

УДК 303.732.4

UDC 303.732.4

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ ИНФОРМАЦИИ И АСК-АНАЛИЗА ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ТЕОРИИ ЧИСЕЛ**APPLICATION OF INFORMATION THEORY AND A.S.C. ANALYSIS FOR EXPERIMENTAL RESEARCH IN NUMBER THEORY**

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

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? Для ответа на этот вопрос 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

Is it possible to automate the study of the properties of numbers and their relationship so that the results of this study can be formulated in the form of statements, indicating the specific quantity of information stored in them? To answer this question it is offered to apply the same method that is widely tested and proved in studies of real objects and their relations in various fields to study the properties of numbers in the theory of numbers namely - the automated system-cognitive analysis (A.S.C. analysis), based on information theory

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

Теория чисел представляет собой один из наиболее древних, но постоянно развивающихся разделов математики, который включает как простейшие результаты, так и сложнейшие задачи, типа теоремы Ферма, решенные лишь недавно или еще требующие своего решения¹.

Эта теория включает элементарную, аналитическую и алгебраическую теорию чисел². Элементарная теория чисел для получения своих результатов не используют достижений других разделов математики, тогда как в аналитической теории чисел для получения *доказательств теорем* используется аппарат математического анализа, а в алгебраической – аппарат алгебры (там же).

Отметим также возможность *непосредственной численной* проверки на компьютерах тех или иных *гипотез* теории чисел и более того: для до-

¹ См.: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Открытые%20проблемы%20в%20теории%20чисел>

² См., например: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Теория%20чисел>

казательства теорем³. При этом необходимо отметить, что даже возможности современных мощных компьютеров иногда оказываются совершенно недостаточными для этого и поэтому используются различные *приближенные вероятностные и статистические методы*, а также технологии искусственного интеллекта⁴.

Результаты в теории чисел 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.

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 [1].

Рассмотрим на простейшем примере, как может выглядеть подобное исследование. При этом будем придерживаться последовательности обработки данных, информации и знаний, принятых в АСК-анализе и его программном инструментарии – интеллектуальной системе «Эйдос» (рисунок 1):

³ См.: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Доказательные%20вычисления>

⁴ См.: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Математическое%20доказательство>. См. также лекцию «Компьютерная теория чисел» в статье: А.Г. Гейн, «Математические основы информатики», № 23/2007 журнала "Информатика" издательского дома "Первое сентября". Адрес доступа: <http://информатика.1сентября.рф/article.php?ID=200702301>

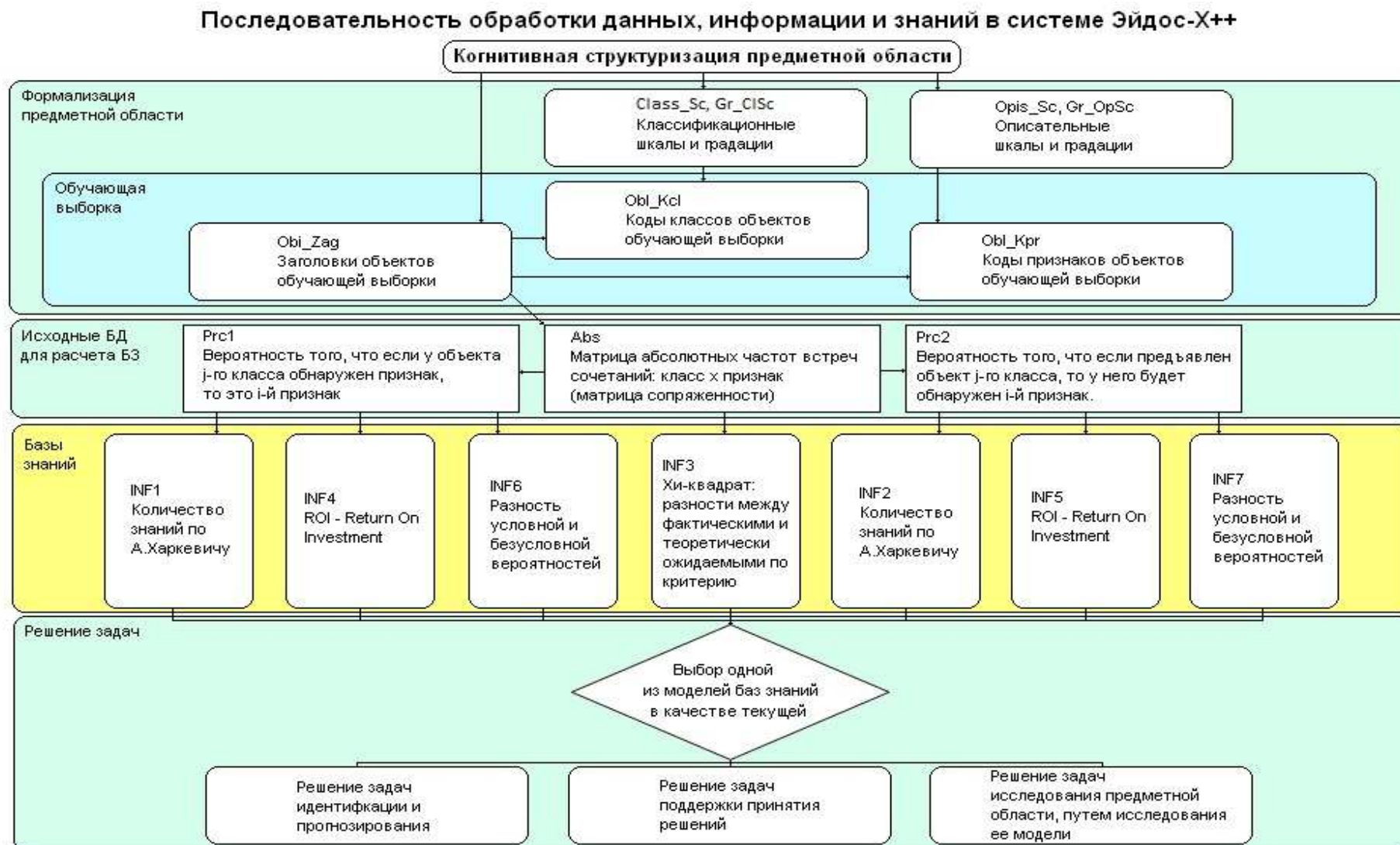


Рисунок 1. Последовательность преобразования данных в информацию, а ее в знания в АСК-анализе и интеллектуальной системе «Эйдос»

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 конфигуратор);
- 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. Исследование моделируемой предметной области путем исследования его модели (анализ СИМ);
8. Решение задач идентификации, прогнозирования и принятия решений.

Теоретические аспекты АСК-анализа и опыт его практического применения для решения задач в различных предметных областях подробно описан в ряде работ автора [2-19]⁵ и в данной статье на этом останавливаться нецелесообразно. Отметим лишь, что этот метод обеспечивает:

⁵ Полный открытый бесплатный доступ к этим и другим работам предоставлен на сайте автора: <http://lc.kubagro.ru/>

– выявление причинно-следственных связей в эмпирических данных и преобразование их сначала в информацию, а затем в знания [20];

– сопоставимую обработку данных, полученных в различных видах измерительных шкал и представленных в различных единицах измерения [21];

– использование знаний для решения задач идентификации, прогнозирования и принятия решений [22].

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/index.htm> по ссылке: <http://lc.kubagro.ru/a.rar>

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).

