

УДК 338.436.33:[004:330.322]

ББК 65.9(2) 32-5

Б-24

*Барановская Татьяна Петровна, профессор, доктор экономических наук, заведующая кафедрой системного анализа и обработки информации факультета прикладной информатики ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина»; 350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13; e-mail: bartp\_2@mail.ru.;*

*Луценко Евгений Вениаминович, профессор, доктор экономических наук, кандидат технических наук, профессор кафедры компьютерных технологий и систем факультета прикладной информатики ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина»; 350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13; e-mail: [prof.lutsenko@gmail.com](mailto:prof.lutsenko@gmail.com), <http://lc.kubagro.ru>*

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ И КОГНИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ  
В УПРАВЛЕНИИ КАЧЕСТВОМ ЖИЗНИ ПУТЕМ ИНВЕСТИЦИЙ В АПК: СИНТЕЗ  
И ВЕРИФИКАЦИЯ СИСТЕМНО-КОГНИТИВНЫХ МОДЕЛЕЙ\***

(рецензирована)

*В предыдущих работах авторов была решена задача когнитивной структуризации и формализации предметной области, которая состоит в разработке классификационных и описательных шкал и градаций и кодировании исходных данных с их помощью, в результате чего формируется обучающая выборка. Данная работа посвящена синтезу и верификации системно-когнитивной модели, отражающей влияние инвестиций в АПК на качество жизни населения региона.*

***Ключевые слова:** АСК-анализ, система «Эйдос», автоматизированный системно-когнитивный анализ, качество жизни, регион, качество жизни.*

*Baranovskaya Tatyana Petrovna, a professor, Doctor of Economics, head of the Department of System Analysis and Information Processing of the Faculty of Applied Computer Science of FSBEI HE “Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin”; 350044, Krasnodar, 13 Kalinin str.; e-mail: bartp\_2@mail.ru.;*

*Lutsenko Evgeniy Veniaminovich, a professor, Doctor of Economics, Candidate of Technical Sciences, professor of the Department of Computer Technologies and Systems of the Faculty of Applied Computer Science of FSBEI HE “Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin”; 350044, Krasnodar, 13 Kalinin str.; e-mail: [prof.lutsenko@gmail.com](mailto:prof.lutsenko@gmail.com), <http://lc.kubagro.ru>*

**INFORMATION AND COGNITIVE TECHNOLOGIES  
IN THE LIFE QUALITY MANAGEMENT THROUGH INVESTMENTS  
IN THE AGRICULTURAL SECTOR: SYNTHESIS AND VERIFICATION  
OF SYSTEM-COGNITIVE MODELS**

(reviewed)

*In previous studies the authors solved the problem of cognitive structurization and formalization of the subject area, which consisted in developing classification and descriptive scales and gradations and coding the source data with their help, as a result of which the*

---

\* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 17-02-00045-ОГН.

*training sample was formed. This paper is devoted to the synthesis and verification of a system-cognitive model, reflecting the impact of investments in the agro-industrial complex on the quality of life of the population of the region.*

**Keywords:** *ASC-analysis, Eidos system, automated system-cognitive analysis, quality of life, region.*

В работе [1] сформулирована идея рассматривать инвестиции как управляющий фактор, позволяющий достичь значимой цели в реальной предметной области: *повысить качество жизни населения региона*. В работе [2] поставлены задачи, которые должны быть решены для достижения этой цели. В данной работе завершается решение 4-й из этих задач, а именно выбранные по критериям метод и инструментарий применяются для создания математической модели регионального социума, адекватно отражающей интересующие нас причинно-следственные взаимосвязи. Отметим, что первая часть этой задачи решена в работе [2].

#### 1. Синтез системно-когнитивной модели объекта моделирования

Различные системно-когнитивные модели (СК-модели) отличаются частными критериями (таблица 1), с помощью которых они рассчитываются на основе исходных данных.

