

УДК 303.732.4

UDC 303.732.4

ИССЛЕДОВАНИЕ СИМВОЛЬНЫХ И ЦИФРОВЫХ РЯДОВ МЕТОДАМИ ТЕОРИИ ИНФОРМАЦИИ И АСК-АНАЛИЗА (на примере числа π с одним миллионом знаков после запятой)**THE STUDY OF SYMBOLIC AND NUMERIC SERIES BY METHODS OF THE THEORY OF INFORMATION AND ASC-ANALYSIS (ON THE EXAMPLE OF THE PI NUMBER WITH ONE MILLION DECIMAL PLACES)**

Луценко Евгений Вениаминович
д.э.н., к.т.н., профессор
Кубанский государственный аграрный университет,
Россия, 350044, Краснодар, Калинина, 13,
prof.lutsenko@gmail.com

Lutsenko Evgeny Veniaminovich
Dr.Sci.Econ., Cand.Tech.Sci., professor
Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia

В статье описывается программный интерфейс с универсальной когнитивной аналитической системой «Эйдос-Х++», обеспечивающий преобразование символьных, в частности числовых рядов в такую форму, которая непосредственно воспринимается данной системой. В результате в системе могут быть созданные 3 статистических и 7 интеллектуальных моделей этих рядов, в которых отражены взаимосвязи между символами или цифрами в этих рядах. Для отражения взаимосвязей между символами используются те же самые частные и интегральные критерии автоматизированного системно-когнитивного анализа (АСК-анализ), что и при отражении причинно-следственных взаимосвязей между событиями в реальной области, что ранее не применялось в теории чисел. Приводится подробный численный пример подобного исследования на примере выявления взаимосвязей между цифрами, представляющими собой десятичные знаки числа π , при этом в приведенном примере используется миллион знаков числа π после запятой

The article describes a software interface with the universal cognitive analytical system "Eidos-X++" ensuring the transformation of character, in particular – the numerical series in a form that is directly perceived by this system. As a result, the system can contain 3 statistical and 7 intellectual models of the series, which highlights the relationship between the characters or numbers in these lines. To reflect the relationships between the characters we used the same private and integral data of the automated system of cognitive analysis (ASC-analysis), and in the reflection of reasons-and-effect relationships between events in the real area that has not previously been used in the theory of numbers. The article provides a detailed numerical examples of such studies on the example of the identification of relationships between numbers that represent the decimal digits of the PI number, in the example we use one million digits of the PI number after the decimal point

Ключевые слова: АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ СИСТЕМНО-КОГНИТИВНЫЙ АНАЛИЗ, ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА «ЭЙДОС», ТЕОРИЯ ЧИСЕЛ, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ

Keywords: AUTOMATED SYSTEM-COGNITIVE ANALYSIS, EIDOS INTELLECTUAL SYSTEM, NUMBER THEORY, COMPUTATIONAL EXPERIMENT

Все уже привыкли к тому, что при изучении объектов и явлений реальной области конкретными науками широко применится математика и компьютерные технологии, т.е. математика обогащает конкретные науки, способствует их развитию и повышению научного уровня исследований.

При этом необходимо понимать, что в математике нет мер для количественного отражения силы и направления причинно-следственных зависимостей, т.к. нет и самого понятия причинно-следственных зависимостей, которое относится не к абстрактной, а к реальной области. Это связано с тем, что причинно-следственные зависимости возможны только между ре-

альными, а не абстрактными объектами. Меры взаимосвязи, выработанные математикой, такие как корреляция, сами по себе не являются мерами причинно-следственных связей, т.к. не отражают поведение объекта исследования, как в случае действия, так и в случае отсутствия действия на него исследуемого фактора [1, 2]. Поэтому конкретными науками выработан ряд собственных количественных мер силы и направления причинно-следственных зависимостей [3]. Среди этих мер в первую очередь необходимо упомянуть про классическую статистику Хи-квадрат и модель Георга Раша [3]. Автором предложено использовать для этой цели как эти, так и еще ряд способов повышения степени формализации разнородных номинальных шкал путем преобразования их в числовые с началом отсчета и общей единицей измерения, в качестве которой используется, например, количество информации [4]. Ранее эти способы разрозненно использовались в различных направлениях науки, но осознанно не объединялись вместе как модели знаний и меры силы и направления причинно-следственных связей.

На наш взгляд представляет интерес возможность использования всех этих количественных мер силы и направления причинно-следственных связей, выработанных конкретными науками, для исследования взаимосвязей между абстрактными математическими объектами, например такими, как элементы символьных, в частности цифровых рядов. Возможно, так конкретные науки могут внести некоторый, пусть небольшой вклад в обогащение математики, т.е. в какой-то степени вернуть ей свой долг. Разработке этому направления мысли посвящены работы [5, 6, 7] и другие.

В данной статье рассмотрим применение теории информации и АСК-анализа для исследования символьных и цифровых рядов на примере числа π одним миллионом знаков после запятой.

Данная задача относится к теории чисел, результаты в которой формулируются в форме гипотез и теорем. Но что представляет собой математическая гипотеза или теорема с точки зрения теории информации? *Это*

некое высказывание, содержащее определенное количество информации об абстрактных математических объектах, их свойствах и отношениях.

Предметом изучения теории чисел является такой абстрактный объект как число, а также свойства чисел и их отношений.

Любой символ можно рассматривать как цифру в системе счисления, включающей в качестве цифр весь алфавит, в который входит данный символ. Поэтому символьные и цифровые ряды могут рассматриваться как символьные или как цифровые в определенных системах счисления, т.е. между ними нет принципиальной разницы

Возникает закономерный вопрос: *а возможно ли автоматизировать исследование свойств чисел и их отношений таким образом, чтобы результаты этого исследования можно было формулировать в виде высказываний с указанием конкретного количества информации, содержащегося в них?*

Данная статья является попыткой обоснования утвердительного ответа на этот вопрос. Для этого предлагается применять для исследования свойств чисел в теории чисел тот же метод, который широко апробирован и хорошо зарекомендовал себя при исследовании реальных объектов и их отношений в различных предметных областях, а именно автоматизированный системно-когнитивный анализ (АСК-анализ), основанный на теории информации [8] и его программный инструментарий – универсальную когнитивную аналитическую систему «Эйдос» [9. 10].

Рассмотрим на простейшем примере: цифрового ряда и миллиона десятичных знаков числа π , как может выглядеть подобное исследование. **Целью** исследования является выявление причинно-следственных зависимостей между цифрой ряда и 5-ю предыдущими цифрами способом, который ранее не использовался для этой цели, а именно с помощью АСК-анализа и системы «Эйдос».

Будем придерживаться последовательности обработки данных, информации и знаний, принятых в АСК-анализе и его программном инструментарии – интеллектуальной системе «Эйдос» (рисунок 1):

Последовательность обработки данных, информации и знаний в системе Эйдос-X++

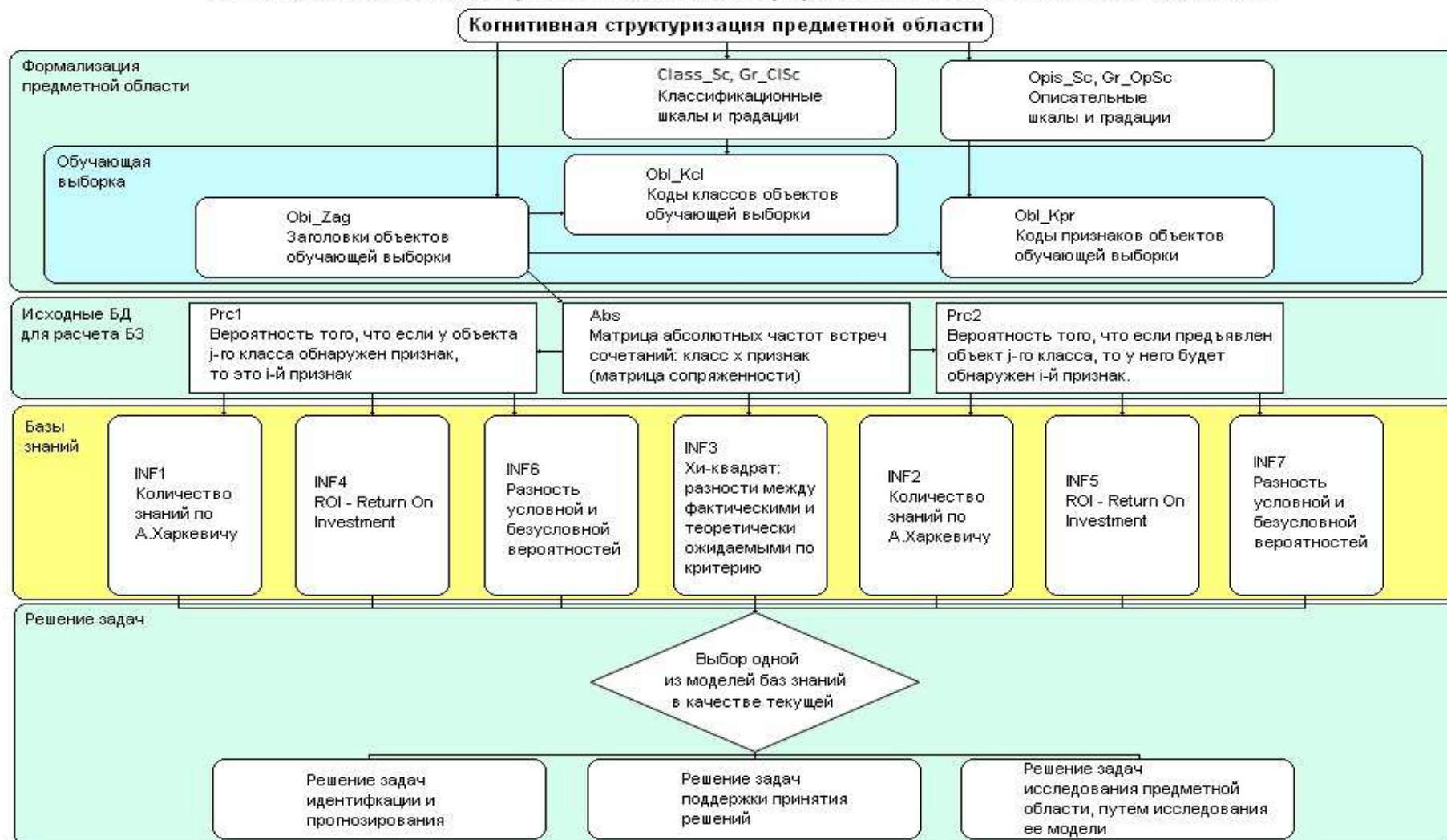


Рисунок 1. Последовательность преобразования данных в информацию, а ее в знания в АСК-анализе и интеллектуальной системе «Эйдос»

Очень кратко о АСК-анализе

АСК-анализ представляет собой системный анализ, структурированным по базовым когнитивным (познавательным) операциям, что позволило его автоматизировать и включает:

- формализуемую когнитивную концепцию, из которой выводится минимальный полный набор когнитивных операций (когнитивный конфигурактор);
- математическая модель, основанную на системном обобщении семантической меры информации А.Харкевича;
- методику численных расчетов, т.е. структуры данных и алгоритмы;
- программный инструментарий – интеллектуальную систему "Эйдос".

Последовательность преобразования данных в информацию, а ее в знания в АСК-анализе и интеллектуальной системе «Эйдос», представленная на рисунке 1, соответствует этапам АСК-анализа:



Этапы разработки приложения в АСК-анализе:

1. Когнитивная структуризация предметной области.
2. Формализация предметной области.
3. Подготовка и ввод обучающей выборки.
4. Синтез семантической информационной модели (СИМ).
5. Повышение качества СИМ.
6. Проверка адекватности СИМ (измерение внутренней и внешней, дифференциальной и интегральной валидности).
7. Решение задач идентификации, прогнозирование и принятия решений;
8. Исследование моделируемой предметной области путем исследования ее модели (анализ СИМ).

Теоретические аспекты АСК-анализа и опыт его практического применения для решения задач в различных предметных областях подробно описан в ряде работ автора [6, 11-28]¹ и в данной статье на этом останавливаться нецелесообразно. Отметим лишь, что этот метод обеспечивает:

- выявление причинно-следственных связей в эмпирических данных и преобразование их сначала в информацию, а затем в знания;
- сопоставимую обработку данных, полученных в различных видах измерительных шкал и представленных в различных единицах измерения;
- использование знаний для решения задач идентификации, прогнозирования и принятия решений.

Скачаем, установим и запустим систему «Эйдос»

1. Самую новую на текущий момент версию системы «Эйдос-X++» всегда можно скачать на странице: http://lc.kubagro.ru/aidos/_Aidos-X.htm.
2. Разархивируем этот архив в любую папку с правами на запись с коротким латинским именем самой папки и всех папок на пути к ней.
3. Запустить систему. Файл запуска: _AIDOS-X.exe.
4. Задать имя: 1 и пароль: 1.
5. Выполнить режим 1.1 (только 1-й раз при установке системы в эту папку).
6. Скачиваем архив <http://lc.kubagro.ru/Dima/p.rar> и записываем его содержимое в папку: c:\Aidos-X\AID_DATA\Inp_data\.
7. Запускаем программу  Char_series.exe² и в экранной форме, представленной на рисунке 2, задаем имя файла с рядом: «Pi.txt», длину учитываемых в моделях предыстории: 5.