Затем выберем диспетчер приложений – режим 1.3 (рисунок 2):

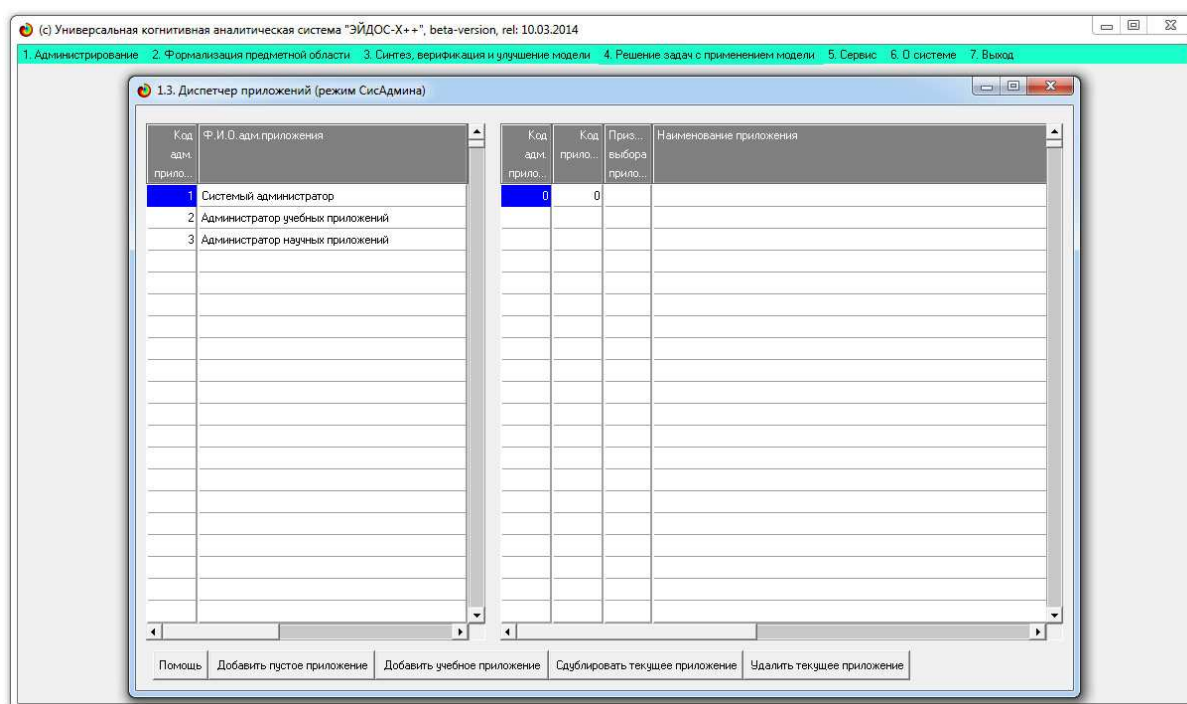


Рисунок 2. Диспетчер приложений системы «Эйдос»

Данный режим обеспечивает добавление и удаление приложений, а также выбор текущего приложения для работы.

Кликнем по кнопке: «Добавить учебное приложение», а затем в появившемся окне, представленном на рисунке 3, выберем учебные приложения, устанавливаемые автоматизировано в диалоге с пользователем.

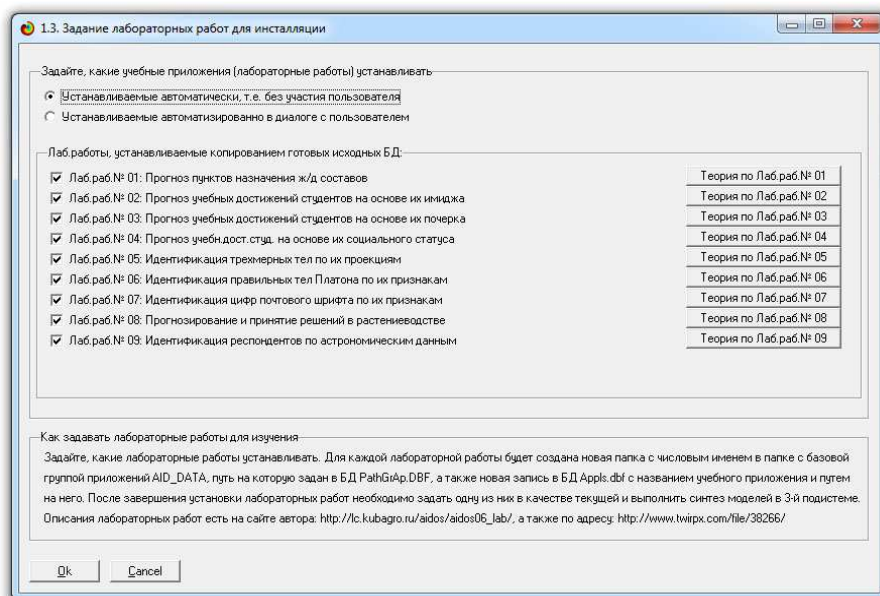


Рисунок 3. Окно выбора учебных приложений для установки

В результате появится окно выбора таких учебных приложений (рисунок 4):

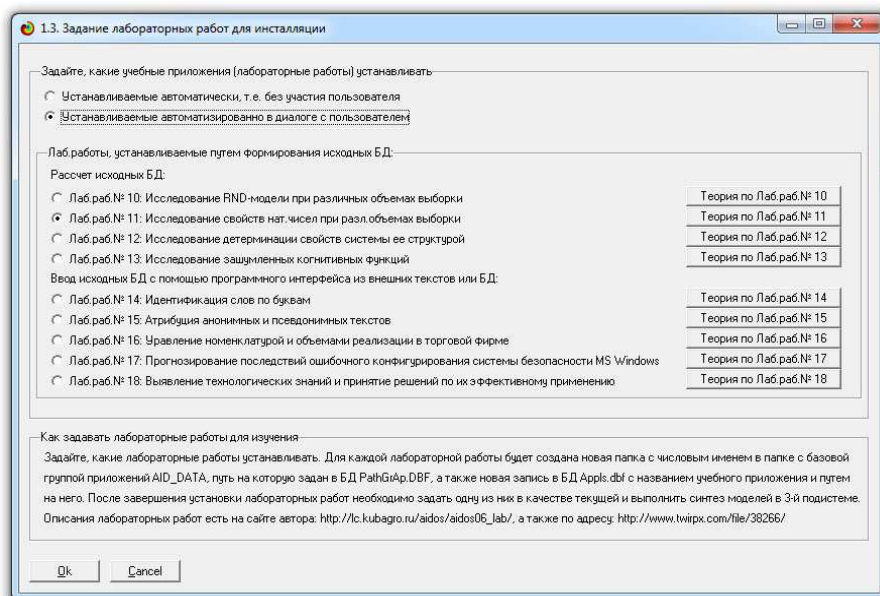


Рисунок 4. Окно выбора для установки учебных приложений, устанавливаемые автоматизировано в диалоге с пользователем

Выберем учебное приложение №11: «Исследование свойств натуральных чисел при различных объемах выборки». Появится окно, представленное на рисунке 5:

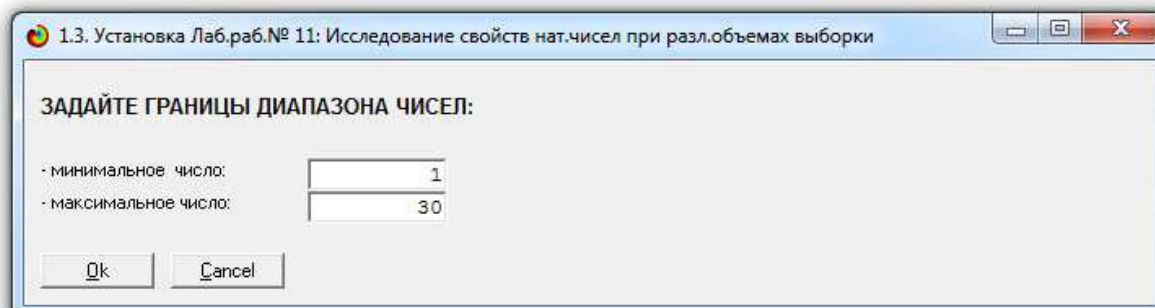


Рисунок 5. Окно задания диапазона исследуемых натуральных чисел

Оставим предлагаемые по умолчанию⁶ значения и нажмем «ОК». При этом происходит формирование классификационных и описательных шкал и градаций и обучающей выборки. Стадия исполнения и прогноз времени исполнения отображаются в окне (рисунок 6):

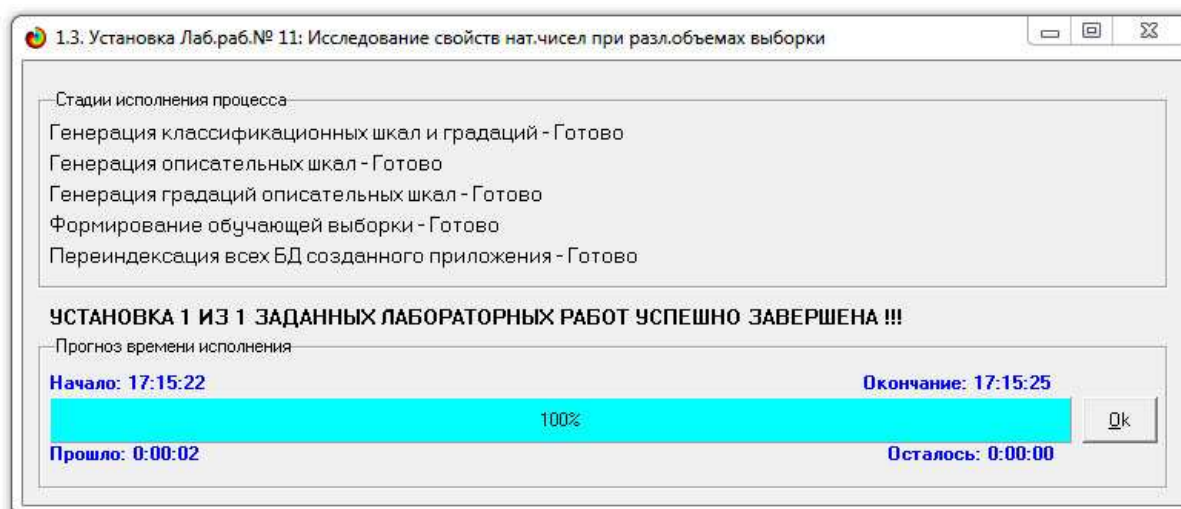


Рисунок 6. Отображение стадии исполнения и прогноза времени исполнения процесса формирование классификационных и описательных шкал и градаций и обучающей выборки

Из рисунка 6 видно, что эти процессы заверены за время около 2 секунд.