**Таблица 1** – Частные критерии

Условное наименование СК-модели	Выражение для частного критерия	
	через относительные частоты	через абсолютные частоты
INF1	$I_{ij} = \Psi \times \text{Log}_2 \frac{P_{ij}}{P_i}$	$I_{ij} = \Psi \times \text{Log}_2 \frac{N_{ij}N}{N_i N_j}$
INF2	$I_{ij} = \Psi \times \text{Log}_2 \frac{P_{ij}}{P_i}$	$I_{ij} = \Psi \times \text{Log}_2 \frac{N_{ij}N}{N_i N_j}$
INF3	---	$I_{ij} = N_{ij} - \frac{N_i N_j}{N}$
INF4	$I_{ij} = \frac{P_{ij}}{P_i} - 1 = \frac{P_{ij} - P_i}{P_i}$	$I_{ij} = \frac{N_{ij}N}{N_i N_j} - 1$
INF5	$I_{ij} = \frac{P_{ij}}{P_i} - 1 = \frac{P_{ij} - P_i}{P_i}$	$I_{ij} = \frac{N_{ij}N}{N_i N_j} - 1$
INF6	$I_{ij} = P_{ij} - P_i$	$I_{ij} = \frac{N_{ij}}{N_j} - \frac{N_i}{N}$
INF7	$I_{ij} = P_{ij} - P_i$	$I_{ij} = \frac{N_{ij}}{N_j} - \frac{N_i}{N}$

На рисунке 1 приведена экранная форма с заданием на синтез и верификацию моделей:

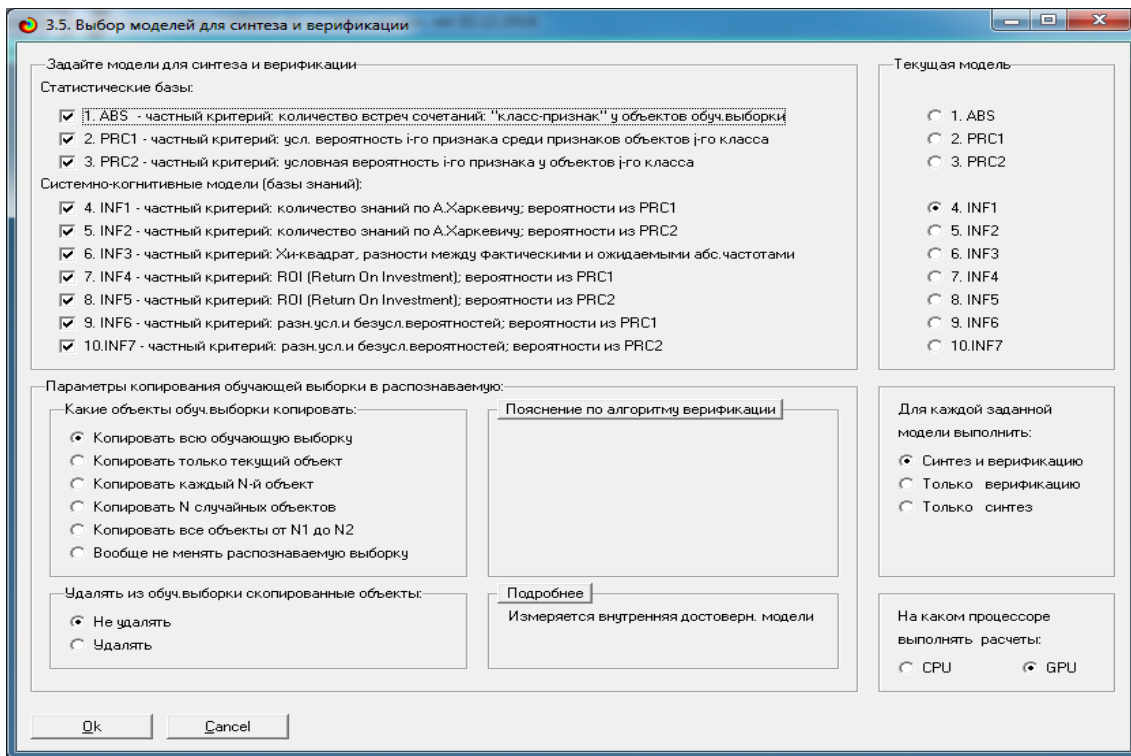


Рис. 1. Скриншот режима синтеза и верификации моделей  
На рисунке 2 приведен фрагмент системно-когнитивной модели Inf3.