¹ Полный открытый бесплатный доступ к этим и другим работам предоставлен на сайте автора: <http://lc.kubagro.ru/>

² Данная программа приведена в архиве с исходным текстом

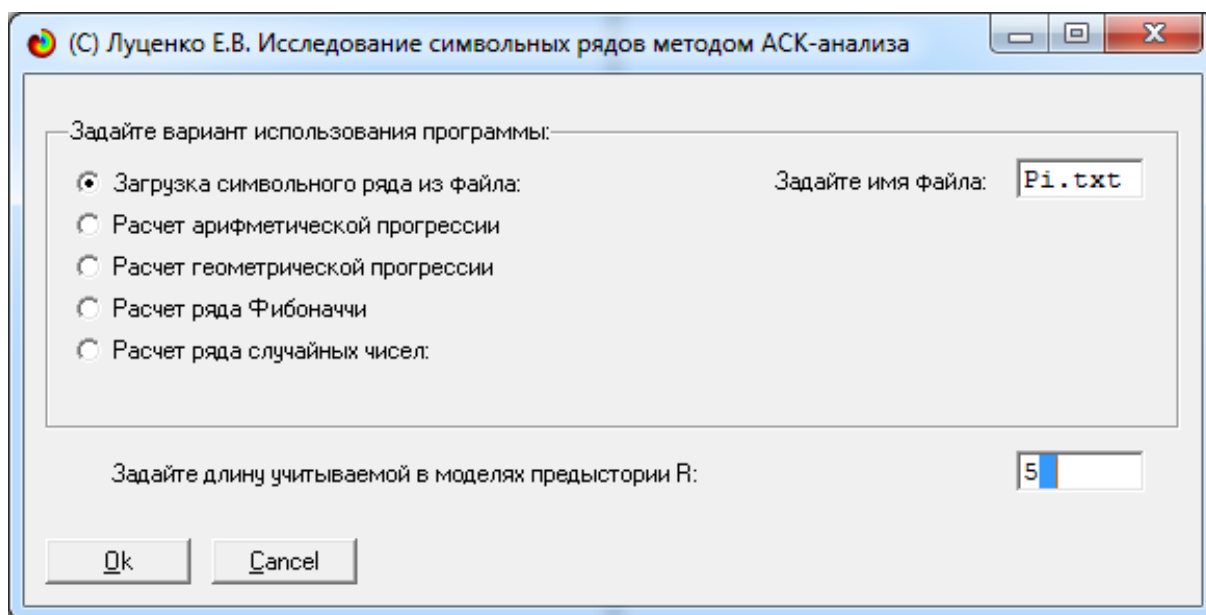


Рисунок 2. Экранная форма программного интерфейса, преобразующего символьный или цифровой ряд в форму, непосредственно воспринимаемую системой «Эйдос»

Через 17 секунд выдается сообщение, приведенное на рисунке 3:

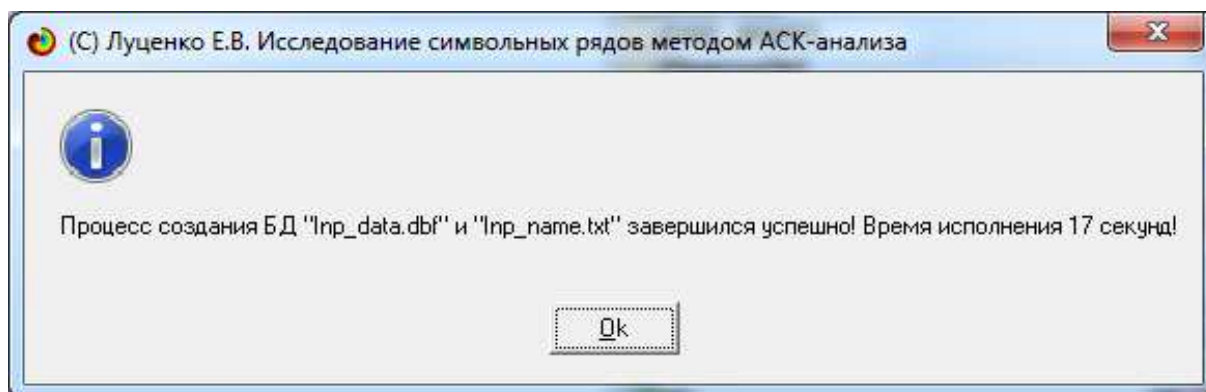


Рисунок 3. Экранная форма программного интерфейса с информацией об окончании процесса преобразования

Затем запускаем режим 2.3.2.2 системы «Эйдос» с опциями, заданными на экранной форме, приведенной на рисунке 4:

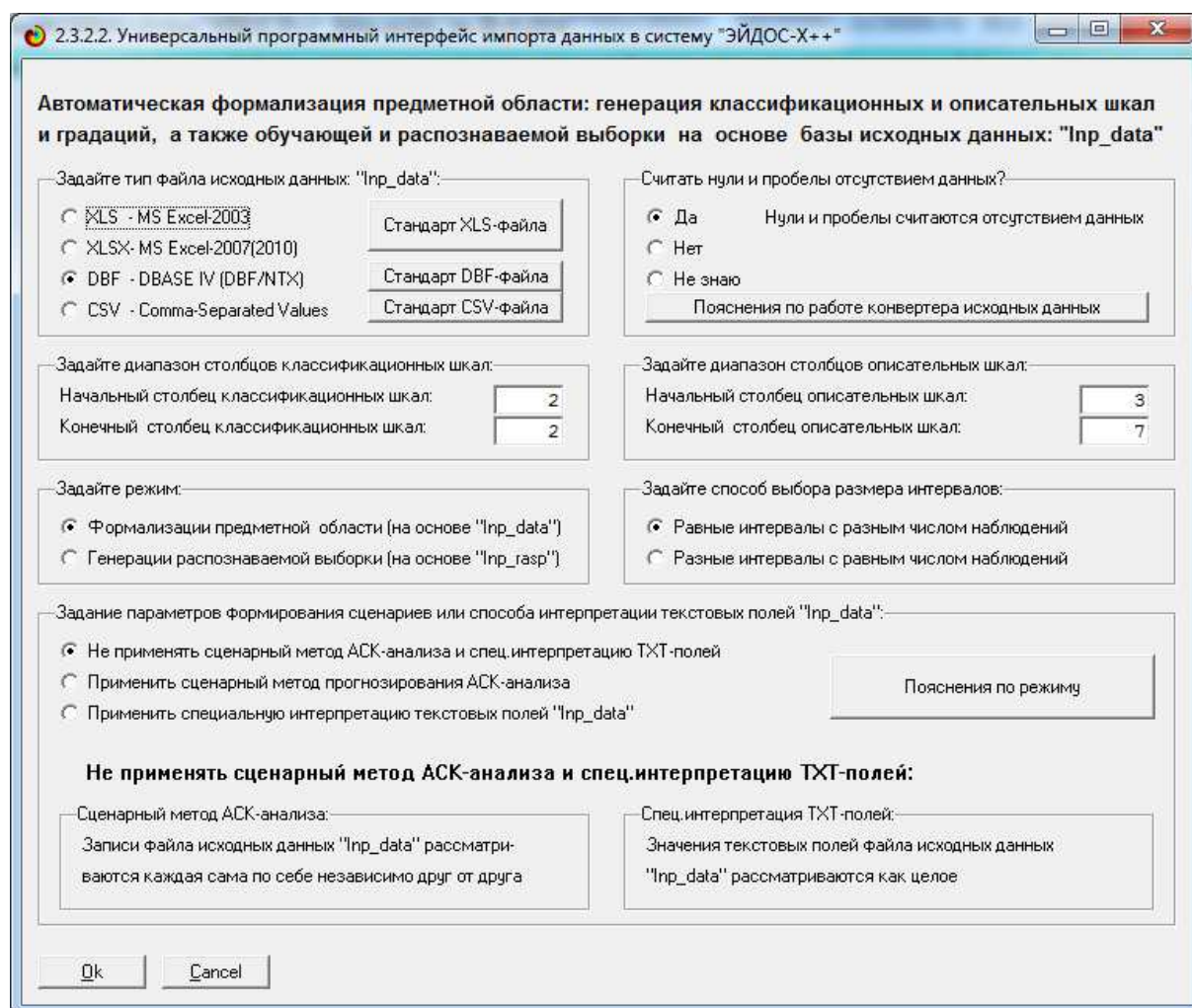


Рисунок 4. Экранная форма универсального программного интерфейса системы «Эйдос» для ввода данных из внешних баз данных

После нажатия «ОК» появляется окно внутреннего калькулятора данного интерфейса, на котором в данном случае ничего невозможно посчитать, т.к. в приложении нет числовых шкал, а просто отображается сколько найдено классификационных и описательных шкал и какое у них суммарное количество уникальных градаций (рисунок 5):

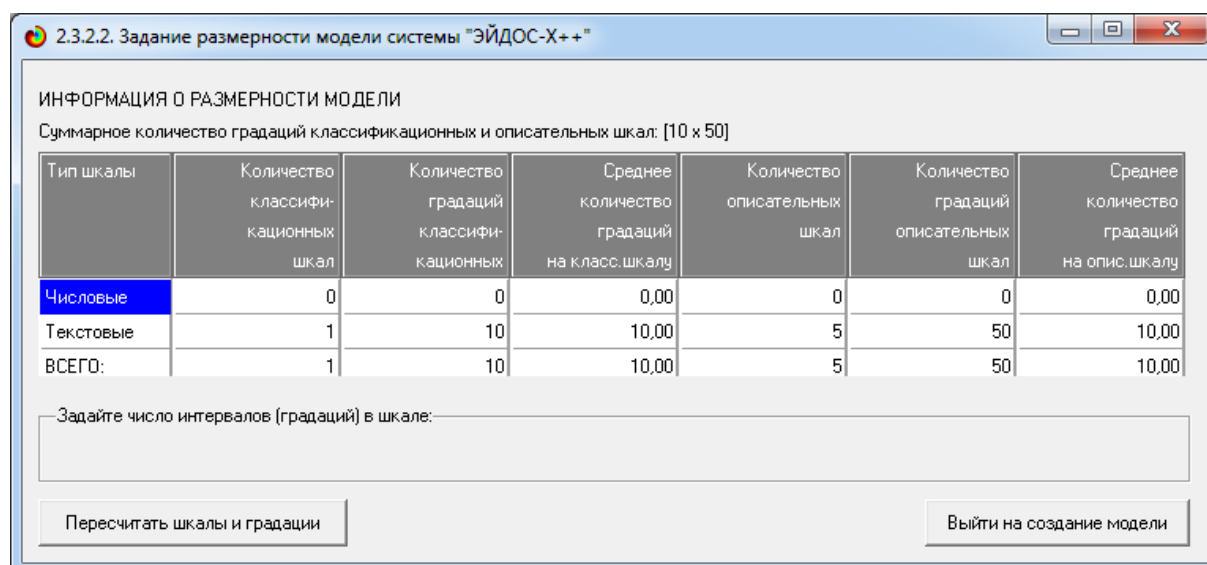


Рисунок 5. Экранная форма внутреннего калькулятора программного интерфейса с отображением параметров размерности модели

После выхода на создание модели начинается процесс автоматической формализации предметной области, включающий:

1. Генерацию классификационных и описательных шкал и градаций, позволяющих закодировать все символы ряда.
2. Генерацию базы событий и обучающей выборки, в которой символы уже заменены их кодами.

В результате выполнения данного режима получаем следующие классификационные и описательные шкалы и градации и обучающую выборку (таблицы 1-3):

Таблица 1 – Классификационные шкалы и градации

Код	Наим.
1	CLASSES-0
2	CLASSES-1
3	CLASSES-2
4	CLASSES-3
5	CLASSES-4
6	CLASSES-5
7	CLASSES-6
8	CLASSES-7
9	CLASSES-8
10	CLASSES-9

Таблица 2 – Описательные шкалы и градации

Код	Наим.	Код	Наим.	Код	Наим.	Код	Наим.	Код	Наим.
1	ATR1-0	11	ATR2-0	21	ATR3-0	31	ATR4-0	41	ATR5-0
2	ATR1-1	12	ATR2-1	22	ATR3-1	32	ATR4-1	42	ATR5-1
3	ATR1-2	13	ATR2-2	23	ATR3-2	33	ATR4-2	43	ATR5-2
4	ATR1-3	14	ATR2-3	24	ATR3-3	34	ATR4-3	44	ATR5-3
5	ATR1-4	15	ATR2-4	25	ATR3-4	35	ATR4-4	45	ATR5-4
6	ATR1-5	16	ATR2-5	26	ATR3-5	36	ATR4-5	46	ATR5-5
7	ATR1-6	17	ATR2-6	27	ATR3-6	37	ATR4-6	47	ATR5-6
8	ATR1-7	18	ATR2-7	28	ATR3-7	38	ATR4-7	48	ATR5-7
9	ATR1-8	19	ATR2-8	29	ATR3-8	39	ATR4-8	49	ATR5-8
10	ATR1-9	20	ATR2-9	30	ATR3-9	40	ATR4-9	50	ATR5-9

Таблица 3 – Обучающая выборка (фрагмент)

KOD_OBJ	NAME_OBJ	CLS1	ATR1	ATR2	ATR3	ATR4	ATR5
1	9	10	6	12	25	32	44
2	2	3	10	16	22	35	42
3	6	7	3	20	26	32	45
4	5	6	7	13	30	36	42
5	3	4	6	17	23	40	46
6	5	6	4	16	27	33	50
7	8	9	6	14	26	37	43
8	9	10	9	16	24	36	47
9	7	8	10	19	26	34	46
10	9	10	8	20	29	36	44
11	3	4	10	18	30	39	46
12	2	3	4	20	28	40	49
13	3	4	3	14	30	38	50
14	8	9	4	13	24	40	48
15	4	5	9	14	23	34	50
16	6	7	5	19	24	33	44
17	2	3	7	15	29	34	43
18	6	7	3	17	25	39	44
19	4	5	7	13	27	35	49
20	3	4	5	17	23	37	45
21	3	4	4	15	27	33	47
22	8	9	4	14	25	37	43
23	3	4	9	14	24	35	47
24	2	3	4	19	24	34	45
25	7	8	3	14	29	34	44
26	9	10	8	13	24	39	44
27	5	6	10	18	23	34	49
28	0	1	6	20	28	33	44
29	2	3	1	16	30	38	43
30	8	9	3	11	26	40	48
31	8	9	9	13	21	36	50
32	4	5	9	19	23	31	46
33	1	2	5	19	29	33	41
34	9	10	2	15	29	39	43
35	7	8	10	12	25	39	49

В базах данных событий, представленных в форме таблицы 3, насчитывается около миллиона записей.

На следующем этапе АСК-анализа осуществляется синтез и верификация (оценка достоверности) 3 статистических моделей и 7 моделей знаний. В системе «Эйдос» эти этапы выполняются в режиме 3.5, экранная форма управления которым приведена на рисунке 6:

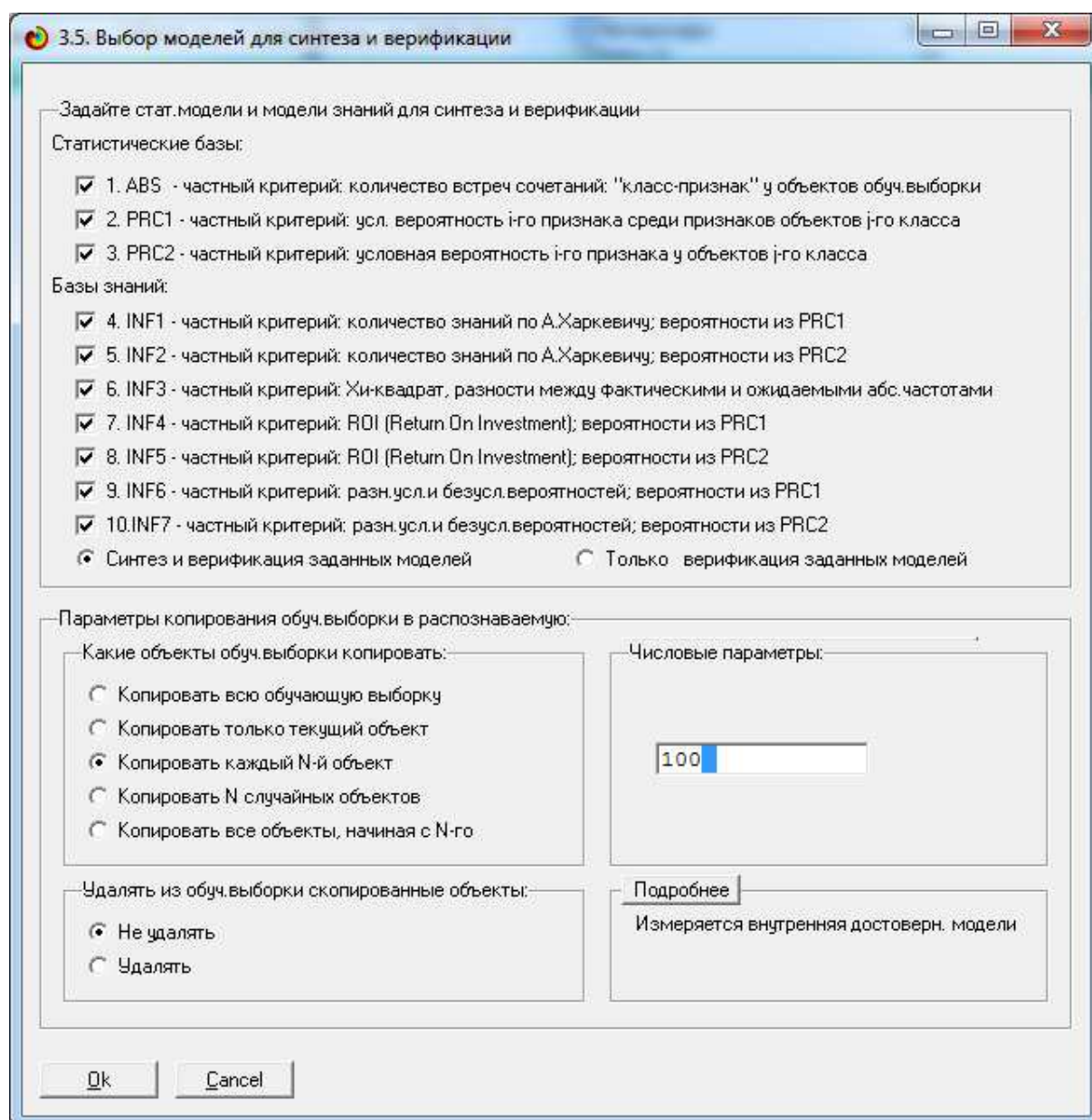


Рисунок 6. Экранная форма режима синтеза и верификации моделей

Для проверки адекватности моделей используется каждая 100-я цифра. При 1000000 объектов обучающей выборки получается, что каждая модель проверяется на 10000 контрольных примерах. При этом каждый из этих примеров дает настолько ничтожный вклад в модель, что удалять их из обучающей выборки, чтобы они не повлияли на результат идентификации, как это принято в бутстрепном методе, нет никакой необходимости.