⁶ Отметим, что в данном режиме могут быть исследованы и большие числа.

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

Таблица 1 – Классификационные шкалы и градации

Код класса	Наименование классификационной шкалы и градации	Код класса	Наименование классификационной шкалы и градации
1	Число: 1	16	Число: 16
2	Число: 2	17	Число: 17
3	Число: 3	18	Число: 18
4	Число: 4	19	Число: 19
5	Число: 5	20	Число: 20
6	Число: 6	21	Число: 21
7	Число: 7	22	Число: 22
8	Число: 8	23	Число: 23
9	Число: 9	24	Число: 24
10	Число: 10	25	Число: 25
11	Число: 11	26	Число: 26
12	Число: 12	27	Число: 27
13	Число: 13	28	Число: 28
14	Число: 14	29	Число: 29
15	Число: 15	30	Число: 30

Таблица 2 – Описательные шкалы и градации

Код признака	Наименование описательной шкалы и градации	Код признака	Наименование описательной шкалы и градации
1	ДЕЛИТСЯ НА:-2	21	СТЕПЕНЬ ЧИСЛА:-2
2	ДЕЛИТСЯ НА:-3	22	СТЕПЕНЬ ЧИСЛА:-3
3	ДЕЛИТСЯ НА:-4	23	СТЕПЕНЬ ЧИСЛА:-4
4	ДЕЛИТСЯ НА:-5	24	СТЕПЕНЬ ЧИСЛА:-5
5	ДЕЛИТСЯ НА:-6	25	ЧИСЛО В СТЕПЕНИ:-2
6	ДЕЛИТСЯ НА:-7	26	ЧИСЛО В СТЕПЕНИ:-3
7	ДЕЛИТСЯ НА:-8	27	ЧИСЛО В СТЕПЕНИ:-4
8	ДЕЛИТСЯ НА:-9	28	ПРОСТОЙ МНОЖИТЕЛЬ:-2
9	ДЕЛИТСЯ НА:-10	29	ПРОСТОЙ МНОЖИТЕЛЬ:-3
10	ДЕЛИТСЯ НА:-11	30	ПРОСТОЙ МНОЖИТЕЛЬ:-5
11	ДЕЛИТСЯ НА:-12	31	ПРОСТОЙ МНОЖИТЕЛЬ:-7
12	ДЕЛИТСЯ НА:-13	32	ПРОСТОЙ МНОЖИТЕЛЬ:-11
13	ДЕЛИТСЯ НА:-14	33	ПРОСТОЙ МНОЖИТЕЛЬ:-13
14	ДЕЛИТСЯ НА:-15	34	ПРОСТОЙ МНОЖИТЕЛЬ:-17
15	КОЛИЧЕСТВО ДЕЛИТЕЛЕЙ:-0	35	ПРОСТОЙ МНОЖИТЕЛЬ:-19
16	КОЛИЧЕСТВО ДЕЛИТЕЛЕЙ:-1	36	ПРОСТОЙ МНОЖИТЕЛЬ:-23
17	КОЛИЧЕСТВО ДЕЛИТЕЛЕЙ:-2	37	ПРОСТОЙ МНОЖИТЕЛЬ:-29
18	КОЛИЧЕСТВО ДЕЛИТЕЛЕЙ:-3	38	КОЛИЧЕСТВО ПРОСТЫХ МНОЖИТЕЛЕЙ:-1
19	КОЛИЧЕСТВО ДЕЛИТЕЛЕЙ:-4	39	КОЛИЧЕСТВО ПРОСТЫХ МНОЖИТЕЛЕЙ:-2
20	КОЛИЧЕСТВО ДЕЛИТЕЛЕЙ:-6	40	КОЛИЧЕСТВО ПРОСТЫХ МНОЖИТЕЛЕЙ:-3

Таблица 3 – Обучающая выборка

Объект обучающей выборки		Код класса	Коды признаков											
Код	Наименование													
1	Число: 1	1	15											
2	Число: 2	2	1	16	28	38								
3	Число: 3	3	2	16	29	38								
4	Число: 4	4	1	3	17	21	25	28	38					
5	Число: 5	5	4	16	30	38								
6	Число: 6	6	1	2	5	18	28	29	39					
7	Число: 7	7	6	16	31	38								
8	Число: 8	8	1	3	7	18	21	26	28	38				
9	Число: 9	9	2	8	17	22	25	29	38					
10	Число: 10	10	1	4	9	18	28	30	39					
11	Число: 11	11	10	16	32	38								
12	Число: 12	12	1	2	3	5	11	28	29	39				
13	Число: 13	13	12	16	33	38								
14	Число: 14	14	1	6	13	18	28	31	39					
15	Число: 15	15	2	4	14	18	29	30	39					
16	Число: 16	16	1	3	7	18	21	27	23	25	28	38		
17	Число: 17	17	15	34	38									
18	Число: 18	18	1	2	5	8	19	28	29	39				
19	Число: 19	19	15	35	38									
20	Число: 20	20	1	3	4	9	19	28	30	39				
21	Число: 21	21	2	6	17	29	31	39						
22	Число: 22	22	1	10	17	28	32	39						
23	Число: 23	23	15	36	38									
24	Число: 24	24	1	2	3	5	7	11	20	28	29	39		
25	Число: 25	25	4	16	24	25	30	38						
26	Число: 26	26	1	12	17	28	33	39						
27	Число: 27	27	2	8	17	22	26	29	38					
28	Число: 28	28	1	3	6	13	19	28	31	39				
29	Число: 29	29	15	37	38									
30	Число: 30	30	1	2	4	5	9	14	20	28	29	30	40	

В таблицах 1 и 2 повторяющаяся часть наименования является наименованием шкалы, а изменяющаяся – градации (в таблице 2 шкалы с градациями выделены областями, обведенными более толстой линией). Обучающая выборка является описанием свойств чисел кодами с использованием классификационных и описательных шкал и градаций.