Код признака	Наименование описательной шкалы и градации	1. ВРП НА ДШУ НАС В ТЕК. ЦЕНАХ ТЫС. РУБ. С 1998Г. РУБ. 1/3	2. ВРП НА ДШУ НАС В ТЕК. ЦЕНАХ ТЫС. РУБ. С 1998Г. РУБ. 2/3	3. ВРП НА ДШУ НАС В ТЕК. ЦЕНАХ ТЫС. РУБ. С 1998Г. РУБ. 3/3	4. ВРП НА ДШУ НАС ТЫС. РУБ. 1998Г. (4421.0000000, 6705.0000000)	5. ВРП НА ДШУ НАС ТЫС. РУБ. 1998Г. РУБ. 2/3 (6705.0000000, 8558.0000000)	6. ВРП НА ДШУ НАС ТЫС. РУБ. 1998Г. РУБ. 3/3 (6558.0000000, 20358.0000000)	7. % ВРП ПРИХОД. НА СФЕРЕ ОБСЛУЖИВ. (НЕРЫН.) 1/3 (41.3000000, 45.0000000)	8. % ВРП ПРИХОД. НА СФЕРЕ ОБСЛУЖИВ. (НЕРЫН.) 2/3 (45.0000000, 52.0000000)	9. % ВРП ПРИХОД. НА СФЕРЕ ОБСЛУЖИВ. (НЕРЫН.) 3/3 (52.0000000, 56.2000000)	10. ДОЛЯ ДОХОДОВ НАСЕЛЕНИЯ С НАМЫШШИМИ ДОХОДАМИ 1/3 (43.0000000, 44.2000000)	11. ДОЛЯ ДОХОДОВ НАСЕЛЕНИЯ С НАМЫШШИМИ ДОХОДАМИ 2/3 (44.2000000, 44.8000000)	12. ДОЛЯ ДОХОДОВ НАСЕЛЕНИЯ С НАМЫШШИМИ ДОХОДАМИ 3/3 (44.8000000, 46.2000000)
1	ИНВЕСТИЦИИ В ОСНОВНОЙ КАПИТАЛ - ВСЕГ...	-0.336	-0.336	-0.336	-0.224	-0.224	-0.224	-0.336	-0.336	-0.336	-0.224	-0.336	-0.336
2	ИНВЕСТИЦИИ В ОСНОВНОЙ КАПИТАЛ - ВСЕГ...	2.253	-0.747	-0.747	1.502	0.502	-0.498	0.253	0.253	0.253	-0.498	-0.747	-0.747
3	ИНВЕСТИЦИИ В ОСНОВНОЙ КАПИТАЛ - ВСЕГ...	-0.933	2.067	-0.933	-0.622	0.378	1.378	-0.933	1.067	0.067	0.378	0.067	0.067
4	ИНВЕСТИЦИИ В ОСНОВНОЙ КАПИТАЛ - ВСЕГ...	-1.083	-1.083	1.917	-0.722	-0.722	-0.722	0.917	-1.083	-0.083	0.278	0.917	0.917
5	ИНВ. В ОСН. КАП. ПО КРУПН. И СРЕДН. ПРЕДЛ...	-0.336	-0.336	-0.336	-0.224	-0.224	-0.224	-0.336	-0.336	-0.336	-0.224	-0.336	-0.336
6	ИНВ. В ОСН. КАП. ПО КРУПН. И СРЕДН. ПРЕДЛ...	2.253	-0.747	-0.747	1.502	0.502	-0.498	0.253	0.253	0.253	-0.498	-0.747	-0.747