В результате выполнения режима 3.5 сформированы статистические модели и модели знаний, некоторые из которых представлены ниже в таблицах 4, 5 и 6:

– в таблице 4 приведена матрица абсолютных частот наблюдений признаков у объектов обучающей выборки, относящихся к различным категориям (классам);

– в таблице 5 мы видим количество информации в миллионных долях бита (микробитах), которое содержится в факте наблюдения определенного признака у объекта о том, что этот объект принадлежит определенному классу;

– в таблице 6 приведены значения хи-квадрат.

Таблица 4 – Матрица абсолютных частот (модель: ABS)

KOD_PR	NAME	CLS1	CLS2	CLS3	CLS4	CLS5	CLS6	CLS7	CLS8	CLS9	CLS10	SUMMA	SREDN	DISP
1	ATR1-0	9939	9892	10050	10038	9948	10042	9896	9952	10174	10035	99966	9996,6000000	87,1157595
2	ATR1-1	10007	10064	9721	10013	9874	9992	9934	9944	10061	10148	99758	9975,8000000	118,0186426
3	ATR1-2	9907	10110	10062	9951	10060	9989	9858	10226	9956	9912	100031	10003,1000000	111,3248001
4	ATR1-3	10052	9939	10056	10026	9960	10188	9925	10098	9951	10037	100232	10023,2000000	82,1905645
5	ATR1-4	10017	10009	9980	10009	9958	10036	10194	10043	9914	10071	100231	10023,1000000	74,9050510
6	ATR1-5	10066	9791	10056	10051	10194	10232	10011	10045	9919	9998	100363	10036,3000000	125,0635838
7	ATR1-6	10147	9896	10086	9974	10014	9982	9819	9867	9880	9885	99550	9955,0000000	104,7971586
8	ATR1-7	9888	10095	9962	10069	10022	9964	10112	9802	9991	9900	99805	9980,5000000	98,6466759
9	ATR1-8	10029	9954	10073	10048	9962	9922	9950	9924	10088	10038	99988	9998,8000000	62,8645811
10	ATR1-9	9914	10008	9986	10053	10239	10015	9851	9904	10054	10084	100108	10010,8000000	109,5615504
11	ATR2-0	10011	10040	10067	9968	10059	9931	9939	9882	9968	10100	99965	9996,5000000	69,9384650
12	ATR2-1	9922	10143	9911	9982	9962	9994	9954	9982	9867	10042	99759	9975,9000000	76,2619025
13	ATR2-2	9981	10064	9941	9871	10212	9986	9905	10003	10091	9977	100031	10003,1000000	98,5826782
14	ATR2-3	9913	10041	10024	10118	10004	10030	9852	10142	9985	10123	100232	10023,2000000	92,3192528
15	ATR2-4	10052	9885	10107	10226	9934	10099	9939	9956	10140	9893	100231	10023,1000000	117,3697387
16	ATR2-5	10129	10051	10077	10058	9853	9997	10075	10019	10053	10051	100363	10036,3000000	73,3121939
17	ATR2-6	9930	9929	9991	9900	9917	10003	9868	9940	9991	10081	99550	9955,0000000	61,7665857
18	ATR2-7	9966	9851	9988	10049	9906	10182	9975	10025	9892	9971	99805	9980,5000000	92,9841683
19	ATR2-8	9984	9954	9945	9955	10122	10158	9994	9905	10007	9964	99988	9998,8000000	80,0427663
20	ATR2-9	10078	9800	9981	10105	10262	9982	10049	9951	9994	9906	100108	10010,8000000	124,2513581
21	ATR3-0	9904	10044	9960	10101	10024	9998	9914	10016	9976	10028	99965	9996,5000000	60,0208297
22	ATR3-1	9950	9926	9960	10118	10109	10087	9845	9929	9967	10068	99759	9975,9000000	124,8647713
23	ATR3-2	9991	9872	9904	9929	10011	10183	10008	10110	9930	10093	100031	10003,1000000	99,9716071
24	ATR3-3	9838	10170	10164	10159	9954	10093	9870	9904	10026	10054	100232	10023,2000000	125,7915383
25	ATR3-4	10004	10027	9957	9981	9940	10055	10140	10039	10067	10022	100232	10023,2000000	58,0149406
26	ATR3-5	10149	9927	9930	10105	10125	10042	9887	10026	10190	9982	100363	10036,3000000	104,1025669
27	ATR3-6	9963	9822	10187	9904	10051	9928	9934	10082	9905	9774	99550	9955,0000000	122,9064685
28	ATR3-7	9972	9948	9954	9938	10103	10071	9991	10028	9930	9869	99804	9980,4000000	70,0653663
29	ATR3-8	10144	10125	10015	9887	9857	10011	10027	9900	10035	9987	99988	9998,8000000	95,4716945
30	ATR3-9	10051	9897	10001	10110	10057	9894	9934	9971	9962	10231	100108	10010,8000000	104,6855609
31	ATR4-0	10161	9883	10106	9991	9896	10066	10084	9785	9997	9995	99964	9996,4000000	115,1252458
32	ATR4-1	9838	10109	9961	9939	9865	10000	9924	10065	9954	10105	99760	9976,0000000	93,6743769
33	ATR4-2	10210	9790	10121	10130	9973	9938	9844	9969	10096	9960	100031	10003,1000000	133,4711371
34	ATR4-3	10004	10092	9925	10142	10006	10213	9912	10011	9874	10053	100232	10023,2000000	105,8518881
35	ATR4-4	10010	10080	10036	10077	10101	9939	9946	10058	10062	9923	100232	10023,2000000	65,2496062
36	ATR4-5	9941	10093	10162	9893	10163	10053	10034	9997	10019	10008	100363	10036,3000000	86,6757047
37	ATR4-6	9957	9786	9824	10038	10002	9896	9923	10021	10105	9998	99550	9955,0000000	98,9017470
38	ATR4-7	9773	9919	10032	10026	10156	10065	10062	10013	9917	9841	99804	9980,4000000	115,8027058
39	ATR4-8	10122	10002	9911	10082	9957	9951	9829	9981	9895	10258	99988	9998,8000000	125,1486228
40	ATR4-9	9950	10004	9954	9914	10112	10241	9992	9905	10069	9967	100108	10010,8000000	103,5082391
41	ATR5-0	10175	9874	10000	9977	9881	9844	10044	10030	10132	10007	99964	9996,4000000	108,3750689
42	ATR5-1	10033	9955	9863	9997	10087	10188	9837	9965	9980	9855	99760	9976,0000000	109,6783175
43	ATR5-2	9919	9931	10145	10064	10087	9831	10062	10065	9939	9988	100031	10003,1000000	96,8451800
44	ATR5-3	9977	9978	10027	10103	10251	10075	9993	9920	9991	9918	100233	10023,3000000	99,3322707
45	ATR5-4	10018	10000	10003	9917	9881	9969	10022	10161	10187	10074	100232	10023,2000000	96,5007772
46	ATR5-5	10168	9942	10015	10103	10142	10071	9930	9966	9943	10083	100363	10036,3000000	88,5965261
47	ATR5-6	9804	9835	10074	9800	9977	10177	9957	9979	9935	10012	99550	9955,0000000	119,8999583
48	ATR5-7	10001	10178	9898	10069	9815	10128	9862	9899	9923	10030	99803	9980,3000000	120,0241179
49	ATR5-8	9845	10060	10002	10128	10163	9985	9943	9898	9979	9985	99988	9998,8000000	97,2463081
50	ATR5-9	10026	10005	10005	10074	9947	10094	9900	9922	9979	10156	100108	10010,8000000	79,9594342
0	Всего признаков	499830	498790	500160	501160	501155	501810	497750	499025	499940	500540	5000160	0,0000000	0,0000000
0	Среднее	9997	9976	10003	10023	10023	10036	9955	9981	9999	10011	0	10000,3200000	0,0000000
0	Ср.кв.откл.	100	104	89	88	114	99	86	93	83	95	0	0,0000000	97,6014430
0	Всего объектов	99966	99758	100032	100232	100231	100362	99550	99805	99988	100108	1000032	0,0000000	0,0000000

Для преобразования абсолютных частот встреч признаков у объектов обучающей выборки в разрезе по классам (таблица 4) в знания используются следующие частные критерии (таблица 5):

Таблица 5 – Частные критерии знаний, используемые в настоящее время в АСК-анализе и системе «Эйдос-Х++»

Наименование модели знаний и частный критерий	Выражение для частного критерия	
	через относительные частоты	через абсолютные частоты
INF1 , частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу, 1-й вариант расчета относительных частот: N_j – суммарное количество признаков по j -му классу. Относительная частота того, что если у объекта j -го класса обнаружен признак, то это i -й признак	$I_{ij} = \Psi \times \text{Log}_2 \frac{P_{ij}}{P_i}$	$I_{ij} = \Psi \times \text{Log}_2 \frac{N_{ij}N}{N_iN_j}$
INF2 , частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу, 2-й вариант расчета относительных частот: N_j – суммарное количество объектов по j -му классу. Относительная частота того, что если предъявлен объект j -го класса, то у него будет обнаружен i -й признак.	$I_{ij} = \Psi \times \text{Log}_2 \frac{P_{ij}}{P_i}$	$I_{ij} = \Psi \times \text{Log}_2 \frac{N_{ij}N}{N_iN_j}$
INF3 , частный критерий: Хи-квадрат: разности между фактическими и теоретически ожидаемыми абсолютными частотами	---	$I_{ij} = N_{ij} - \frac{N_iN_j}{N}$
INF4 , частный критерий: ROI - Return On Investment, 1-й вариант расчета относительных частот: N_j – суммарное количество признаков по j -му классу ³	$I_{ij} = \frac{P_{ij}}{P_i} - 1 = \frac{P_{ij} - P_i}{P_i}$	$I_{ij} = \frac{N_{ij}N}{N_iN_j} - 1$
INF5 , частный критерий: ROI - Return On Investment, 2-й вариант расчета относительных частот: N_j – суммарное количество объектов по j -му классу	$I_{ij} = \frac{P_{ij}}{P_i} - 1 = \frac{P_{ij} - P_i}{P_i}$	$I_{ij} = \frac{N_{ij}N}{N_iN_j} - 1$
INF6 , частный критерий: разность условной и безусловной относительных частот, 1-й вариант расчета относительных частот: N_j – суммарное количество признаков по j -му классу	$I_{ij} = P_{ij} - P_i$	$I_{ij} = \frac{N_{ij}}{N_j} - \frac{N_i}{N}$
INF7 , частный критерий: разность условной и безусловной относительных частот, 2-й вариант расчета относительных частот: N_j – суммарное количество объектов по j -му классу	$I_{ij} = P_{ij} - P_i$	$I_{ij} = \frac{N_{ij}}{N_j} - \frac{N_i}{N}$

Обозначения:

i – значение прошлого параметра; j - значение будущего параметра;

N_{ij} – количество встреч j -го значения будущего параметра при i -м значении прошлого параметра;

M – суммарное число значений всех прошлых параметров;

W - суммарное число значений всех будущих параметров.

N_i – количество встреч i -м значения прошлого параметра по всей выборке;

N_j – количество встреч j -го значения будущего параметра по всей выборке;

N – количество встреч j -го значения будущего параметра при i -м значении прошлого параметра по всей выборке.

I_{ij} – частный критерий знаний: количество знаний в факте наблюдения i -го значения прошлого параметра о том, что объект перейдет в состояние, соответствующее j -му значению будущего параметра;

Ψ – нормировочный коэффициент (Е.В.Луценко, 2002), преобразующий количество информации в формуле А.Харкевича в биты и обеспечивающий для нее соблюдение принципа соответствия с формулой Р.Хартли;

P_i – безусловная относительная частота встречи i -го значения прошлого параметра в обучающей выборке;

P_{ij} – условная относительная частота встречи i -го значения прошлого параметра при j -м значении будущего параметра .