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

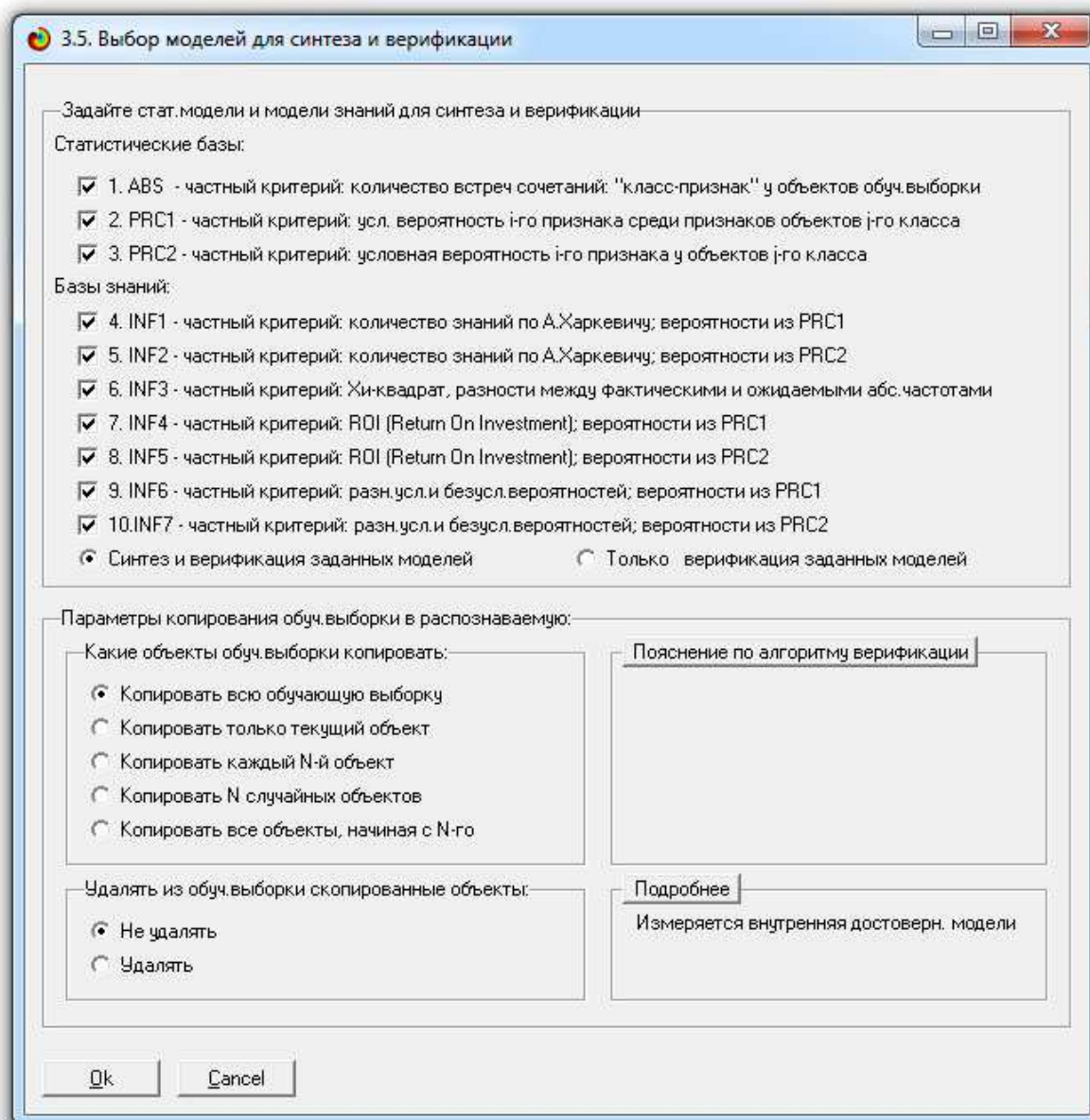


Рисунок 7. Экранная форма управления режимом синтеза и верификации моделей 3.5.

Отображение стадии процесса и прогноз времени исполнения осуществляется в экранной форме, приведенной на рисунке 8:

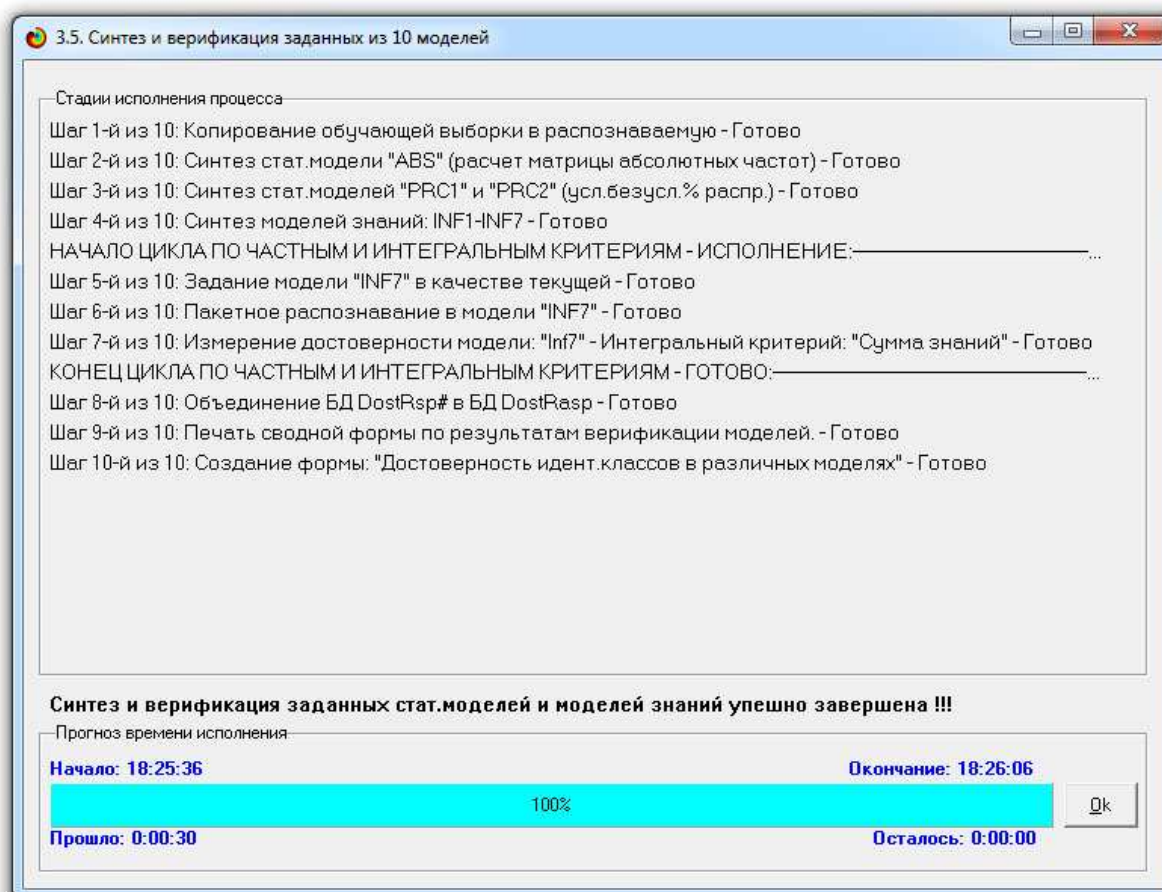


Рисунок 8. Экранная форма отображения стадии процесса синтеза и верификации моделей и прогноза времени исполнения

В результате выполнения режима 3.5 сформированы статистические модели и модели знаний⁷, некоторые из которых представлены ниже в таблицах 4, 6 и 7:

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

- в таблице 6 мы видим количество информации в сотых долях бита (сантибитах), которое содержится в факте наблюдения определенного признака у объекта о том, что этот объект принадлежит определенному классу;

- в таблице 7 приведены значения хи-квадрат, умноженные на 100.

⁷ Из данной экранной формы видно, что исполнение режима 3.5 заняло 30 секунд.

Таблица 4 – Матрица абсолютных частот (модель: ABS)

Код	Признаки Наименование	Классы (числа)																													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	Делится на: 2		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1
2	Делится на: 3			1		1			1			1			1			1			1			1			1			1	
3	Делится на: 4				1			1			1				1				1			1				1				1	
4	Делится на: 5					1				1					1					1					1					1	
5	Делится на: 6						1					1								1					1					1	
6	Делится на: 7							1							1							1								1	
7	Делится на: 8								1								1							1							
8	Делится на: 9									1										1									1		
9	Делится на: 10										1										1									1	
10	Делится на: 11											1											1								
11	Делится на: 12												1												1						
12	Делится на: 13													1												1					
13	Делится на: 14														1												1				
14	Делится на: 15															1														1	
15	Количество делителей: 0	1																1		1				1					1		
16	Количество делителей: 1		1	1		1		1			1		1													1					
17	Количество делителей: 2				1				1												1	1				1	1				
18	Количество делителей: 3					1		1		1				1	1	1															
19	Количество делителей: 4																			1		1							1		
20	Количество делителей: 6																								1					1	
21	Степень числа: 2				1				1								1														
22	Степень числа: 3									1																			1		
23	Степень числа: 4																1														
24	Степень числа: 5																										1				
25	Число в степени: 2				1				1								1									1					
26	Число в степени: 3									1																			1		
27	Число в степени: 4																	1													
28	Простой множитель: 2		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1	1	
29	Простой множитель: 3			1			1			1			1			1			1			1			1			1		1	
30	Простой множитель: 5					1					1					1					1					1				1	
31	Простой множитель: 7								1								1						1							1	
32	Простой множитель: 11											1												1							
33	Простой множитель: 13													1													1				
34	Простой множитель: 17																	1													
35	Простой множитель: 19																				1										
36	Простой множитель: 23																								1						
37	Простой множитель: 29																													1	
38	Количество простых множителей: 1		1	1	1	1		1	1	1		1		1	1		1		1		1		1		1		1		1	1	
39	Количество простых множителей: 2					1				1		1		1	1				1		1		1		1		1		1	1	
40	Количество простых множителей: 3																														1

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 ⁸	$I_{ij} = \frac{P_{ij}}{P_i} - 1 = \frac{P_{ij} - P_i}{P_i}$	$I_{ij} = \frac{N_{ij}N}{N_iN_j} - 1$
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 .