7	ИНВ. В ОСН. КАП. ПО КРУПН. И СРЕДН. ПРЕДЛ...	-0.933	2.067	-0.933	-0.622	0.378	1.378	-0.933	1.067	0.067	0.378	0.067	0.067
8	ИНВ. В ОСН. КАП. ПО КРУПН. И СРЕДН. ПРЕДЛ...	-1.083	-1.083	1.917	-0.722	-0.722	-0.722	0.917	-1.083	-0.083	0.278	0.917	0.917
9	ИНВ. В ОСН. КАП. ПО КРУПН. И СРЕДН. ПРЕДЛ...	-0.336	-0.336	-0.336	-0.224	-0.224	-0.224	-0.336	-0.336	-0.336	-0.224	-0.336	-0.336
10	ИНВ. В ОСН. КАП. ПО КРУПН. И СРЕДН. ПРЕДЛ...	1.253	0.253	-0.747	1.502	0.502	-0.498	0.253	1.253	-0.747	-0.498	0.253	0.253
11	ИНВ. В ОСН. КАП. ПО КРУПН. И СРЕДН. ПРЕДЛ...	0.067	1.067	-0.933	-0.622	0.378	1.378	-0.933	0.067	1.067	0.378	-0.933	-0.933
12	ИНВ. В ОСН. КАП. ПО КРУПН. И СРЕДН. ПРЕДЛ...	-1.083	-1.083	1.917	-0.722	-0.722	-0.722	0.917	-1.083	-0.083	0.278	0.917	0.917
13	ИНВ. В ОСН. КАП. ПО КРУПН. И СРЕДН. ПРЕДЛ...	-0.336	-0.336	-0.336	-0.224	-0.224	-0.224	-0.336	-0.336	-0.336	-0.224	-0.336	-0.336
14	ИНВ. В ОСН. КАП. ПО КРУПН. И СРЕДН. ПРЕДЛ...	1.235	0.235	-0.765	1.490	-0.510	0.490	0.235	0.235	0.235	0.490	-0.765	-0.765
15	ИНВ. В ОСН. КАП. ПО КРУПН. И СРЕДН. ПРЕДЛ...	0.085	1.085	-0.915	-0.610	1.390	0.390	-0.915	1.085	0.085	-0.610	0.085	0.085
16	ИНВ. В ОСН. КАП. ПО КРУПН. И СРЕДН. ПРЕДЛ...	-1.083	-1.083	1.917	-0.722	-0.722	-0.722	0.917	-1.083	-0.083	0.278	0.917	0.917
17	ИНВ. В ОСН. КАП. ПО КРУПН. И СРЕДН. ПРЕДЛ...	1.141	0.141	-0.859	1.428	0.428	-0.572	0.141	1.141	-0.859	-0.572	0.141	0.141
18	ИНВ. В ОСН. КАП. ПО КРУПН. И СРЕДН. ПРЕДЛ...	0.701	-0.299	-0.299	-0.199	0.801	-0.199	-0.299	-0.299	0.701	-0.199	-0.299	-0.299