³ Применение предложено Л.О. Макаревич

Таблица 6 – Матрица информативности (модель знаний: INF1) в микробитах

KOD_PR	NAME	CLS1	CLS2	CLS3	CLS4	CLS5	CLS6	CLS7	CLS8	CLS9	CLS10	SUMMA	SREDN	DISP
1	ATR1-0	-1164	-1737	1085	398	-1540	205	-1200	-536	3821	600	-67	-7	1660
2	ATR1-1	753	2424	-5634	309	-2699	-422	74	-260	1864	3460	-131	-13	2609
3	ATR1-2	-1999	2818	1202	-1617	732	-1075	-2169	5174	-984	-2196	-114	-11	2471
4	ATR1-3	698	-1288	642	-432	-1852	2741	-1142	2028	-1524	71	-59	-6	1543
5	ATR1-4	-51	226	-990	-795	-1893	-494	4619	854	-2324	801	-48	-5	1932
6	ATR1-5	717	-4800	360	-177	2868	3388	435	614	-2499	-1049	-145	-15	2388
7	ATR1-6	4194	-752	2754	-82	783	-188	-1984	-1485	-1596	-1745	-101	-10	2058
8	ATR1-7	-1925	2985	-462	1409	404	-1128	3797	-3459	259	-1970	-89	-9	2275
9	ATR1-8	730	-438	1530	565	-1284	-2432	-76	-1190	1946	617	-32	-3	1356
10	ATR1-9	-2012	469	-596	414	4364	-681	-2487	-1883	960	1343	-110	-11	2021
11	ATR2-0	392	1464	1452	-1107	852	-2187	-264	-2054	-582	1993	-42	-4	1481
12	ATR2-1	-1087	4106	-1468	-361	-790	-381	505	559	-2331	1197	-51	-5	1780
13	ATR2-2	-396	1836	-1403	-3355	3961	-1140	-1144	425	1917	-788	-88	-9	2096
14	ATR2-3	-2301	911	-45	1535	-903	-625	-2732	2965	-790	1908	-77	-8	1832
15	ATR2-4	700	-2459	1733	3824	-2413	853	-836	-1019	2530	-3039	-127	-13	2312
16	ATR2-5	2060	844	810	-27	-4460	-1616	1807	56	391	90	-46	-5	1872
17	ATR2-6	-461	-35	715	-1685	-1314	265	-912	103	810	2483	-31	-3	1203
18	ATR2-7	-233	-2284	100	981	-2104	3533	860	1385	-1885	-431	-78	-8	1812
19	ATR2-8	-239	-438	-1224	-1438	2147	2631	875	-1603	209	-976	-56	-6	1479
20	ATR2-9	1521	-4055	-704	1525	4847	-1392	1798	-863	-329	-2492	-143	-14	2523
21	ATR3-0	-1922	1550	-850	1748	102	-739	-807	847	-409	452	-29	-3	1163
22	ATR3-1	-480	-551	-406	2554	2364	1614	-1866	-4970	-160	1754	-147	-15	2278
23	ATR3-2	-181	-2313	-2206	-2093	-320	3067	1084	2717	-1547	1701	-91	-9	2054
24	ATR3-3	-3936	3660	2942	2406	-1982	723	-2339	-2149	93	435	-147	-15	2540
25	ATR3-4	-333	610	-1489	-1401	-2285	-89	3473	767	972	-251	-27	-3	1618
26	ATR3-5	2485	-1830	-2355	977	1405	-649	-2250	206	3306	-1394	-98	-10	2011
27	ATR3-6	253	-2368	4899	-1598	1577	-1356	523	3157	-1052	-4177	-141	-14	2695
28	ATR3-7	-101	-172	-632	-1409	2139	1175	1207	1452	-1058	-2643	-42	-4	1493
29	ATR3-8	3185	3230	287	-2914	-3566	-509	1585	-1711	811	-480	-82	-8	2320
30	ATR3-9	943	-1934	-273	1631	502	-3299	-680	-431	-1020	4460	-99	-10	2110
31	ATR4-0	3597	-1928	2286	-609	-2664	723	2857	-4176	46	-256	-123	-12	2484
32	ATR4-1	-2920	3381	-386	-1292	-2900	-254	-147	2340	-443	2541	-80	-8	2171
33	ATR4-2	4489	-4109	2462	2223	-1139	-2178	-2475	-308	2024	-1156	-167	-17	2702
34	ATR4-3	-333	2002	-2182	2045	-860	3269	-1424	165	-3197	414	-102	-10	2026
35	ATR4-4	-204	1746	213	661	1175	-2588	-687	1174	865	-2389	-35	-4	1489
36	ATR4-5	-1975	1742	2619	-3589	2212	-413	929	-418	-339	-834	-66	-7	1932
37	ATR4-6	123	-3159	-2915	1296	524	-2052	285	1850	3254	703	-90	-9	2088
38	ATR4-7	-4442	-800	1049	490	3266	1047	2732	1130	-1340	-3255	-125	-13	2463
39	ATR4-8	2718	598	-1962	1292	-1392	-1803	-2711	44	-2215	5286	-145	-15	2553
40	ATR4-9	-1232	382	-1287	-2585	1676	4125	573	-1861	1281	-1170	-97	-10	2017
41	ATR5-0	3894	-2125	16	-911	-2991	-4080	2001	1150	2934	3	-108	-11	2583
42	ATR5-1	1307	75	-2515	-39	1893	3757	-2044	190	119	-2854	-111	-11	2058
43	ATR5-2	-1738	-1029	2972	815	1309	-4509	2243	1756	-1352	-551	-85	-9	2257
44	ATR5-3	-917	-447	18	1214	4348	337	326	-1804	-662	-2500	-89	-9	1873
45	ATR5-4	-32	30	-497	-2786	-3567	-1939	952	3368	3524	863	-84	-8	2355
46	ATR5-5	2888	-1504	-520	934	1766	-28	-1315	-1087	-1979	774	-70	-7	1574
47	ATR5-6	-3212	-2083	2497	-3872	-15	3979	1022	946	-400	1004	-134	-13	2468
48	ATR5-7	526	4753	-1845	1413	-4087	2393	-1590	-1334	-1207	844	-134	-13	2521
49	ATR5-8	-3258	1843	7	2273	3018	-1069	-227	-1755	-394	-523	-86	-9	1915
50	ATR5-9	407	404	-187	863	-1867	1011	-1419	-1492	-653	2876	-56	-6	1436
0	Сумма	-503	-550	-385	-379	-652	-480	-365	-428	-335	-445	-4521		
0	Среднее	-10	-11	-8	-8	-13	-10	-7	-9	-7	-9		-9	
0	Ср.кв.откл.	2063	2213	1858	1759	2388	2093	1803	1945	1711	1992			1975

Таблица 7 – Матрица знаний (модель знаний: INF3 – хи-квадрат)

KOD_PR	NAME	CLS1	CLS2	CLS3	CLS4	CLS5	CLS6	CLS7	CLS8	CLS9	CLS10	SUMMA	SREDN	DISP
1	ATR1-0	-53,881	-80,089	50,521	18,529	-71,372	9,533	-55,297	-24,787	178,919	27,924	0,000	0,000	77,361
2	ATR1-1	34,911	112,660	-257,673	14,376	-124,524	-19,592	3,409	-12,029	86,716	161,746	0,000	0,000	120,296
3	ATR1-2	-92,379	131,427	56,019	-74,986	34,114	-49,990	-99,767	242,726	-45,580	-101,583	0,000	0,000	115,228
4	ATR1-3	32,529	-59,624	29,913	-20,132	-86,032	128,838	-52,776	94,665	-70,677	3,296	0,000	0,000	72,008
5	ATR1-4	-2,372	10,476	-45,987	-37,032	-87,932	-23,062	216,323	39,765	-107,577	37,396	0,000	0,000	90,193
6	ATR1-5	33,433	-220,692	16,810	-8,262	134,838	159,691	20,183	28,591	-115,775	-48,818	0,000	0,000	110,989
7	ATR1-6	195,703	-34,591	128,133	-3,776	36,323	-8,717	-90,885	-68,270	-73,487	-80,433	0,000	0,000	95,519
8	ATR1-7	-88,787	138,971	-21,374	65,665	18,765	-52,309	176,730	-158,719	12,017	-90,959	0,000	0,000	105,355
9	ATR1-8	33,919	-20,284	71,320	26,323	-59,577	-112,675	-3,487	-54,983	90,720	28,722	0,000	0,000	62,961
10	ATR1-9	-93,076	21,746	-27,683	19,296	205,396	-31,718	-114,433	-86,959	44,722	62,709	0,000	0,000	94,315
11	ATR2-0	18,219	68,011	67,621	-51,371	39,729	-101,366	-12,197	-94,688	-26,981	93,024	0,000	0,000	68,733
12	ATR2-1	-50,189	191,560	-67,773	-16,724	-36,624	-17,692	23,309	25,872	-107,384	55,646	0,000	0,000	82,719
13	ATR2-2	-18,379	85,427	-64,981	-154,986	186,114	-52,990	-52,767	19,726	89,420	-36,583	0,000	0,000	97,657
14	ATR2-3	-106,471	42,376	-2,087	71,868	-42,032	-29,162	-125,776	138,665	-36,677	89,296	0,000	0,000	85,170
15	ATR2-4	32,628	-113,524	81,013	179,968	-111,932	39,938	-38,677	-47,235	118,423	-140,604	0,000	0,000	107,780
16	ATR2-5	96,433	39,308	37,810	-1,262	-206,162	-75,309	84,183	2,591	18,225	4,182	0,000	0,000	86,854
17	ATR2-6	-21,297	-1,591	33,133	-77,776	-60,677	12,283	-41,885	4,730	37,513	115,567	0,000	0,000	55,753
18	ATR2-7	-10,787	-105,029	4,626	45,665	-97,235	165,691	39,730	64,281	-86,983	-19,959	0,000	0,000	84,220
19	ATR2-8	-11,081	-20,284	-56,680	-66,677	100,423	123,325	40,513	-73,983	9,720	-45,278	0,000	0,000	68,917
20	ATR2-9	70,924	-186,254	-32,683	71,296	228,396	-64,718	83,567	-39,959	-15,278	-115,291	0,000	0,000	117,535
21	ATR3-0	-88,781	72,011	-39,379	81,629	4,729	-34,366	-37,197	39,312	-18,981	21,024	0,000	0,000	53,972
22	ATR3-1	-22,189	-25,440	-18,773	119,276	110,376	75,308	-85,691	-227,128	-7,384	81,646	0,000	0,000	104,999
23	ATR3-2	-8,379	-106,573	-101,981	-96,986	-14,886	144,010	50,233	126,726	-71,580	79,417	0,000	0,000	95,573
24	ATR3-3	-181,471	171,376	137,913	112,868	-92,032	33,838	-107,776	-99,335	4,323	20,296	0,000	0,000	118,129
25	ATR3-4	-15,471	28,376	-69,087	-65,132	-106,032	-4,162	162,224	35,665	45,323	-11,704	0,000	0,000	75,351
26	ATR3-5	116,433	-84,692	-109,190	45,738	65,838	-30,309	-103,817	9,591	155,225	-64,818	0,000	0,000	93,787
27	ATR3-6	11,703	-108,591	229,133	-73,776	73,323	-62,717	24,115	146,730	-48,487	-191,433	0,000	0,000	124,852
28	ATR3-7	-4,687	-7,929	-29,274	-65,234	99,865	54,791	55,830	67,381	-48,883	-121,859	0,000	0,000	69,177
29	ATR3-8	148,919	150,716	13,320	-134,677	-164,577	-23,675	73,513	-78,983	37,720	-22,278	0,000	0,000	107,711
30	ATR3-9	43,924	-89,254	-12,683	76,296	23,396	-152,718	-31,433	-19,959	-47,278	209,709	0,000	0,000	98,515
31	ATR4-0	168,319	-88,890	106,721	-28,271	-123,171	33,734	132,902	-191,588	2,119	-11,876	0,000	0,000	115,106
32	ATR4-1	-134,289	157,460	-17,873	-59,824	-133,725	-11,793	-6,790	108,772	-20,484	118,545	0,000	0,000	100,608
33	ATR4-2	210,621	-188,573	115,019	104,014	-52,886	-100,990	-113,767	-14,274	94,420	-53,583	0,000	0,000	125,565
34	ATR4-3	-15,471	93,376	-101,087	95,868	-40,032	153,838	-65,776	7,665	-147,677	19,296	0,000	0,000	94,400
35	ATR4-4	-9,471	81,376	9,913	30,868	54,968	-120,162	-31,776	54,665	40,323	-110,704	0,000	0,000	69,204
36	ATR4-5	-91,567	81,308	122,810	-166,262	103,838	-19,309	43,183	-19,409	-15,775	-38,818	0,000	0,000	89,983
37	ATR4-6	5,703	-144,591	-133,867	60,224	24,323	-94,717	13,115	85,730	151,513	32,567	0,000	0,000	96,372
38	ATR4-7	-203,687	-36,929	48,726	22,766	152,865	48,791	126,830	52,381	-61,883	-149,859	0,000	0,000	113,827
39	ATR4-8	126,919	27,716	-90,680	60,323	-64,577	-83,675	-124,487	2,017	-102,280	248,722	0,000	0,000	119,133
40	ATR4-9	-57,076	17,746	-59,683	-119,704	78,396	194,282	26,567	-85,959	59,722	-54,291	0,000	0,000	94,260
41	ATR5-0	182,319	-97,890	0,721	-42,271	-138,171	-188,266	92,902	53,412	137,119	0,124	0,000	0,000	119,922
42	ATR5-1	60,711	3,460	-115,873	-1,824	88,275	176,207	-93,790	8,772	5,516	-131,455	0,000	0,000	95,541
43	ATR5-2	-80,379	-47,573	139,019	38,014	61,114	-207,990	104,233	81,726	-62,580	-25,583	0,000	0,000	104,671
44	ATR5-3	-42,571	-20,724	0,813	56,767	204,868	15,738	15,124	-83,434	-30,777	-115,804	0,000	0,000	87,706
45	ATR5-4	-1,471	1,376	-23,087	-129,132	-165,032	-90,162	44,224	157,665	165,323	40,296	0,000	0,000	109,720
46	ATR5-5	135,433	-69,692	-24,190	43,738	82,838	-1,309	-60,817	-50,409	-91,775	36,182	0,000	0,000	73,344
47	ATR5-6	-147,297	-95,591	116,133	-177,776	-0,677	186,283	47,115	43,730	-18,487	46,567	0,000	0,000	114,149
48	ATR5-7	24,413	222,171	-85,174	65,866	-188,034	111,892	-73,071	-61,520	-55,783	39,241	0,000	0,000	117,000
49	ATR5-8	-150,081	85,716	0,320	106,323	141,423	-49,675	-10,487	-80,983	-18,280	-24,278	0,000	0,000	88,967
50	ATR5-9	18,924	18,746	-8,683	40,296	-86,604	47,282	-65,433	-68,959	-30,278	134,709	0,000	0,000	66,870
0	Сумма	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0	Среднее	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0	Ср.кв.откл.	95,824	102,530	86,155	81,767	111,279	97,649	83,536	90,119	79,630	92,679	0,000	0,000	91,763

Интегральные критерии используются для того, чтобы сделать выводы о степени принадлежности объекта к различным классам на основе знания о том, какие у него признаки и какое количество знаний содержится в их системе об этом. Они и используются для оценки достоверности моделей путем идентификации объектов обучающей выборки.

В настоящее время в АСК-анализе и системе «Эйдос» используется два интегральных критерия: «Сумма знаний» и Семантический резонанс знаний». Оба эти критерия имеют не метрическую природу и поэтому их применение является корректным в не ортонормированных пространствах, которые как правило и встречаются в реальных моделях.

Интегральный критерий «Семантический резонанс знаний» представляет собой суммарное количество знаний опереходе объекта в будущие целевые или нежелательные состояния, содержащееся в системе факторов различной природы, характеризующих как сам объект управления, так и внешние факторы (управляющие факторы и окружающую среду).

Интегральный критерий представляет собой аддитивную функцию от частных критериев знаний, представленных в help режима 3.3:

$$I_j = (\vec{I}_{ij}, \vec{L}_i).$$

В выражении круглыми скобками обозначено скалярное произведение. В координатной форме это выражение имеет вид:

$$I_j = \sum_{i=1}^M I_{ij} L_i,$$

где: M – количество градаций описательных шкал (признаков);

$\vec{I}_{ij} = \{I_{ij}\}$ – вектор состояния j -го класса;

$\vec{L}_i = \{L_i\}$ – вектор состояния распознаваемого объекта, включающий все виды факторов, характеризующих сам объект, управляющие воздействия и окружающую среду (массив–локатор), т.е.:

$$\vec{L}_i = \begin{cases} 1, & \text{если } i\text{-й фактор действует;} \\ n, & \text{где } n > 0, \text{ если } i\text{-й фактор действует с интенсивностью } n; \\ 0, & \text{если } i\text{-й фактор не действует.} \end{cases}$$

В текущей версии системы «Эйдос-Х++» значения координат вектора состояния распознаваемого объекта принимались равными либо 0, если признака нет, или n , если он присутствует у объекта с интенсивностью n , т.е. представлен n раз (например, буква «о» в слове «молоко» представлена 3 раза, а буква «м» - один раз).

Интегральный критерий «Семантический резонанс знаний» представляет собой нормированное суммарное количество знаний о переходе объекта в будущие целевые или нежелательные состояния, содержащееся в системе факторов различной природы, характеризующих сам объект управления и внешние факторы (управляющие факторы и окружающую среду).

Интегральный критерий представляет собой аддитивную функцию от частных критериев знаний, представленных в help режима 3.3 и имеет вид:

$$I_j = \frac{1}{\sigma_j \sigma_l A} \sum_{i=1}^M (I_{ij} - \bar{I}_j) (L_i - \bar{L}),$$

где:

M – количество градаций описательных шкал (признаков);

\bar{I}_j – средняя информативность по вектору класса;

\bar{L} – среднее по вектору объекта;

σ_j – среднеквадратичное отклонение частных критериев знаний вектора класса;

σ_l – среднеквадратичное отклонение по вектору распознаваемого объекта.