⁸ Применение предложено Л.О. Макаревич

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

Признаки		Классы (числа)																														
Код	Наименование	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
1	Делится на: 2		104		51		51		39		51		39		51		18		39		39		66		18		66		39		9	
2	Делится на: 3			142			90			90			77			90			77			104			56			90			47	
3	Делится на: 4				123				111				111				90				111				90				111			
4	Делится на: 5					191					138					138					125					152					95	
5	Делится на: 6						155						142						142							121					112	
6	Делится на: 7							229							176							191							164			
7	Делится на: 8								191								170									170						
8	Делится на: 9									203									191										203			
9	Делится на: 10										203										191										161	
10	Делится на: 11											294																				
11	Делится на: 12												229																			
12	Делится на: 13													294																		
13	Делится на: 14														242																	
14	Делится на: 15															242																
15	Количество делителей: 0	339																235		235					235					235		
16	Количество делителей: 1		176	176		176		176				176		176													138					
17	Количество делителей: 2				138					138												152	152					152	138			
18	Количество делителей: 3					138		125		138					138	138	104															
19	Количество делителей: 4																		191		191									191		
20	Количество делителей: 6																									208					199	
21	Степень числа: 2				203				191								170															
22	Степень числа: 3									242																			242			
23	Степень числа: 4																273															
24	Степень числа: 5																															
25	Число в степени: 2				176					176							142											191				
26	Число в степени: 3							229																					242			
27	Число в степени: 4																273															
28	Простой множитель: 2		104		51		51		39		51		39		51		18		39		39		66		18		66		39		9	
29	Простой множитель: 3			142			90			90			77			90			77			104			56			90			47	
30	Простой множитель: 5					191					138					138						125				152					95	
31	Простой множитель: 7							229								176							191						164			
32	Простой множитель: 11											294																				
33	Простой множитель: 13													294																		
34	Простой множитель: 17																		387													
35	Простой множитель: 19																				387											
36	Простой множитель: 23																								387							
37	Простой множитель: 29																														387	
38	Количество простых множителей: 1		98	98	45	98		98	33	45		98		98			12	125		125				125		60		45		125		
39	Количество простых множителей: 2					72					72		60		72	72			60		60	87	87			39		87		60		
40	Количество простых множителей: 3																															264

Таблица 7 – Матрица знаний (модель знаний: INF3 – хи-квадрат) (приведены значения хи-квадрат × 100)

Признаки		Классы (числа)																														
Код	Наименование	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
1	Делится на: 2	-8	67	-33	42	-33	42	-33	34	-58	42	-33	34	-33	42	-58	17	-25	34	-25	34	-50	50	-25	17	-50	50	-58	34	-25	9	
2	Делится на: 3	-6	-22	78	-39	-22	61	-22	-44	61	-39	-22	56	-22	-39	61	-55	-17	56	-17	-44	67	-33	-17	45	-33	-33	61	-44	-17	39	
3	Делится на: 4	-4	-15	-15	73	-15	-27	-15	69	-27	-27	-15	69	-15	-27	-27	61	-12	-31	-12	69	-23	-23	-12	61	-23	-23	-27	69	-12	-43	
4	Делится на: 5	-3	-13	-13	-23	87	-23	-13	-27	-23	77	-13	-27	-13	-23	77	-33	-10	-27	-10	73	-20	-20	-10	-33	80	-20	-23	-27	-10	64	
5	Делится на: 6	-3	-11	-11	-19	-11	81	-11	-22	-19	-19	-11	78	-11	-19	-19	-28	-8	78	-8	-22	-17	-17	-8	72	-17	-17	-19	-22	-8	70	
6	Делится на: 7	-2	-9	-9	-15	-9	-15	91	-18	-15	-15	-9	-18	-9	85	-15	-22	-7	-18	-7	-18	87	-13	-7	-22	-13	-13	-15	82	-7	-24	
7	Делится на: 8	-2	-7	-7	-12	-7	-12	-7	87	-12	-12	-7	-13	-7	-12	-12	83	-5	-13	-5	-13	-10	-10	-5	83	-10	-10	-12	-13	-5	-18	
8	Делится на: 9	-2	-7	-7	-12	-7	-12	-7	-13	88	-12	-7	-13	-7	-12	-12	-17	-5	87	-5	-13	-10	-10	-5	-17	-10	-10	88	-13	-5	-18	
9	Делится на: 10	-2	-7	-7	-12	-7	-12	-7	-13	-12	88	-7	-13	-7	-12	-12	-17	-5	-13	-5	87	-10	-10	-5	-17	-10	-10	-12	-13	-5	82	
10	Делится на: 11	-1	-4	-4	-8	-4	-8	-4	-9	-8	-8	96	-9	-4	-8	-8	-11	-3	-9	-3	-9	-7	93	-3	-11	-7	-7	-8	-9	-3	-12	
11	Делится на: 12	-1	-4	-4	-8	-4	-8	-4	-9	-8	-8	-4	91	-4	-8	-8	-11	-3	-9	-3	-9	-7	-7	-3	89	-7	-7	-8	-9	-3	-12	
12	Делится на: 13	-1	-4	-4	-8	-4	-8	-4	-9	-8	-8	-4	-9	96	-8	-8	-11	-3	-9	-3	-9	-7	-7	-3	-11	-7	93	-8	-9	-3	-12	
13	Делится на: 14	-1	-4	-4	-8	-4	-8	-4	-9	-8	-8	-4	-9	-4	92	-8	-11	-3	-9	-3	-9	-7	-7	-3	-11	-7	-7	-8	91	-3	-12	
14	Делится на: 15	-1	-4	-4	-8	-4	-8	-4	-9	-8	-8	-4	-9	-4	-8	92	-11	-3	-9	-3	-9	-7	-7	-3	-11	-7	-7	-8	-9	-3	88	
15	Количество делителей: 0	97	-11	-11	-19	-11	-19	-11	-22	-19	-19	-11	-22	-11	-19	-19	-28	92	-22	92	-22	-17	-17	92	-28	-17	-17	-19	-22	92	-30	
16	Количество делителей: 1	-4	85	85	-27	85	-27	85	-31	-27	-27	85	-31	85	-27	-27	-39	-12	-31	-12	-31	-23	-23	-12	-39	77	-23	-27	-31	-12	-43	
17	Количество делителей: 2	-3	-13	-13	77	-13	-23	-13	-27	77	-23	-13	-27	-13	-23	-23	-33	-10	-27	-10	-27	80	80	-10	-33	-20	80	77	-27	-10	-36	
18	Количество делителей: 3	-3	-13	-13	-23	-13	77	-13	73	-23	77	-13	-27	-13	77	77	67	-10	-27	-10	-27	-20	-20	-10	-33	-20	-20	-23	-27	-10	-36	
19	Количество делителей: 4	-2	-7	-7	-12	-7	-12	-7	-13	-12	-12	-7	-13	-7	-12	-12	-17	-5	87	-5	87	-10	-10	-5	-17	-10	-10	-12	87	-5	-18	
20	Количество делителей: 6	-1	-4	-4	-8	-4	-8	-4	-9	-8	-8	-4	-9	-4	-8	-8	-11	-3	-9	-3	-9	-7	-7	-3	89	-7	-7	-8	-9	-3	88	
21	Степень числа: 2	-2	-7	-7	88	-7	-12	-7	87	-12	-12	-7	-13	-7	-12	-12	83	-5	-13	-5	-13	-10	-10	-5	-17	-10	-10	-12	-13	-5	-18	
22	Степень числа: 3	-1	-4	-4	-8	-4	-8	-4	-9	92	-8	-4	-9	-4	-8	-8	-11	-3	-9	-3	-9	-7	-7	-3	-11	-7	-7	92	-9	-3	-12	
23	Степень числа: 4	-1	-2	-2	-4	-2	-4	-2	-4	-4	-4	-2	-4	-2	-4	-4	94	-2	-4	-2	-4	-3	-3	-2	-6	-3	-3	-4	-4	-2	-6	
24	Степень числа: 5	-1	-2	-2	-4	-2	-4	-2	-4	-4	-4	-2	-4	-2	-4	-4	-6	-2	-4	-2	-4	-3	-3	-2	-6	97	-3	-4	-4	-2	-6	
25	Число в степени: 2	-2	-9	-9	85	-9	-15	-9	-18	85	-15	-9	-18	-9	-15	-15	78	-7	-18	-7	-18	-13	-13	-7	-22	87	-13	-15	-18	-7	-24	
26	Число в степени: 3	-1	-4	-4	-8	-4	-8	-4	91	-8	-8	-4	-9	-4	-8	-8	-11	-3	-9	-3	-9	-7	-7	-3	-11	-7	-7	92	-9	-3	-12	
27	Число в степени: 4	-1	-2	-2	-4	-2	-4	-2	-4	-4	-4	-2	-4	-2	-4	-4	94	-2	-4	-2	-4	-3	-3	-2	-6	-3	-3	-4	-4	-2	-6	
28	Простой множитель: 2	-8	67	-33	42	-33	42	-33	34	-58	42	-33	34	-33	42	-58	17	-25	34	-25	34	-50	50	-25	17	-50	50	-58	34	-25	9	
29	Простой множитель: 3	-6	-22	78	-39	-22	61	-22	-44	61	-39	-22	56	-22	-39	61	-55	-17	56	-17	-44	67	-33	-17	45	-33	-33	61	-44	-17	39	
30	Простой множитель: 5	-3	-13	-13	-23	87	-23	-13	-27	-23	77	-13	-27	-13	-23	77	-33	-10	-27	-10	73	-20	-20	-10	-33	80	-20	-23	-27	-10	64	
31	Простой множитель: 7	-2	-9	-9	-15	-9	-15	91	-18	-15	-15	-9	-18	-9	85	-15	-22	-7	-18	-7	-18	87	-13	-7	-22	-13	-13	-15	82	-7	-24	
32	Простой множитель: 11	-1	-4	-4	-8	-4	-8	-4	-9	-8	-8	96	-9	-4	-8	-8	-11	-3	-9	-3	-9	-7	93	-3	-11	-7	-7	-8	-9	-3	-12	
33	Простой множитель: 13	-1	-4	-4	-8	-4	-8	-4	-9	-8	-8	-4	-9	96	-8	-8	-11	-3	-9	-3	-9	-7	-7	-3	-11	-7	93	-8	-9	-3	-12	
34	Простой множитель: 17	-1	-2	-2	-4	-2	-4	-2	-4	-4	-4	-2	-4	-2	-4	-4	-6	98	-4	-2	-4	-3	-3	-2	-6	-3	-3	-4	-4	-2	-6	
35	Простой множитель: 19	-1	-2	-2	-4	-2	-4	-2	-4	-4	-4	-2	-4	-2	-4	-4	-6	-2	-4	-2	-4	98	-4	-3	-3	-2	-6	-3	-3	-4	-2	-6
36	Простой множитель: 23	-1	-2	-2	-4	-2	-4	-2	-4	-4	-4	-2	-4	-2	-4	-4	-6	-2	-4	-2	-4	-3	-3	98	-6	-3	-3	-4	-4	-2	-6	
37	Простой множитель: 29	-1	-2	-2	-4	-2	-4	-2	-4	-4	-4	-2	-4	-2	-4	-4	-6	-2	-4	-2	-4	-3	-3	-2	-6	-3	-3	-4	-4	98	-6	
38	Количество простых множителей: 1	-9	65	65	38	65	-62	65	29	38	-62	65	-71	65	-62	-62	12	73	-71	73	-71	-53	-53	73	-88	47	-53	38	-71	73	-97	
39	Количество простых множителей: 2	-7	-27	-27	-46	-27	54	-27	-53	-46	54	-27	47	-27	54	54	-66	-20	47	-20	47	60	60	-20	34	-40	60	46	47	-20	-73	
40	Количество простых множителей: 3	-1	-2	-2	-4	-2	-4	-2	-4	-4	-4	-2	-4	-2	-4	-4	-6	-2	-4	-2	-4	-3	-3	-2	-6	-3	-3	-4	-4	-2	94	