Рис. 2. Фрагмент СК-модели Inf3

## 2. Достоверность СК-модели объекта моделирования

Из рисунка 3 мы видим, что в соответствии с критерием L2 достоверность наилучшей СК-модели Inf3 (см. табл. 1) с интегральным критерием «Сумма знаний» составляет 0,911 при максимуме 1, что является довольно хорошим результатом.

4.1.3.6. Обобщенная форма по доводкам моделей при разн. крит. Текущая модель: "INF1"

Наименование модели и частного критерия	Интегральный критерий	Число ложных отрицательных решений (FN)	Точность модели	Полнота модели	Фиера Ван Ризбергера	Сумма модулей истинно-положительных решений (ST)	Сумма модулей истинно-отрицательных решений (ST)	Сумма модулей ложно-положительных решений (SFP)	Сумма модулей ложно-отрицательных решений (SF)	S Точность модели	S Полнота модели	L1-мера проф. Е.В. Луценко
1. ABS - частный критерий: количество встреч сонетаний "клас...	Корреляция абс частот с обр...	103	0.614	0.988	0.758	100.437	116.723	23.288	0.016	0.812	1.000	0.896
1. ABS - частный критерий: количество встреч сонетаний "клас...	Сумма абс частот по призна...	419	0.284	1.000	0.442	89.127		66.509		0.573	1.000	0.728
2. PRC1 - частный критерий: усл. вероятность его признака сред...	Корреляция усл.отн частот с о...	102	0.617	0.988	0.759	100.437	116.723	23.288	0.016	0.812	1.000	0.896
2. PRC1 - частный критерий: усл. вероятность его признака сред...	Сумма усл.отн частот по приз...	419	0.284	1.000	0.442	89.087		71.648		0.551	1.000	0.711
3. PRC2 - частный критерий: условная вероятность его признака...	Корреляция усл.отн частот с о...	103	0.614	0.988	0.758	100.437	116.723	23.288	0.016	0.812	1.000	0.896
3. PRC2 - частный критерий: условная вероятность его признака...	Сумма усл.отн частот по приз...	419	0.284	1.000	0.442	85.809		70.114		0.550	1.000	0.710
4. INF1 - частный критерий: количество знаний по А\Харкевичу; в...	Семантический резонанс зна...	86	0.628	0.873	0.730	88.685	110.952	20.594	3.419	0.812	0.963	0.881
4. INF1 - частный критерий: количество знаний по А\Харкевичу; в...	Сумма знаний	344	0.319	0.970	0.480	68.667	3.195	40.584	0.249	0.629	0.996	0.771
5. INF2 - частный критерий: количество знаний по А\Харкевичу; в...	Семантический резонанс зна...	89	0.621	0.880	0.728	89.072	111.525	20.893	3.592	0.810	0.961	0.879
5. INF2 - частный критерий: количество знаний по А\Харкевичу; в...	Сумма знаний	336	0.323	0.964	0.483	77.601	4.374	46.786	0.739	0.624	0.991	0.766
6. INF3 - частный критерий: Хи-квадрат: разности между факти...	Семантический резонанс зна...	95	0.633	0.988	0.772	98.492	120.404	21.185	0.188	0.823	0.998	0.902
6. INF3 - частный критерий: Хи-квадрат: разности между факти...	Сумма знаний	95	0.633	0.988	0.772	88.201	81.121	13.097	0.177	0.839	0.997	0.911
7. INF4 - частный критерий: ROI (Return On Investment); вероятн...	Семантический резонанс зна...	73	0.667	0.880	0.758	87.396	108.341	18.107	3.183	0.828	0.965	0.891
7. INF4 - частный критерий: ROI (Return On Investment); вероятн...	Сумма знаний	353	0.317	0.988	0.480	43.445	0.832	22.687	0.063	0.657	0.999	0.793
8. INF5 - частный критерий: ROI (Return On Investment); вероятн...	Семантический резонанс зна...	74	0.665	0.886	0.760	87.754	108.857	18.309	3.212	0.827	0.965	0.891
8. INF5 - частный критерий: ROI (Return On Investment); вероятн...	Сумма знаний	348	0.316	0.970	0.477	56.515	1.361	30.668	0.208	0.648	0.996	0.785
9. INF6 - частный критерий: разн.усли без усл. вероятностей; вер...	Семантический резонанс зна...	82	0.643	0.892	0.747	92.728	106.484	18.181	3.169	0.836	0.967	0.897
9. INF6 - частный критерий: разн.усли без усл. вероятностей; вер...	Сумма знаний	349	0.320	0.988	0.483	61.297	1.675	34.280	0.123	0.641	0.998	0.781
10. INF7 - частный критерий: разн.усли без усл. вероятностей; ве...	Семантический резонанс зна...	84	0.638	0.892	0.744	92.978	106.951	18.509	3.340	0.834	0.965	0.895
10. INF7 - частный критерий: разн.усли без усл. вероятностей; ве...	Сумма знаний	344	0.317	0.964	0.478	59.532	1.965	34.173	0.309	0.635	0.995	0.775

Помощь по мерам достоверности | Помощь по частотным распределениям | TP, TN, FP, FN | (TP-FP)/(TP+FP)\*100 | Задать интервал сглаживания

Рис. 3. Форма с результатами оценки достоверности моделей

Суть критерия достоверности моделей L2 приведена в Help режиме 4.1.3.6 (рисунок 4).