$\vec{I}_{ij} = \{I_{ij}\}$ – вектор состояния j -го класса;

$\vec{L}_i = \{L_i\}$ – вектор состояния распознаваемого объекта, включающий все виды факторов, характеризующих сам объект, управляющие воздействия и окружающую среду (массив–локатор), т.е.:

$$\vec{L}_i = \begin{cases} 1, & \text{если } i\text{-й фактор действует;} \\ n, & \text{где } n > 0, \text{ если } i\text{-й фактор действует с интенсивностью } n; \\ 0, & \text{если } i\text{-й фактор не действует.} \end{cases}$$

В текущей версии системы «Эйдос-Х++» значения координат вектора состояния распознаваемого объекта принимались равными либо 0, если признака нет, или n , если он присутствует у объекта с интенсивностью n , т.е. представлен n раз (например, буква «о» в слове «молоко» представлена 3 раза, а буква «м» - один раз).

Приведенное выражение для интегрального критерия «Семантический резонанс знаний» получается непосредственно из выражения для критерия «Сумма знаний» после замены координат перемножаемых векторов их стандартизированными значениями:

$$I_{ij} \rightarrow \frac{I_{ij} - \bar{I}_j}{\sigma_j}, \quad L_i \rightarrow \frac{L_i - \bar{L}}{\sigma_l}.$$

Свое наименование интегральный критерий сходства «Семантический резонанс знаний» получил потому, что по своей математической форме является корреляцией двух векторов: состояния j -го класса и состояния распознаваемого объекта.

Результаты прогнозирования представляются во многих видах, в частности в формах, приведенных на рисунке 7:

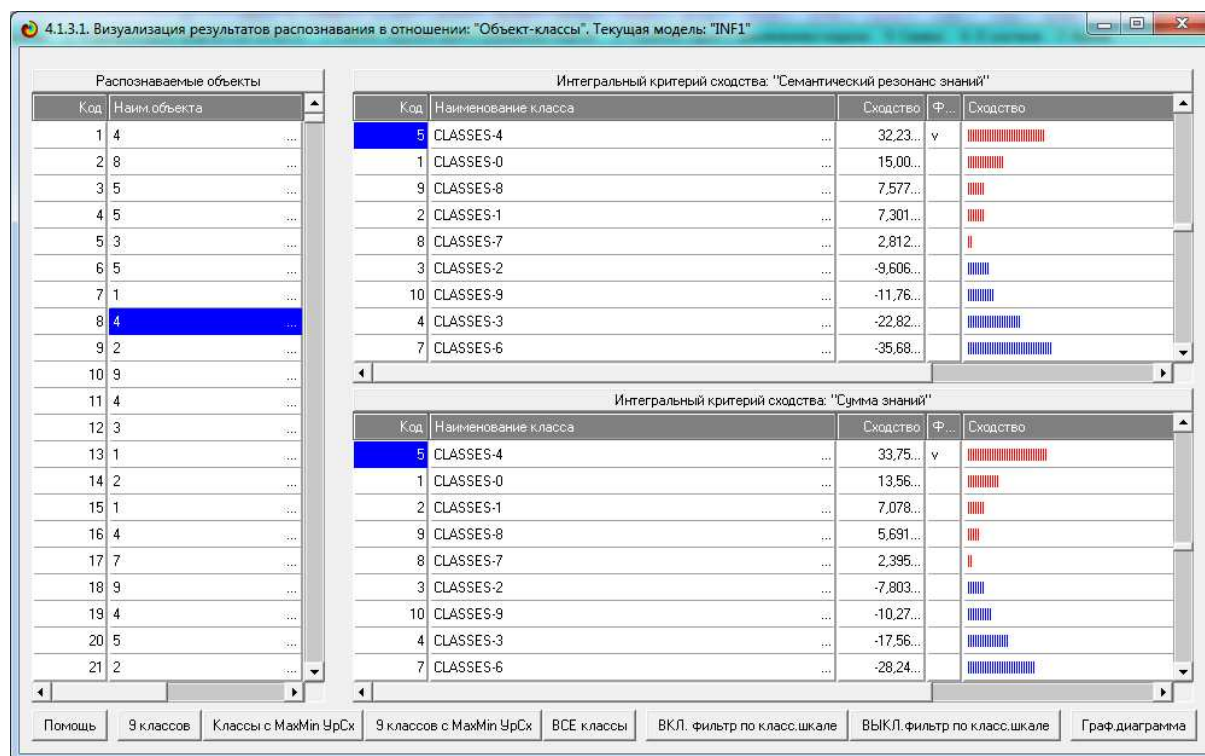


Рисунок 7. Одна из экранных форм с результатами прогнозирования

Для 8-го объекта распознаваемой выборки, который оказался цифрой 4, на основе информации о предшествующих ей цифрах прогнозируется, что это будет цифра 4.

На рисунке 8 приведены частотные распределения уровней сходства верно и ошибочно идентифицированных и не идентифицированных объектов. Из этого рисунка видно, что модель, основанная на семантической мере информации А.Харкевича четко разделяет ошибочные и верные прогнозы принадлежности и не принадлежности объекта к классу по уровням сходства:

- при верных прогнозах принадлежности уровень сходства ниже уровня различий;
- при верных прогнозах непринадлежности уровень сходства выше уровня различий;

- при ошибочных прогнозах принадлежности уровень сходства выше уровня различий;
- при ошибочных прогнозах непринадлежности уровень сходства ниже уровня различий.

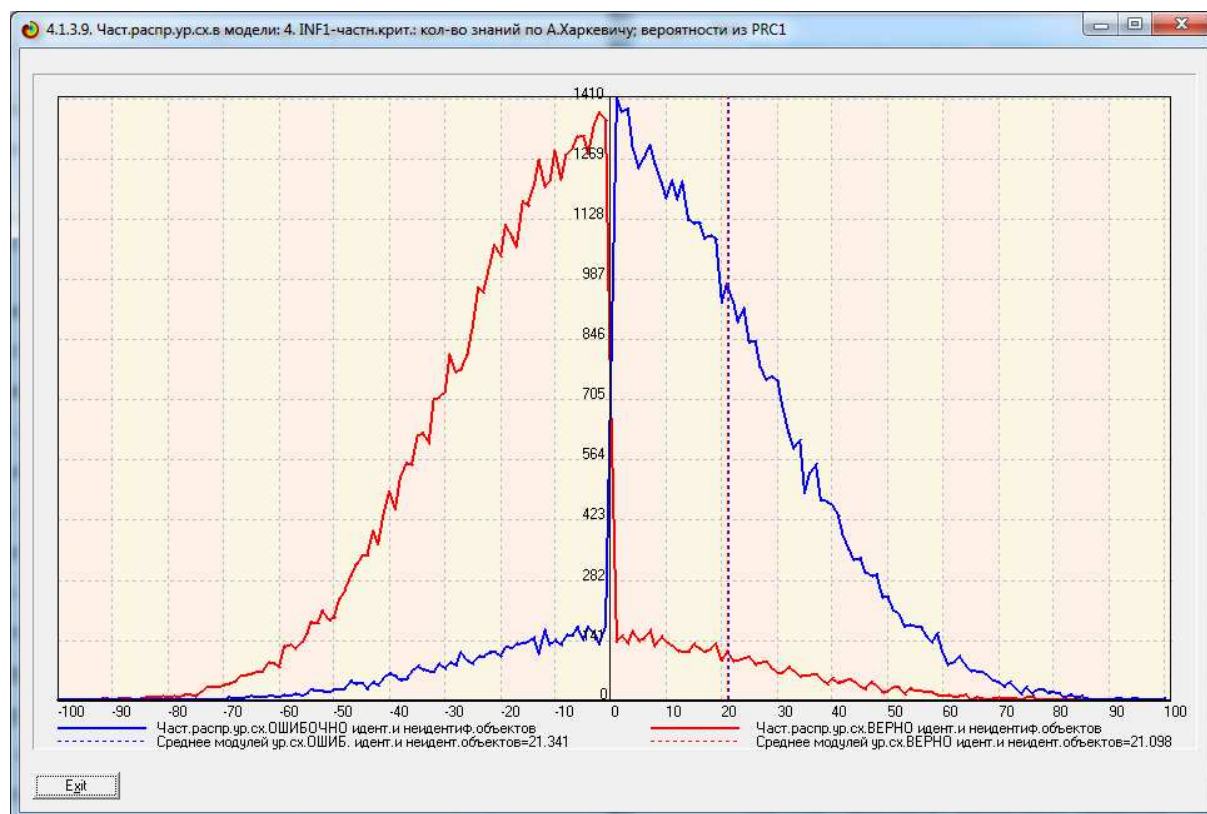


Рисунок 7. частотные распределения уровней сходства верно и ошибочно идентифицированных и не идентифицированных объектов:

Иначе говоря, по карточке результатов прогнозирования (рисунок 7) можно оценить ее достоверность.

При оценке достоверности моделей учитываются ошибки 1-го и 2-го рода, т.е. ошибки не идентификации, при которых объект не относится системой к классу, к которому он на самом деле относится, и ошибки ложной идентификации, когда наоборот, объект ошибочно относится системой к классу, к которому он на самом деле не относится. Соответственно возможно четыре типа прогнозов:

1. Положительный псевдопрогноз.
2. Отрицательный псевдопрогноз.
3. Идеальный прогноз.
4. Реальный прогноз.

Положительный псевдопрогноз.

Предположим, модель дает такой прогноз: выпадет 1, 2, 3, 4, 5 или 6. В этом случае у нее будет 100% достоверность идентификации, т.е. не будет ни одного объекта, не отнесенного к тому классу, к которому он действительно относится, но при этом будет очень большая ошибка ложной идентификации, т.к. огромное количество объектов будет отнесено к классам, к которым они не относятся (и именно за счет этого у модели и будет очень высокая достоверность идентификации). Ясно, что такой прогноз бесполезен, поэтому он и назван мной псевдопрогнозом.

Отрицательный псевдопрогноз.

Представим себе, что мы выбрасываем кубик с 6 гранями, и модель предсказывает, что не выпадет: 1, 2, 3, 4, 5 и 6, а что-то из этого естественно выпало. Конечно, модель дает ошибку в прогнозе в том плане, что не предсказала, что выпадет, зато она очень хорошо угадала, что не выпадет. Но ясно, что выпадет что-то одно, а не все, что предсказано, поэтому такого рода предсказания хорошо оправдываются в том, что не произошло и плохо в том, что произошло, т.е. в этом случае у модели будет 100% достоверность не идентификации, но очень низкая достоверность идентификации.

Идеальный прогноз.

Если в случае с кубиком мы прогнозируем, что выпадет, например 1, и соответственно прогнозируем, что не выпадет 2, 3, 4, 5, и 6, то это идеальный прогноз, имеющий, если он осуществляется, 100% достоверность идентификации и не идентификации. Идеальный прогноз, который полностью снимает неопределенность о будущем состоянии объекта прогнози-

рования, на практике удастся получить крайне редко и обычно мы имеем дело с реальным прогнозом.

Реальный прогноз.

На практике мы чаще всего сталкиваемся именно с этим видом прогноза. Реальный прогноз уменьшает неопределенность о будущем состоянии объекта прогнозирования, но не полностью, как идеальный прогноз, а оставляет некоторую неопределенность не снятой. Например, для игрального кубика делается такой прогноз: выпадет 1 или 2, и, соответственно, не выпадет 3, 4, 5 или 6. Понятно, что полностью на практике такой прогноз не может осуществиться, т.к. варианты выпадения кубика альтернативны, т.е. не может выпасть одновременно и 1, и 2. Поэтому у реального прогноза всегда будет определенная ошибка идентификации. Соответственно, если не осуществится один или несколько из прогнозируемых вариантов, то возникнет и ошибка не идентификации, т.к. это не прогнозировалось моделью.

Теперь представьте себе, что у Вас не 1 кубик и прогноз его поведения, а тысячи. Тогда можно посчитать средневзвешенные характеристики всех этих видов прогнозов.

Таким образом, если просуммировать проценты верной идентификации и не идентификации и вычесть проценты ложной идентификации и ложной не идентификации, то это и будет критерий качества модели, учитывающий как ее способность верно относить объекты к классам, которым они относятся, так и ее способность верно не относить объекты к тем классам, к которым они не относятся.

Система «Эйдос» определяет силу и направление влияния, которое оказывают предшествующие цифра на появление в цифровом ряду тех или иных последующих цифр. Эта информация отражается во многих формах, например в виде таблиц 6 и 7. Другой формой, в которой отражается эта информация, являются информационные портреты. На рисунке 9 приведе-

ны примеры информационных портретов цифр, формируемых режимом 4.2.1 системы «Эйдос» в модели знаний INF3(хи-квадрат).

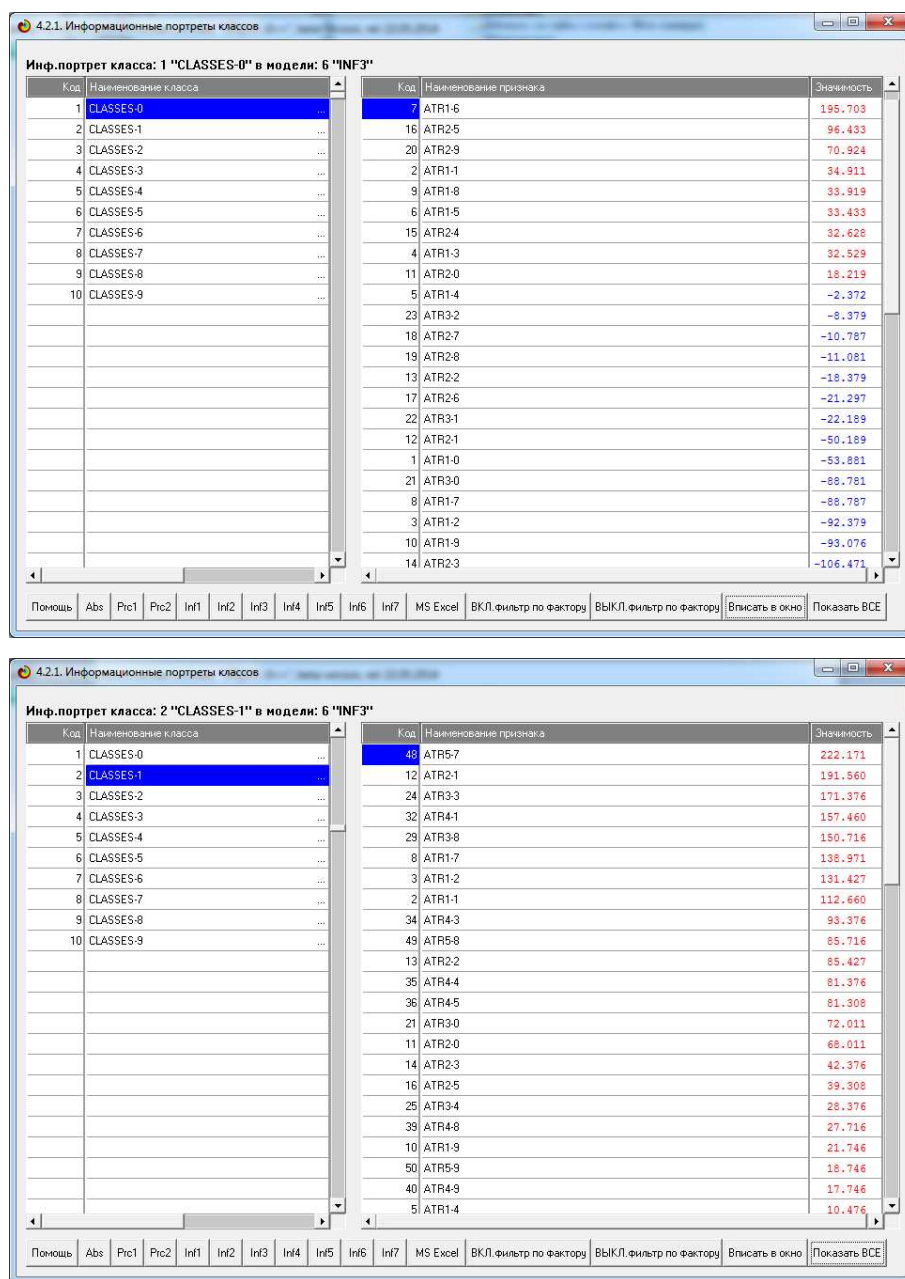


Рисунок 9. Информационные портреты цифр-классов в модели INF3

Информационные (семантические) портреты признаков, показывают какое влияние они оказывают на принадлежность обладающих ими объектов к тем или иным классам. На рисунке 10 приведены примеры информа-

ционных портретов признаков, формируемых режимом 4.3.1 системы «Эйдос» в модели знаний INF3.