На рисунке 9 приведены результаты оценки достоверности моделей с различными частными и интегральными критериями:

Наименование модели и частного критерия	Интегральный критерий	Вероятность правильной идентифика...	Вероятность правильной не идентиф...	Средняя вероятно... правильно... результата	Дата получения результата	Время получения результ...
ABS - частный критерий: количество встреч сочетаний: "клас...	Корреляция абс. частот с обр...	100.000	39.770	69.885	14.03.2014	18:25:45
1. ABS - частный критерий: количество встреч сочетаний: "клас...	Сумма абс. частот по признак...	100.000	34.023	67.011	14.03.2014	18:25:45
2. PRC1 - частный критерий: усл. вероятность i-го признака сред...	Корреляция усл.отн. частот с о...	100.000	39.770	69.885	14.03.2014	18:25:47
2. PRC1 - частный критерий: усл. вероятность i-го признака сред...	Сумма усл.отн. частот по приз...	100.000	34.023	67.011	14.03.2014	18:25:47
3. PRC2 - частный критерий: условная вероятность i-го признака...	Корреляция усл.отн. частот с о...	100.000	39.770	69.885	14.03.2014	18:25:49
3. PRC2 - частный критерий: условная вероятность i-го признака...	Сумма усл.отн. частот по приз...	100.000	34.023	67.011	14.03.2014	18:25:49
4. INF1 - частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу; в...	Семантический резонанс зна...	100.000	59.425	79.713	14.03.2014	18:25:52
4. INF1 - частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу; в...	Сумма знаний	100.000	34.023	67.011	14.03.2014	18:25:52
5. INF2 - частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу; в...	Семантический резонанс зна...	100.000	56.207	78.103	14.03.2014	18:25:53
5. INF2 - частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу; в...	Сумма знаний	100.000	34.023	67.011	14.03.2014	18:25:54
6. INF3 - частный критерий: Хи-квадрат, разности между фактич...	Семантический резонанс зна...	100.000	56.667	78.333	14.03.2014	18:25:57
6. INF3 - частный критерий: Хи-квадрат, разности между фактич...	Сумма знаний	100.000	56.667	78.333	14.03.2014	18:25:57
7. INF4 - частный критерий: ROI (Return On Investment); вероятно...	Семантический резонанс зна...	100.000	75.057	87.529	14.03.2014	18:25:59
7. INF4 - частный критерий: ROI (Return On Investment); вероятно...	Сумма знаний	100.000	34.023	67.011	14.03.2014	18:25:59
8. INF5 - частный критерий: ROI (Return On Investment); вероятно...	Семантический резонанс зна...	100.000	74.023	87.011	14.03.2014	18:26:02
8. INF5 - частный критерий: ROI (Return On Investment); вероятно...	Сумма знаний	100.000	34.023	67.011	14.03.2014	18:26:02
9. INF6 - частный критерий: разн. усл. и без усл. вероятностей; вер...	Семантический резонанс зна...	100.000	47.701	73.851	14.03.2014	18:26:04
9. INF6 - частный критерий: разн. усл. и без усл. вероятностей; вер...	Сумма знаний	100.000	34.023	67.011	14.03.2014	18:26:04
10. INF7 - частный критерий: разн. усл. и без усл. вероятностей; ве...	Семантический резонанс зна...	100.000	46.322	73.161	14.03.2014	18:26:05
10. INF7 - частный критерий: разн. усл. и без усл. вероятностей; ве...	Сумма знаний	100.000	34.023	67.011	14.03.2014	18:26:05

Рисунок 9. Результаты оценки достоверности моделей с различными частными и интегральными критериями

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 ив встречаются в реальных моделях.

Интегральный критерий «Семантический резонанс знаний» представляет собой суммарное количество знаний о переходе объекта в буду-

щие 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: М – 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 будущем 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 – среднее квадратичное отклонение частных критериев знаний вектора класса;

σ_l – среднее квадратичное 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.