**Рис. 4. Help режима 4.1.3.6 (оценка достоверности моделей)**  
 Достоверность созданных моделей оценивалась по трем критериям:  
 – F-мера Ван Ризбергена;

$$F = \frac{2 * \text{Precision} * \text{Recall}}{\text{Precision} + \text{Recall}}$$

$$\text{Precision} = \frac{TP}{TP + FP}$$

$$\text{Recall} = \frac{TP}{TP + FN}$$

– L1-мера, представляющая собой нечеткое мультиклассовое обобщение F-меры Ван Ризбергена [3]:

$$P_S = \frac{S_{TP}}{S_{TP} + S_{FP}}, \quad S_{TP} = \sum_{i=1}^T \sum_{j=1}^K |L_{TP}[i, j]|,$$

$$R_S = \frac{S_{TP}}{S_{TP} + S_{FN}}, \quad S_{FP} = \sum_{i=1}^T \sum_{j=1}^K |L_{FP}[i, j]|,$$

$$L1 = \frac{2P_S R_S}{P_S + R_S}. \quad S_{FN} = \sum_{i=1}^T \sum_{j=1}^K |L_{FN}[i, j]|.$$

– L2-мера, представляющая собой обобщение L1-меры, инвариантное относительно объема обучающей выборки [3]:

$$P_A = \frac{A_{TP}}{A_{TP} + A_{FP}}, \quad A_{TP} = \sum_{i=1}^T \sum_{j=1}^K \frac{|L_{TP}[i, j]|}{N_{TP}},$$

$$R_A = \frac{A_{TP}}{A_{TP} + A_{FN}}, \quad A_{FP} = \sum_{i=1}^T \sum_{j=1}^K \frac{|L_{FP}[i, j]|}{N_{FP}},$$

$$L2 = \frac{2P_A R_A}{P_A + R_A}. \quad A_{FN} = \sum_{i=1}^T \sum_{j=1}^K \frac{|L_{FN}[i, j]|}{N_{FN}}.$$

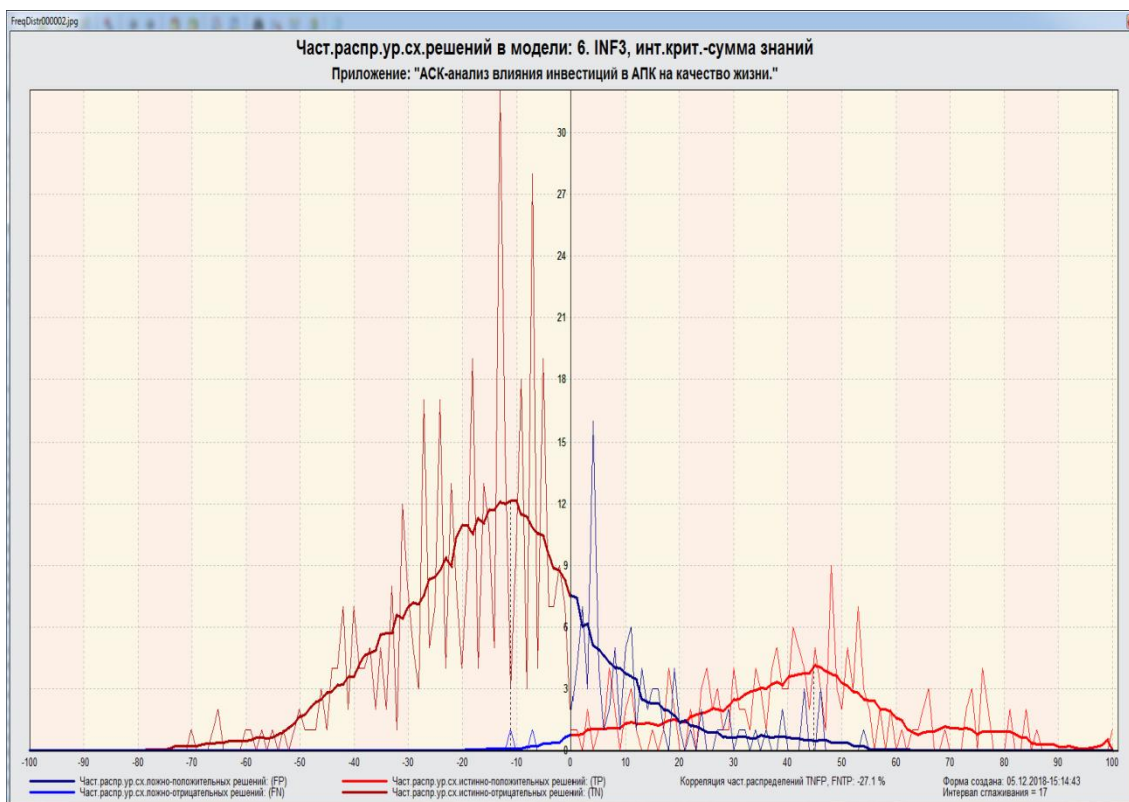
Смысл условных обозначений, использованных в этих математических выражениях, приведен в работе [3], в которой и предложены L1 и L2 меры.