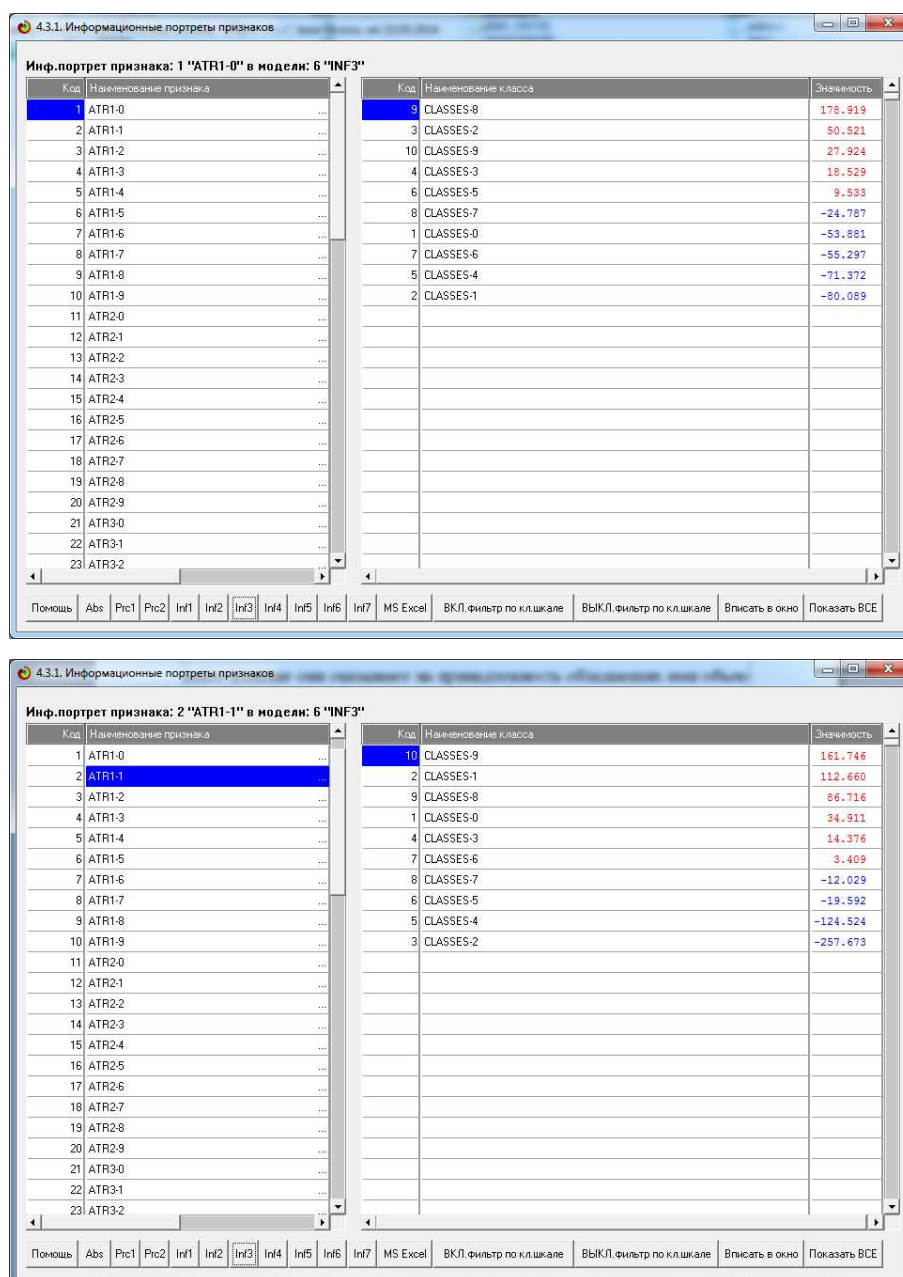


Рисунок 10. Информационные портреты цифр-признаков в модели INF3

Статистические матрицы и матрицы знаний отображаются в системе «Эйдос» в наглядной форме в виде когнитивных функций, приведенных на рисунках 11-16.

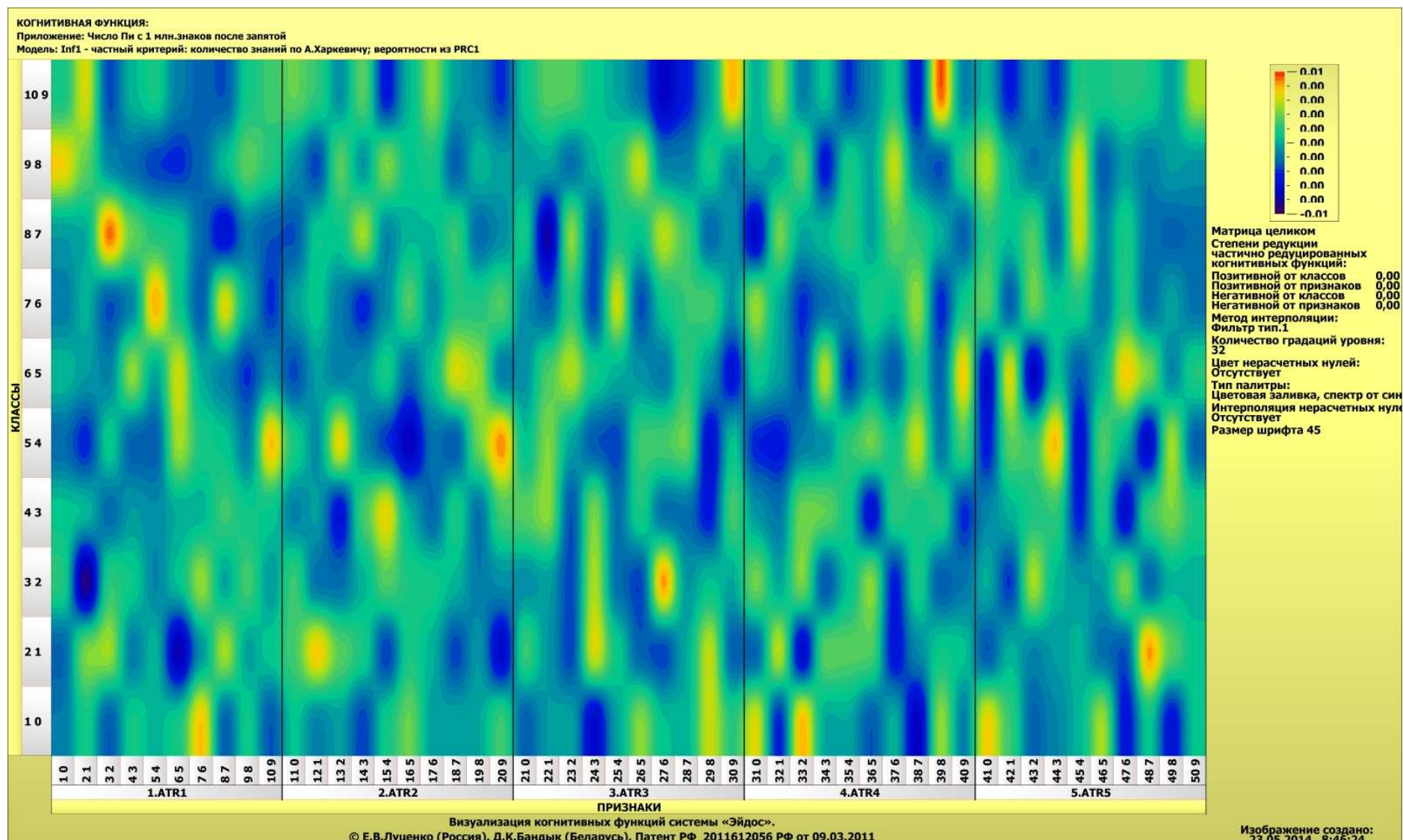


Рисунок 11. Когнитивная функция, отражающая силу и направление влияния пяти предшествующих цифр на текущую в модели INF1 (семантическая мера информации А.Харкевича)

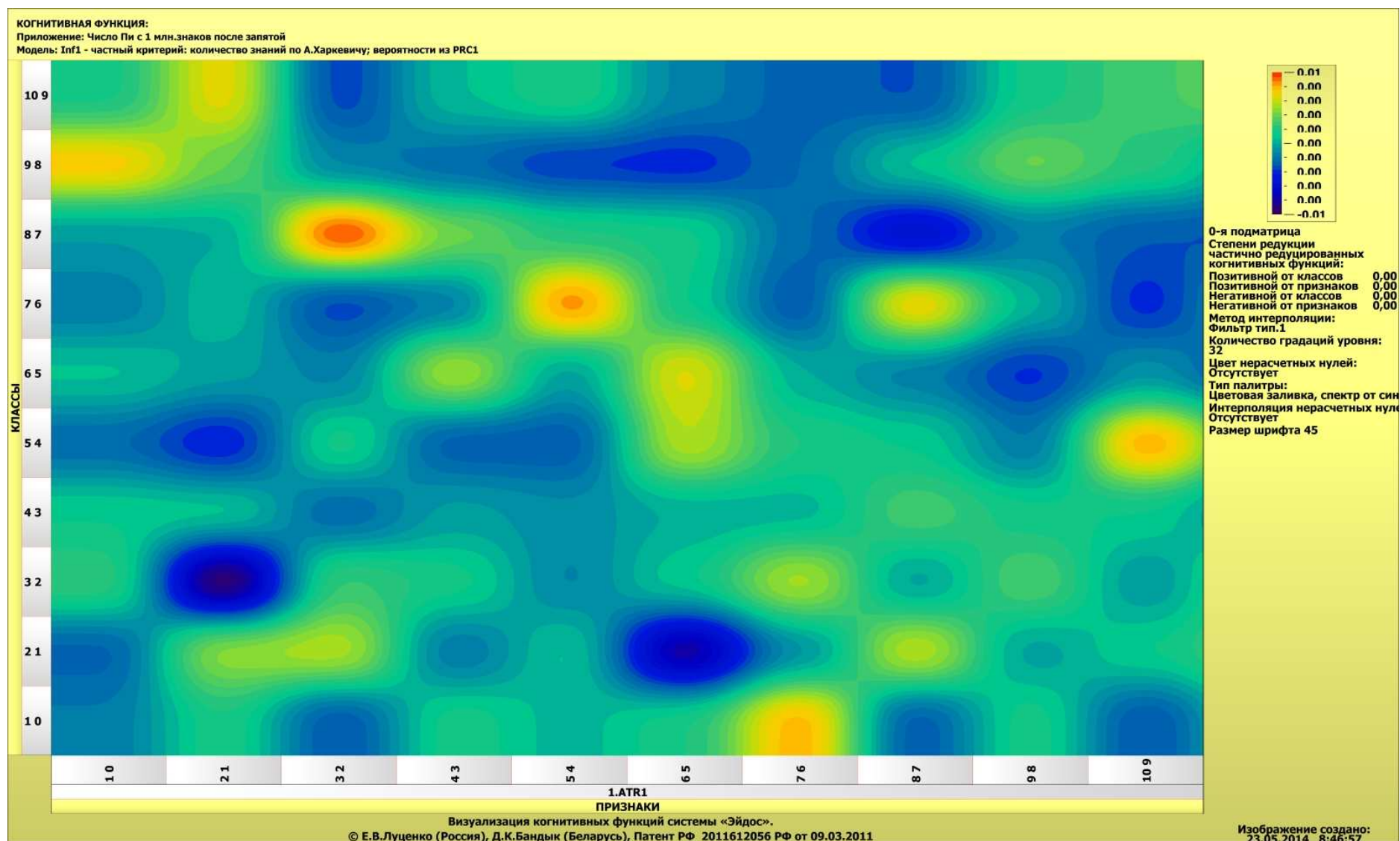


Рисунок 12. Когнитивная функция, отражающая силу и направление влияния 1-й предшествующей цифры на текущую в модели INF1 (семантическая мера информации А.Харкевича)

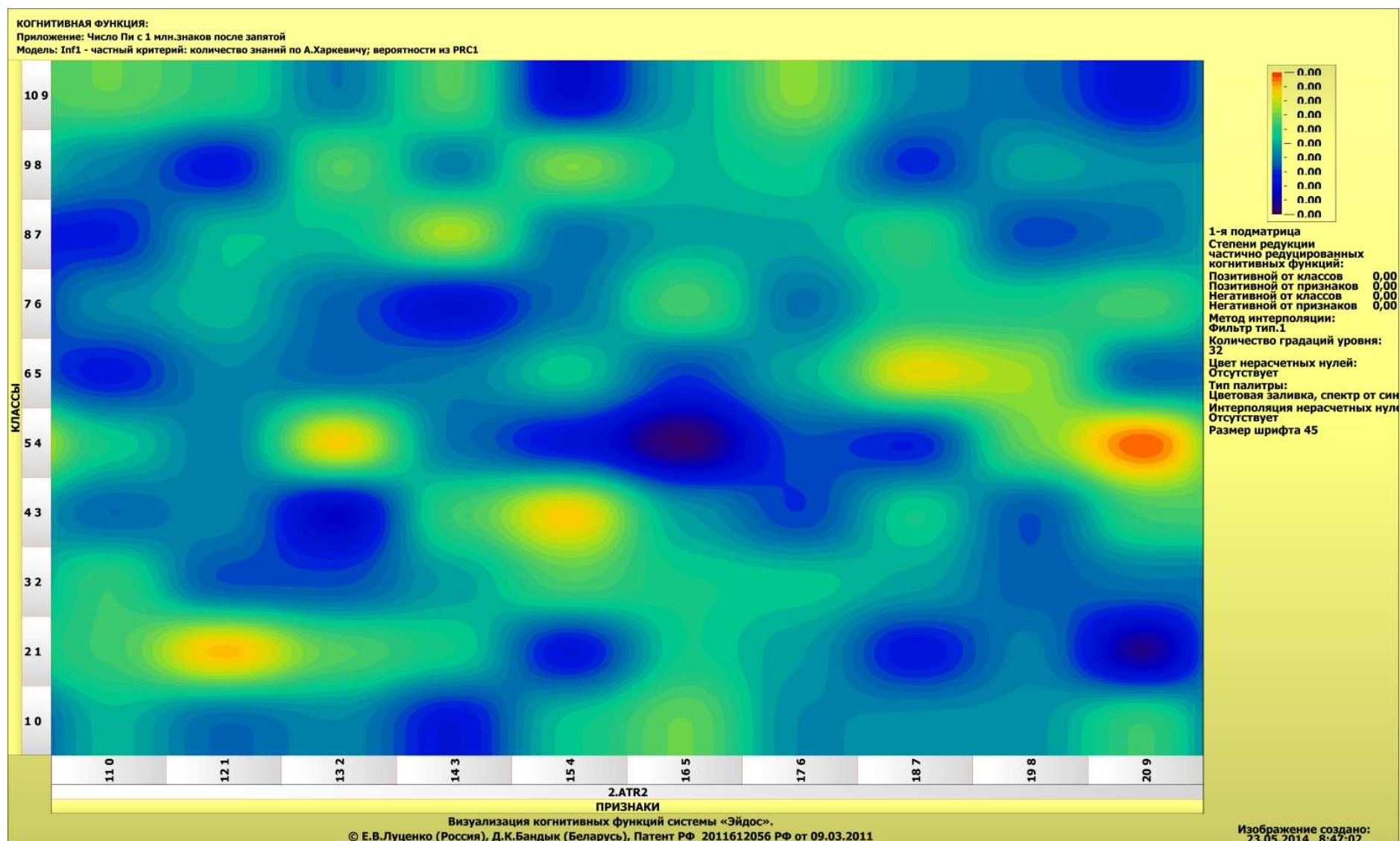


Рисунок 13. Когнитивная функция, отражающая силу и направление влияния 2-й предшествующей цифры на текущую в модели INF1 (семантическая мера информации А.Харкевича)