При оценке достоверности моделей учитываются ошибки 1-го и 2-го рода, смысл которых разъясняется в Help данного режима, экранная форма которого приведена на рисунке 10:

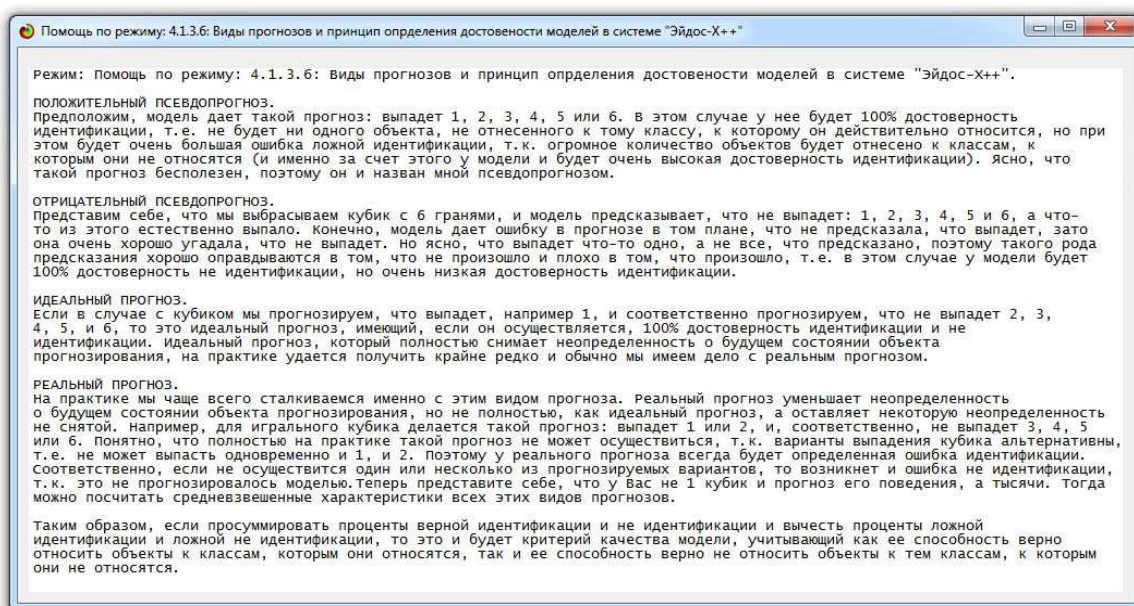


Рисунок 10. Виды ошибок прогнозирования

После этого в соответствии с порядком обработки данных, информации и знаний в АСК-анализе и системе «Эйдос» (см. рисунок 1), необходимо выбрать наиболее достоверную модель и сделать ее текущей, что осуществляется в режиме 5.6 (рисунки 11 и 12):

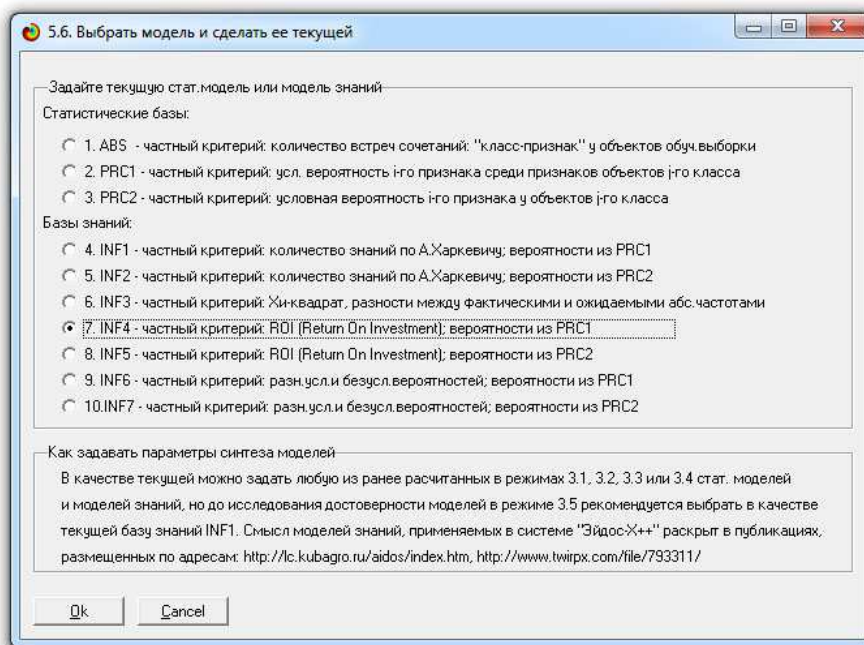


Рисунок 11. Режим выбора наиболее достоверной модели и назначения ее в качестве текущей

На рисунке 12 приведена экранная форма отображения стадии и прогноза времени исполнения данного режима:

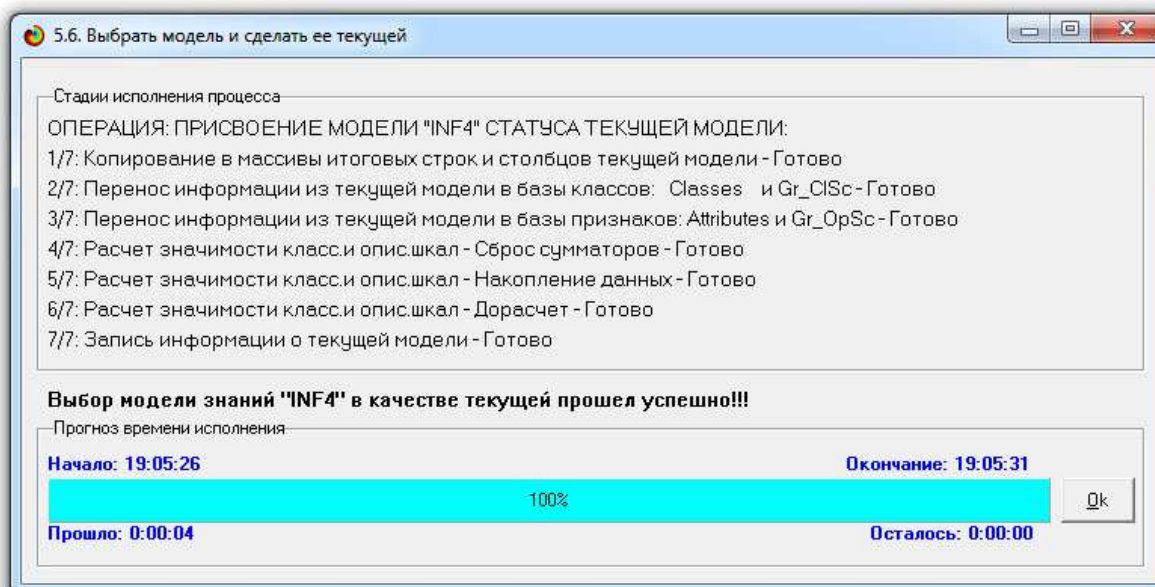


Рисунок 12. Экранная форма отображения стадии и прогноза времени исполнения режима 5.6.

Этот режим выполняется достаточно быстро даже на моделях очень большой размерности. Затем выполняем пакетное распознавание в режиме 4.1.2 (рисунок 13):

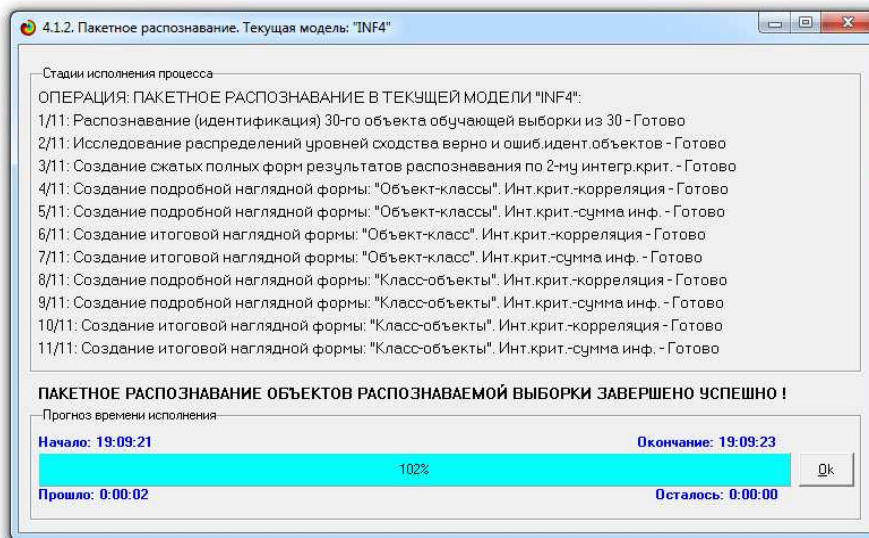


Рисунок 13. Экранная форма отображения стадии процесса и прогноза времени исполнения режима пакетного распознавания 4.1.2.