Рассмотрим частотные распределения истинных и ложных положительных и отрицательных решений (рисунок 5).

Сглаживание частотных распределений истинных и ложных положительных и отрицательных решений осуществляется методом центрированной скользящей средней.

Из частотных распределений истинных и ложных положительных и отрицательных решений, приведённых на рисунке 5, видно, что:

1. Для отрицательных решений количество истинных решений всегда значительно превосходит количество ложных решений, причем при уровнях различия больше 15% ложные отрицательные решения вообще не встречаются.



**Рис. 5.** Частотные распределения истинных и ложных положительных и отрицательных решений в СК-модели Inf3

2. Для положительных решений картина более сложная и включает 3 диапазона уровней сходства: при низких уровнях сходства от 0% до 20% количество ложных решений всегда больше числа истинных; при средних уровнях сходства от 20% до 55% количество истинных решений всегда больше числа ложных; при высоких уровнях сходства выше 55% ложные решения вообще не встречаются.

Отметим, что эти частотные распределения напоминают два нормальных распределения, сдвинутых относительно друг друга.

1-е нормальное распределение состоит из частотных распределений истинно-отрицательных и ложно-положительных решений (сдвинуто влево, центр в районе уровня сходства (точнее уровня различия):  $-12\%$ );

2-е нормальное распределение состоит из частотных распределений ложно-отрицательных и истинно-положительных решений (сдвинуто вправо, центр в районе уровня сходства  $+45\%$ ).

Наличие заметного сдвига между этими двумя нормальными распределениями (около 60%) и небольшое значение корреляции между ними (0,27) делает возможным решение различных задач в данной модели. Все эти результаты вполне разумны.

### 3. Выводы и перспективы

На основании полученных результатов можно обоснованно сделать два основных вывода:

1. Созданные СК-модели предметной области имеют достаточно высокий уровень достоверности и правильно отражают влияние инвестиций в АПК на уровень качества жизни населения региона.

2. С применением созданных СК-моделей могут быть корректно решены задачи прогнозирования (задача 5), поддержки принятия решений (задача 6) и исследования предметной области (задача 7). Эти задачи, также поставлены в работе [2]. Их планируется решить в последующих статьях.

#### ***Литература:***

1. Луценко Е.В., Лойко В.И., Барановская Т.П. От управления инвестициями к управлению с помощью инвестиций // Новые технологии. 2017. Вып. 4. С. 184-191.

2. Луценко Е.В., Лойко В.И., Барановская Т.П. Информационные и когнитивные технологии в управлении качеством жизни путем инвестиций: формальная постановка задачи // Новые технологии. 2018. Вып. 3.

3. Луценко Е.В. Инвариантное относительно объемов данных нечеткое мультиклассовое обобщение F-меры достоверности моделей Ван Ризбергера в АСК-анализе и системе «Эйдос» [Электронный ресурс] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ). 2017. №02(126). С. 1-32. Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2017/02/pdf/01.pdf>, 2 у.п.л.

#### ***Literature:***

1. *Lutsenko E.V., Loiko V.I., Baranovskaya, T.P. From investment management to management with investments // New technologies. 2017. Vol. 4. P. 184-191.*

2. *Lutsenko E.V., Loiko V.I., Baranovskaya T.P. Information and cognitive technologies in managing the quality of life through investments: a formal formulation of the problem // New technologies. 2018. Vol. 3*

3. *Lutsenko E.V. The fuzzy multiclass generalization of the F-measures of van Riesbergen models in the ASC-analysis and the Eidos system [Electronic resource] invariant with respect to data volumes // Polythematic network electronic scientific journal of Kuban State Agrarian University (Scientific journal of KubSAU). 2017. No. 02 (126). P. 1-32. Access mode: <http://ej.kubagro.ru/2017/02/pdf/01.pdf>, 2 p.sh.*