.pdf>
9. Шеляг М.М. Семантическая информационная модель влияния структуры себестоимости продукции на объемы ее производства. Постановка проблемы, краткое содержание работы. Часть 2 / М.М. Шеляг // Научный журнал КубГАУ [Электронный

- ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2007. – №09(33). – Шифр Информрегистра: 0420700012\0156. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2007/09/pdf/16.pdf>
10. Шеляг М.М. Синтез, оптимизация и верификация семантических информационных моделей АПК Краснодарского края / М.М. Шеляг // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2007. – №10(34). – Шифр Информрегистра: 0420700012\0176. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2007/10/pdf/18.pdf>
  11. Шеляг М.М. Системно-когнитивный анализ влияния структуры себестоимости продукции на объемы ее производства в АПК// Технические науки: Сборник научных работ: "Труды Кубанского государственного аграрного университета". – Выпуск № 420 (448). – Краснодар: КубГАУ, 2005. С. 118-123.
  12. Шеляг М.М., Луценко Е.В. Системно-когнитивный анализ влияния структуры себестоимости на объемы производства продукции АПК. // Экономика: Научный журнал: "Труды Кубанского государственного аграрного университета". – Выпуск № 3 (12), 2008. – Краснодар: КубГАУ, 2008. С. 33-37.
  13. Шеляг М.М. Анализ влияния структуры себестоимости продукции на объемы ее производства в АПК. Метод анализа данных. Система моделей данных // Математические методы и информационно-технические средства: Труды II Всероссийской научно-практической конференции, 23 июня 2006г. – Краснодар: Краснодарский университет МВД России, 2006. – 124 с.119-121.
  14. Шеляг М.М. Анализ периодов эргодичности экономического развития АПК Краснодарского края.// Прогнозирование процессов в АПК: Экономическое прогнозирование: модели и методы: материалы III Международной научно-практической конференции: в 2 ч. – Воронеж: ВГУ, 2007. – Ч. I. – С. 299-306.
  15. Шеляг М.М. Прогнозирование объемов производства по заданной структуре себестоимости продукции в АПК.// Научное обеспечение агропромышленного комплекса: материалы 1-ой всероссийской научно-практической конференции молодых ученых. – Краснодар: КубГАУ, 2007. – С. 466-467
  16. Шеляг М.М. Построение семантической информационной модели влияния структуры себестоимости продукции на объемы ее производства в АПК Краснодарского края. // Управление созданием и развитием систем, сетей и устройств телекоммуникаций: Труды научно-практ. конф. – Санкт-Петербург 2008. – С. 430-440