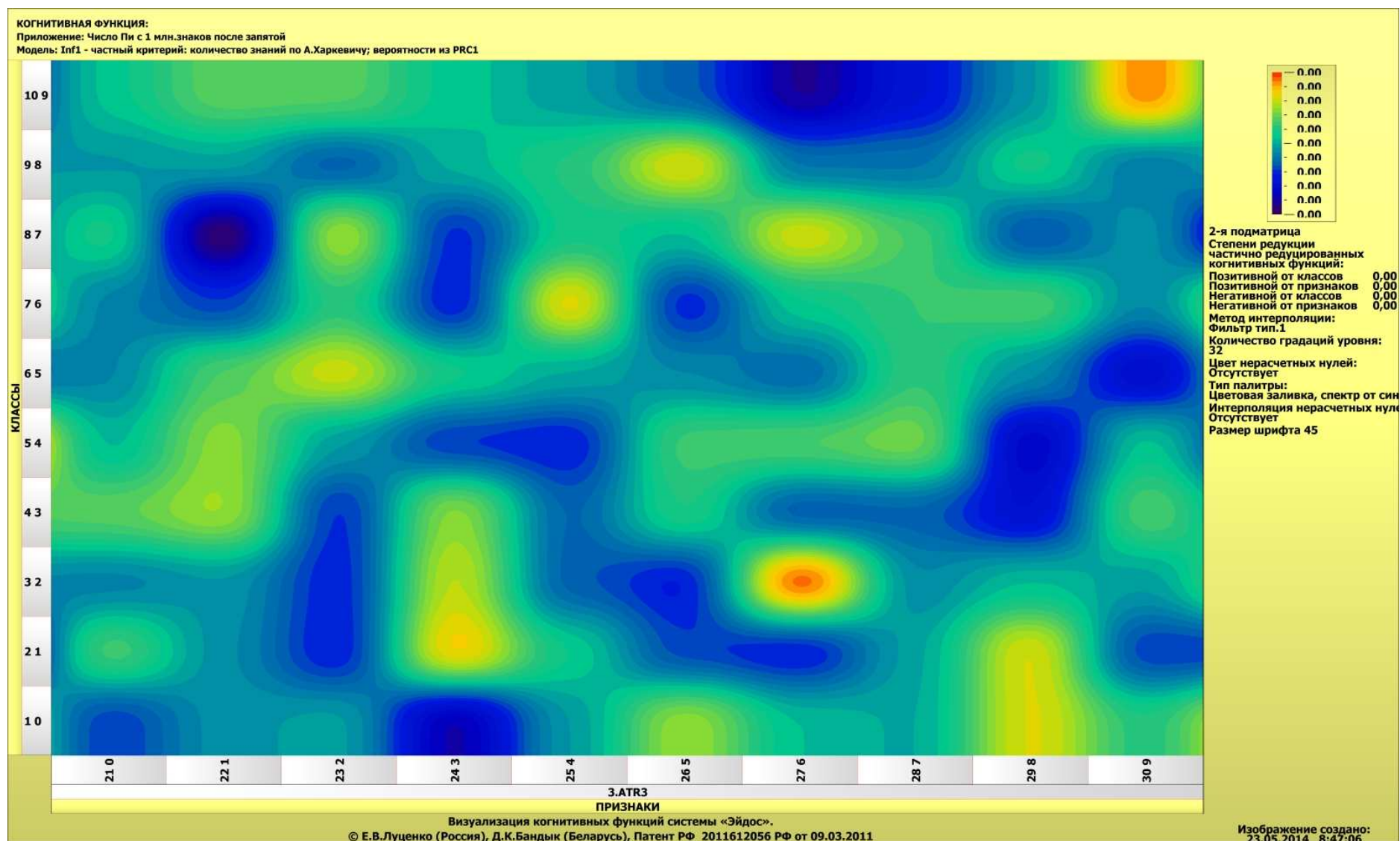


Рисунок 14. Когнитивная функция, отражающая силу и направление влияния 3-й предшествующей цифры на текущую в модели INF1 (семантическая мера информации А.Харкевича)

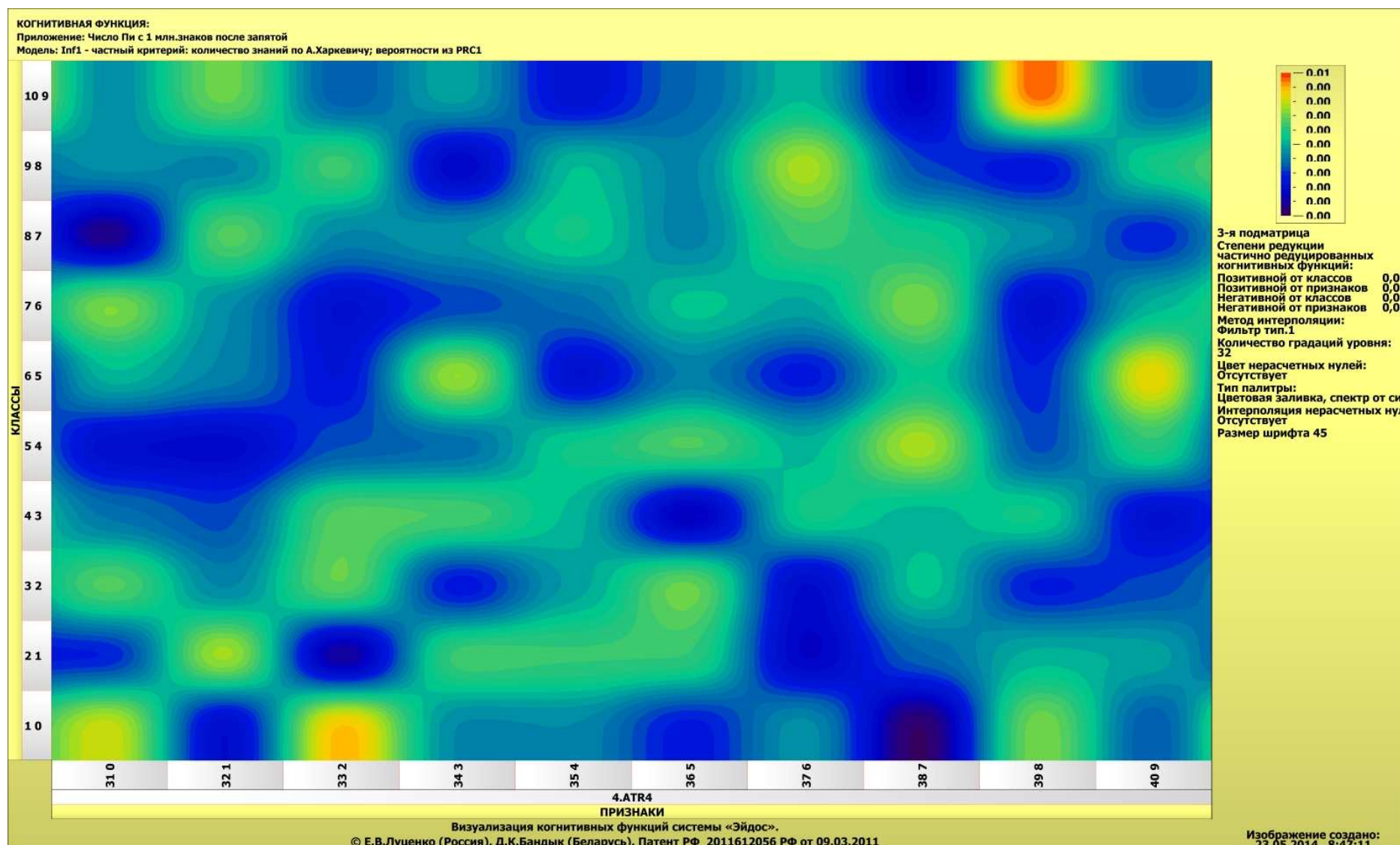


Рисунок 15. Когнитивная функция, отражающая силу и направление влияния 4-й предшествующей цифры на текущую в модели INF1 (семантическая мера информации А.Харкевича)

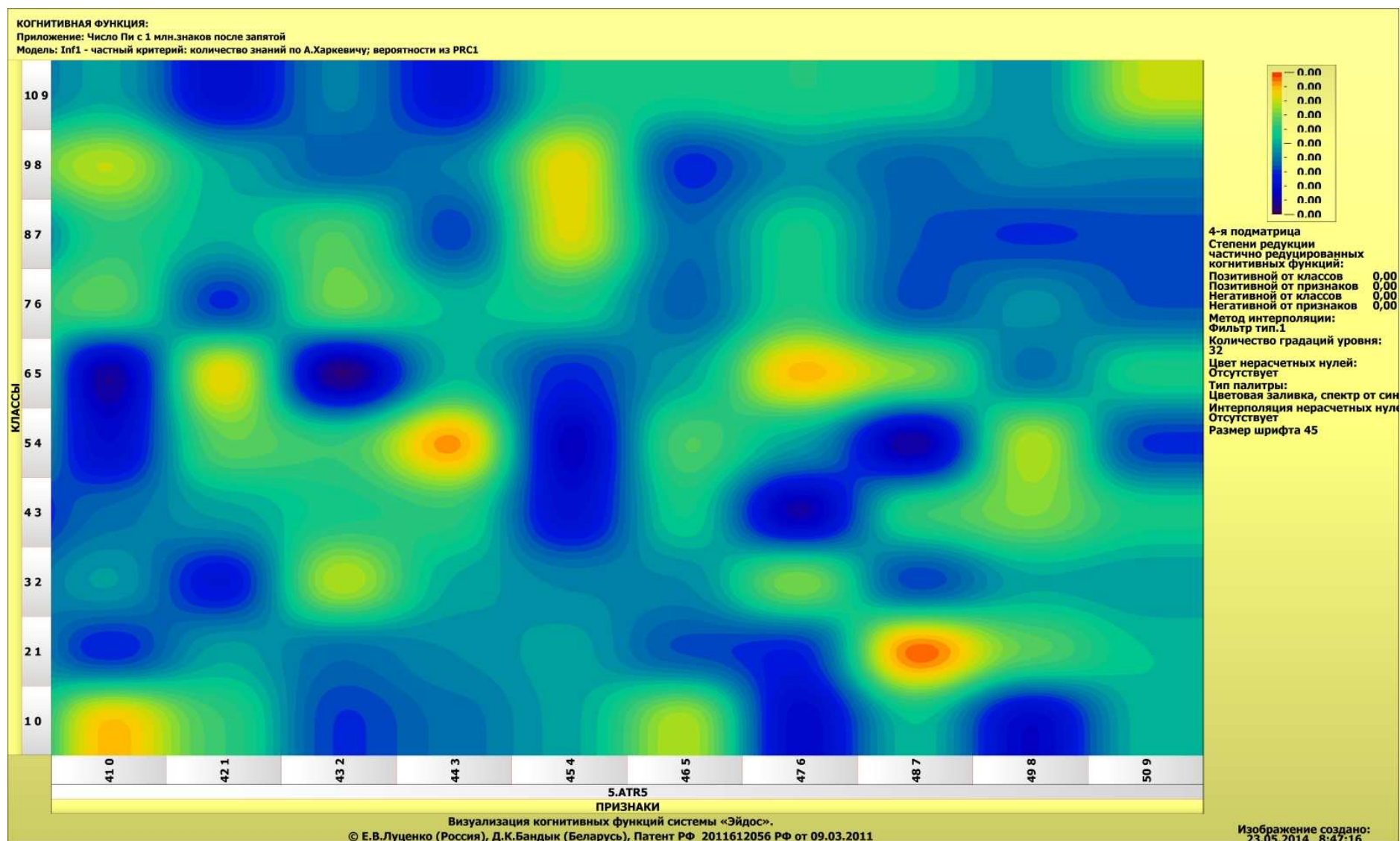


Рисунок 16. Когнитивная функция, отражающая силу и направление влияния 5-й предшествующей цифры на текущую в модели INF1 (семантическая мера информации А.Харкевича)

Смысл когнитивных функций подробно раскрыт в работе [2] и в данной статье на этом вопросе останавливаться нецелесообразно.

Выводы.

Таким образом, в статье описывается программный интерфейс с универсальной когнитивной аналитической системой «Эйдос-X++», обеспечивающий преобразование символьных, в частности числовых рядов в такую форму, которая непосредственно воспринимается данной системой. В результате в системе могут быть созданы 3 статистических и 7 интеллектуальных моделей этих рядов, в которых отражены взаимосвязи между символами или цифрами в этих рядах. Для отражения взаимосвязей между символами используются те же самые частные и интегральные критерии автоматизированного системно-когнитивного анализа (АСК-анализ), что и при отражении причинно-следственных взаимосвязей между событиями в реальной области, что ранее не применялось в теории чисел. Приводится подробный численный пример подобного исследования на примере выявления взаимосвязей между цифрами, представляющими собой десятичные знаки числа π , при этом в приведенном примере используется миллион знаков числа π после запятой.

Материалы данной статьи могут быть использованы в качестве лабораторной работы при преподавании дисциплины «Интеллектуальные системы и технологии» и других дисциплин, связанных с интеллектуальными системами и представлением знаний. Этому способствует и то, что система «Эйдос» находится в полном открытом бесплатном доступе: http://lc.kubagro.ru/aidos/_Aidos-X.htm, причем с исходными текстами, и существует форум, на котором можно получить консультации ее автора и разработчика, т.е. автора данной статьи: <http://proflutsenko.vdforum.ru/>.

Литература

1. Луценко Е.В. Методологические аспекты выявления, представления и использования знаний в АСК-анализе и интеллектуальной системе «Эйдос» / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2011. – №06(070). С. 233 – 280. – Шифр Информрегистра: 0421100012\0197, IDA [article ID]: 0701106018. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2011/06/pdf/18.pdf>, 3 у.п.л.

2. Луценко Е.В. Когнитивные функции как адекватный инструмент для формального представления причинно-следственных зависимостей / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2010. – №09(063). С. 1 – 23. – Шифр Информрегистра: 0421000012\0233, IDA [article ID]: 0631009001. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2010/09/pdf/01.pdf>, 1,438 у.п.л.

3. Дубина И.Н. Математические основы эмпирических социально-экономических исследований: учебное пособие. – Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2006. – 263 с.

4. Луценко Е.В. Метризация измерительных шкал различных типов и совместная сопоставимая количественная обработка разнородных факторов в системно-когнитивном анализе и системе «Эйдос» / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2013. – №08(092). С. 859 – 883. – IDA [article ID]: 0921308058. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2013/08/pdf/58.pdf>, 1,562 у.п.л.

5. Луценко Е.В. Применение теории информации и АСК-анализа для экспериментальных исследований в теории чисел / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – №03(097). С. 676 – 717. – IDA [article ID]: 0971403048. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2014/03/pdf/48.pdf>, 2,625 у.п.л.

6. Орлов А.И., Луценко Е.В. Системная нечеткая интервальная математика. Монография (научное издание). – Краснодар, КубГАУ. 2014. – 600 с. ISBN 978-5-94672-757-0

7. Орлов А.И. Системная нечеткая интервальная математика (СНИМ) – перспективное направление теоретической и вычислительной математики / А.И. Орлов, Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2013. – №07(091). С. 255 – 308. – IDA [article ID]: 0911307015. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2013/07/pdf/15.pdf>, 3,375 у.п.л.

8. Луценко Е.В. Теоретические основы, технология и инструментарий автоматизированного системно-когнитивного анализа и возможности его применения для сопоставимой оценки эффективности вузов / Е.В. Луценко, В.Е. Коржаков // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2013. – №04(088). С. 340 – 359. – IDA [article ID]: 0881304022. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2013/04/pdf/22.pdf>, 1,25 у.п.л.

9. Луценко Е.В. 30 лет системе «Эйдос» – одной из старейших отечественных универсальных систем искусственного интеллекта, широко применяемых и развивающихся и в настоящее время / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный жур-

нал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2009. – №10(054). С. 48 – 77. – Шифр Информрегистра: 0420900012\0110, IDA [article ID]: 0540910004. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2009/10/pdf/04.pdf>, 1,875 у.п.л.

10. Луценко Е.В. Универсальная когнитивная аналитическая система «Эйдос-Х++» / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2012. – №09(083). С. 328 – 356. – IDA [article ID]: 0831209025. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2012/09/pdf/25.pdf>, 1,812 у.п.л.

11. Луценко Е.В. Универсальная автоматизированная система распознавания образов "Эйдос" (версия 4.1).-Краснодар: КЮИ МВД РФ, 1995.- 76с.

12. Луценко Е.В. Теоретические основы и технология адаптивного семантического анализа в поддержке принятия решений (на примере универсальной автоматизированной системы распознавания образов "ЭЙДОС-5.1"). - Краснодар: КЮИ МВД РФ, 1996. - 280с.

13. Симанков В.С., Луценко Е.В. Адаптивное управление сложными системами на основе теории распознавания образов. Монография (научное издание). – Краснодар: ТУ КубГТУ, 1999. - 318с.

14. Симанков В.С., Луценко Е.В., Лаптев В.Н. Системный анализ в адаптивном управлении: Монография (научное издание). /Под науч. ред. В.С.Симанкова. – Краснодар: ИСТЭК КубГТУ, 2001. – 258с.

15. 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.

16. Луценко Е.В. Интеллектуальные информационные системы: Учебное пособие для студентов специальности 351400 "Прикладная информатика (по отраслям)". – Краснодар: КубГАУ. 2004. – 633 с.

17. Луценко Е.В., Лойко В.И., Семантические информационные модели управления агропромышленным комплексом. Монография (научное издание). – Краснодар: КубГАУ. 2005. – 480 с.

18. Луценко Е.В. Интеллектуальные информационные системы: Учебное пособие для студентов специальности "Прикладная информатика (по областям)" и другим экономическим специальностям. 2-е изд., перераб. и доп.– Краснодар: КубГАУ, 2006. – 615 с.

19. Луценко Е.В. Лабораторный практикум по интеллектуальным информационным системам: Учебное пособие для студентов специальности "Прикладная информатика (по областям)" и другим экономическим специальностям. 2-е изд., перераб. и доп. – Краснодар: КубГАУ, 2006. – 318с.

20. Наприев И.Л., Луценко Е.В., Чистилин А.Н. Образ-Я и стилевые особенности деятельности сотрудников органов внутренних дел в экстремальных условиях. Монография (научное издание). – Краснодар: КубГАУ. 2008. – 262 с.

21. Луценко Е. В., Лойко В.И., Великанова Л.О. Прогнозирование и принятие решений в растениеводстве с применением технологий искусственного интеллекта: Монография (научное издание). – Краснодар: КубГАУ, 2008. – 257 с.

22. Трунев А.П., Луценко Е.В. Астросоциотипология: Монография (научное издание). – Краснодар: КубГАУ, 2008. – 264 с.

23. Луценко Е.В., Коржаков В.Е., Лаптев В.Н. Теоретические основы и технология применения системно-когнитивного анализа в автоматизированных системах обработ-

ки информации и управления (АСОИУ) (на примере АСУ вузом): Под науч. ред. д.э.н., проф. Е.В.Луценко. Монография (научное издание). – Майкоп: АГУ. 2009. – 536 с.

24. Луценко Е.В., Коржаков В.Е., Ермоленко В.В. Интеллектуальные системы в контроллинге и менеджменте средних и малых фирм: Под науч. ред. д.э.н., проф. Е.В.Луценко. Монография (научное издание). – Майкоп: АГУ. 2011. – 392 с.

25. Наприев И.Л., Луценко Е.В. Образ-я и стилевые особенности личности в экстремальных условиях: Монография (научное издание). – Saarbrücken, Germany: LAP Lambert Academic Publishing GmbH & Co. KG., 2012. – 262 с. Номер проекта: 39475, ISBN: 978-3-8473-3424-8

26. Трунев А.П., Луценко Е.В. Автоматизированный системно-когнитивный анализ влияния факторов космической среды на ноосферу, магнитосферу и литосферу Земли: Под науч. ред. д.т.н., проф. В.И.Лойко. Монография (научное издание). – Краснодар, КубГАУ. 2012. – 480 с. ISBN 978-5-94672-519-4

27. Трубилин А.И., Барановская Т.П., Лойко В.И., Луценко Е.В. Модели и методы управления экономикой АПК региона. Монография (научное издание). – Краснодар: КубГАУ. 2012. – 528 с. ISBN 978-5-94672-584-2.

28. Горпинченко К.Н., Луценко Е.В. Прогнозирование и принятие решений по выбору агротехнологий в зерновом производстве с применением методов искусственного интеллекта (на примере СК-анализа). Монография (научное издание). – Краснодар, КубГАУ. 2013. – 168 с. ISBN 978-5-94672-644-3.

References

1. Lucenko E.V. Metodologicheskie aspekty vyjavlenija, predstavlenija i ispol'zovanija znaniy v ASK-analize i intellektual'noj sisteme «Jejdos» / E.V. Lucenko // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2011. – №06(070). S. 233 – 280. – Shifr Informregistra: 0421100012\0197, IDA [article ID]: 0701106018. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2011/06/pdf/18.pdf>, 3 u.p.l.

2. Lucenko E.V. Kognitivnye funkicii kak adekvatnyj instrument dlja formal'nogo predstavlenija prichinno-sledstvennyh zavisimostej / E.V. Lucenko // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2010. – №09(063). S. 1 – 23. – Shifr Informregistra: 0421000012\0233, IDA [article ID]: 0631009001. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2010/09/pdf/01.pdf>, 1,438 u.p.l.

3. Dubina I.N. Matematicheskie osnovy jempiricheskikh social'no-jekonomicheskikh issledovanij: uchebnoe posobie. – Barnaul: Izd-vo Alt. un-ta, 2006. – 263 s.

4. Lucenko E.V. Metrizacija izmeritel'nyh shkal razlichnyh tipov i sovместnaja sopostavimaja kolichestvennaja obrabotka raznorodnyh faktorov v sistemno-kognitivnom analize i sisteme «Jejdos» / E.V. Lucenko // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2013. – №08(092). S. 859 – 883. – IDA [article ID]: 0921308058. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2013/08/pdf/58.pdf>, 1,562 u.p.l.

5. Lucenko E.V. Primenenie teorii informacii i ASK-analiza dlja jeksperimental'nyh issledovanij v teorii chisel / E.V. Lucenko // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2014. – №03(097). S. 676 – 717. – IDA [article ID]: 0971403048. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2014/03/pdf/48.pdf>, 2,625 u.p.l.

6. Orlov A.I., Lucenko E.V. Sistemnaja nechetkaja interval'naja matematika. Monografija (nauchnoe izdanie). – Krasnodar, KubGAU. 2014. – 600 s. ISBN 978-5-94672-757-0

7. Orlov A.I. Sistemnaja nechetkaja interval'naja matematika (SNIM) – perspektivnoe napravlenie teoreticheskoj i vychislitel'noj matematiki / A.I. Orlov, E.V. Lucenko // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2013. – №07(091). S. 255 – 308. – IDA [article ID]: 0911307015. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2013/07/pdf/15.pdf>, 3,375 u.p.l.

8. Lucenko E.V. Teoreticheskie osnovy, tehnologija i instrumentarij avtomatizirovanogo sistemno-kognitivnogo analiza i vozmozhnosti ego primenenija dlja sopostavimoj ocenki jeffektivnosti vuzov / E.V. Lucenko, V.E. Korzhakov // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2013. – №04(088). S. 340 – 359. – IDA [article ID]: 0881304022. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2013/04/pdf/22.pdf>, 1,25 u.p.l.

9. Lucenko E.V. 30 let sisteme «Jejdos» – odnoj iz starejsih otechestvennyh universal'nyh sistem iskusstvennogo intellekta, shiroko primenjaemyh i razvivajushhihsja i v nastojashhee vremja / E.V. Lucenko // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2009. – №10(054). S. 48 – 77. – Shifr Informregistra: 0420900012\0110, IDA [article ID]: 0540910004. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2009/10/pdf/04.pdf>, 1,875 u.p.l.

10. Lucenko E.V. Universal'naja kognitivnaja analiticheskaja sistema «Jejdos-H++» / E.V. Lucenko // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2012. – №09(083). S. 328 – 356. – IDA [article ID]: 0831209025. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2012/09/pdf/25.pdf>, 1,812 u.p.l.

11. Lucenko E.V. Universal'naja avtomatizirovannaja sistema raspoznavanija obrazov "Jejdos" (versija 4.1).-Krasnodar: KJuI MVD RF, 1995.- 76s.

12. Lucenko E.V. Teoreticheskie osnovy i tehnologija adaptivnogo semanticheskogo analiza v podderzhke prinjatija reshenij (na primere universal'noj avtomatizirovannoj sistemy raspoznavanija obrazov "JeJDOS-5.1"). - Krasnodar: KJuI MVD RF, 1996. - 280s.

13. Simankov V.S., Lucenko E.V. Adaptivnoe upravlenie slozhnymi sistemami na osnove teorii raspoznavanija obrazov. Monografija (nauchnoe izdanie). – Krasnodar: TU KubGTU, 1999. - 318s.

14. Simankov V.S., Lucenko E.V., Laptev V.N. Sistemnyj analiz v adaptivnom upravlenii: Monografija (nauchnoe izdanie). /Pod nauch. red. V.S.Simankova. – Krasnodar: ISTJeK KubGTU, 2001. – 258s.

15. Lucenko E.V. Avtomatizirovannyj sistemno-kognitivnyj analiz v upravlenii aktivnymi ob#ektami (sistemnaja teorija informacii i ee primenenie v issledovanii jekonomiceskikh, social'no-psihologicheskikh, tehnologicheskikh i organizacionno-tehnicheskikh sistem): Monografija (nauchnoe izdanie). – Krasnodar: KubGAU. 2002. – 605 s.

16. Lucenko E.V. Intellektual'nye informacionnye sistemy: Uchebnoe posobie dlja studentov special'nosti 351400 "Prikladnaja informatika (po otrasljam)". – Krasnodar: KubGAU. 2004. – 633 s.

17. Lucenko E.V., Lojko V.I., Semanticheskie informacionnye modeli upravlenija agropromyshlennym kompleksom. Monografija (nauchnoe izdanie). – Krasnodar: KubGAU. 2005. – 480 s.

18. Lucenko E.V. Intellekтуал'nye informacionnye sistemy: Uchebnoe posobie dlja studentov special'nosti "Prikladnaja informatika (po oblastjam)" i drugim jekonomicheskim special'nostjam. 2-e izd., pererab. i dop.– Krasnodar: KubGAU, 2006. – 615 s.

19. Lucenko E.V. Laboratornyj praktikum po intellektual'nyim informacionnym sistemam: Uchebnoe posobie dlja studentov special'nosti "Prikladnaja informatika (po oblastjam)" i drugim jekonomicheskim special'nostjam. 2-e izd., pererab. i dop. – Krasnodar: KubGAU, 2006. – 318s.

20. Napriev I.L., Lucenko E.V., Chistilin A.N. Obraz-Ja i stilevye osobennosti dejatel'nosti sotrudnikov organov vnutrennih del v jekstremal'nyh uslovijah. Monografija (nauchnoe izdanie). – Krasnodar: KubGAU. 2008. – 262 s.

21. Lucenko E. V., Lojko V.I., Velikanova L.O. Prognozirovanie i prinjatie reshenij v rastenievodstve s primeneniem tehnologij iskusstvennogo intellekta: Monografija (nauchnoe izdanie). – Krasnodar: KubGAU, 2008. – 257 s.

22. Trunev A.P., Lucenko E.V. Astrosociotipologija: Monografija (nauchnoe izdanie). – Krasnodar: KubGAU, 2008. – 264 s.

23. Lucenko E.V., Korzhakov V.E., Laptev V.N. Teoreticheskie osnovy i tehnologija primenenija sistemno-kognitivnogo analiza v avtomatizirovannyh sistemah obrabotki informacii i upravlenija (ASOIU) (na primere ASU vuzom): Pod nauch. red. d.je.n., prof. E.V.Lucenko. Monografija (nauchnoe izdanie). – Majkop: AGU. 2009. – 536 s.

24. Lucenko E.V., Korzhakov V.E., Ermolenko V.V. Intellekтуал'nye sistemy v kontrolle i menedzhmente srednih i malyh firm: Pod nauch. red. d.je.n., prof. E.V.Lucenko. Monografija (nauchnoe izdanie). – Majkop: AGU. 2011. – 392 s.

25. Napriev I.L., Lucenko E.V. Obraz-ja i stilevye osobennosti lichnosti v jekstremal'nyh uslovijah: Monografija (nauchnoe izdanie). – Saarbrucken, Germany: LAP Lambert Academic Publishing GmbH & Co. KG., 2012. – 262 s. Nomer proekta: 39475, ISBN: 978-3-8473-3424-8

26. Trunev A.P., Lucenko E.V. Avtomatizirovannyj sistemno-kognitivnyj analiz vlijanija faktorov kosmicheskoj sredy na noosferu, magnitosferu i litosferu Zemli: Pod nauch. red. d.t.n., prof. V.I.Lojko. Monografija (nauchnoe izdanie). – Krasnodar, KubGAU. 2012. – 480 s. ISBN 978-5-94672-519-4

27. Trubilin A.I., Baranovskaja T.P., Lojko V.I., Lucenko E.V. Modeli i metody upravlenija jekonomikoj APK regiona. Monografija (nauchnoe izdanie). – Krasnodar: KubGAU. 2012. – 528 s. ISBN 978-5-94672-584-2.

28. Gorpichenko K.N., Lucenko E.V. Prognozirovanie i prinjatie reshenij po vyboru agrotehnologij v zernovom proizvodstve s primeneniem metodov iskusstvennogo intellekta (na primere SK-analiza). Monografija (nauchnoe izdanie). – Krasnodar, KubGAU. 2013. – 168 s. ISBN 978-5-94672-644-3.