Ниже приведены результаты идентификации чисел по их свойствам в наиболее достоверной модели INF4 с интегральным критерием «Резонанс знаний» (рисунок 14):

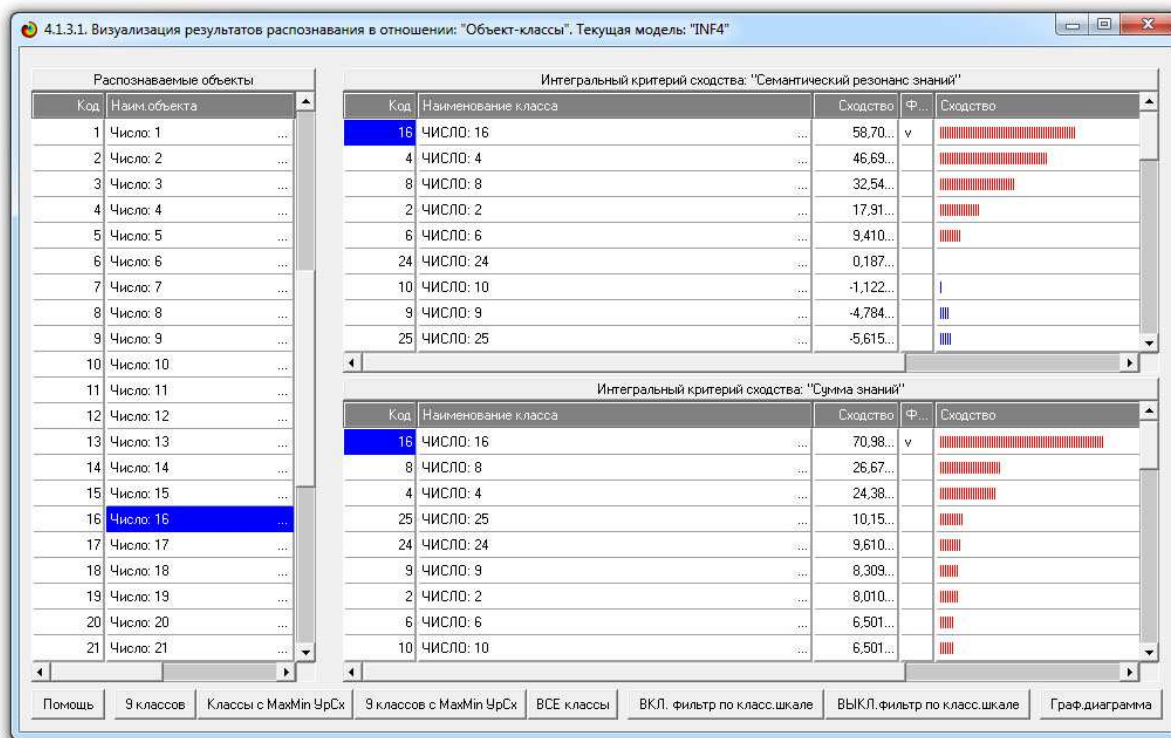


Рисунок 14. Результаты идентификации числа «16»

Из рисунка 14 видно, что по своим свойствам число 16 похоже в убывающей степени на числа: 4, 8, 2 и больше всего не похоже на 21, в меньшей степени на 30, 27, 18 и 11.

Информационные портреты чисел, формируемые режимом 4.2.1 системы «Эйдос» в модели знаний INF1, приведены на рисунках 15 и 16.

Ниже приведена вербализация, т.е. выражение словами, смысла этих информационных портретов:

- «для числа 16 является степенью числа 4 и числом в степени 4», – в этом высказывании содержится $2,733 \times 2$ бит информации;
- «число 16 делится на 4», – в этом высказывании содержится 0,897 бит информации;
- «число 30 имеет 3 простых сомножителя», – в этом высказывании содержится 2,644 бит информации;
- «число 30 делится на 15», – в этом высказывании содержится 1,989 бит информации;
- «число 30 имеет 6 делителей», – в этом высказывании содержится 1,989 бит информации.

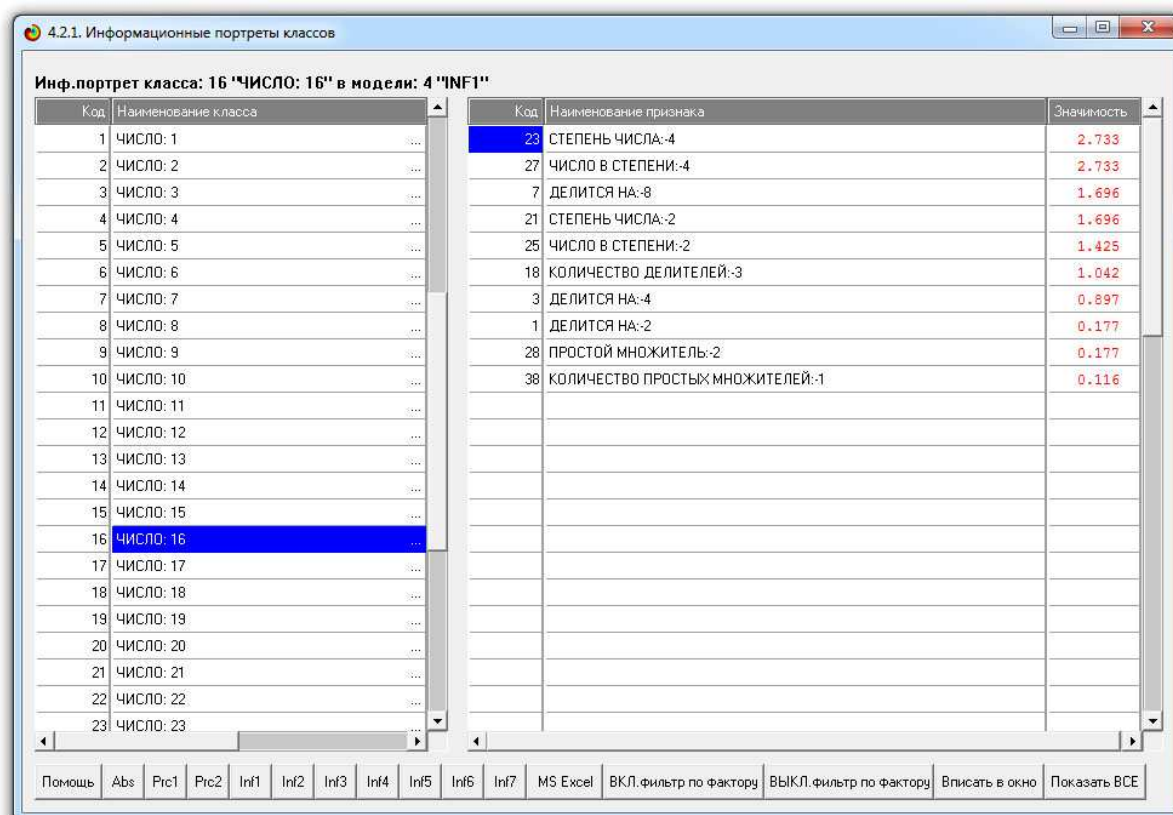


Рисунок 15. Информационный портрет числа «16» в модели знаний INF1 (семантическая мера информации А.Харкевича)

Код	Наименование признака	Значимость
40	КОЛИЧЕСТВО ПРОСТЫХ МНОЖИТЕЛЕЙ:3	2.644
14	ДЕЛИТСЯ НА:15	1.989
20	КОЛИЧЕСТВО ДЕЛИТЕЛЕЙ:6	1.989
9	ДЕЛИТСЯ НА:10	1.607
5	ДЕЛИТСЯ НА:6	1.124
4	ДЕЛИТСЯ НА:5	0.952
30	ПРОСТОЙ МНОЖИТЕЛЬ:5	0.952
2	ДЕЛИТСЯ НА:3	0.470
29	ПРОСТОЙ МНОЖИТЕЛЬ:3	0.470
1	ДЕЛИТСЯ НА:2	0.087
28	ПРОСТОЙ МНОЖИТЕЛЬ:2	0.087

Рисунок 16. Информационный портрет числа «30» в модели знаний INF1 (семантическая мера информации А.Харкевича)

Информационные (семантические) портреты признаков, формируемые режимом 4.3.1 системы «Эйдос» в модели знаний INF1, приведены на рисунках 17 и 18.

Ниже приведена вербализация, т.е. выражение словами, смысла этих информационных портретов:

- «если число делится на 2, то это 2», – в этом высказывании содержится 1,042 бит информации;
- «если число делится на 2, то это 22», – в этом высказывании содержится 0,659 бит информации;
- «если число делится на 2, то это 16», – в этом высказывании содержится 0,177 бит информации;
- «если у числа есть простой множитель 3, то это 3», – в этом высказывании содержится 1,425 бит информации;
- «если у числа есть простой множитель 3, то это 21», – в этом высказывании содержится 1,042 бит информации;
- «если у числа есть простой множитель 3, то это 6, 9, 15 или 27», – в этом высказывании содержится 0,897 бит информации.

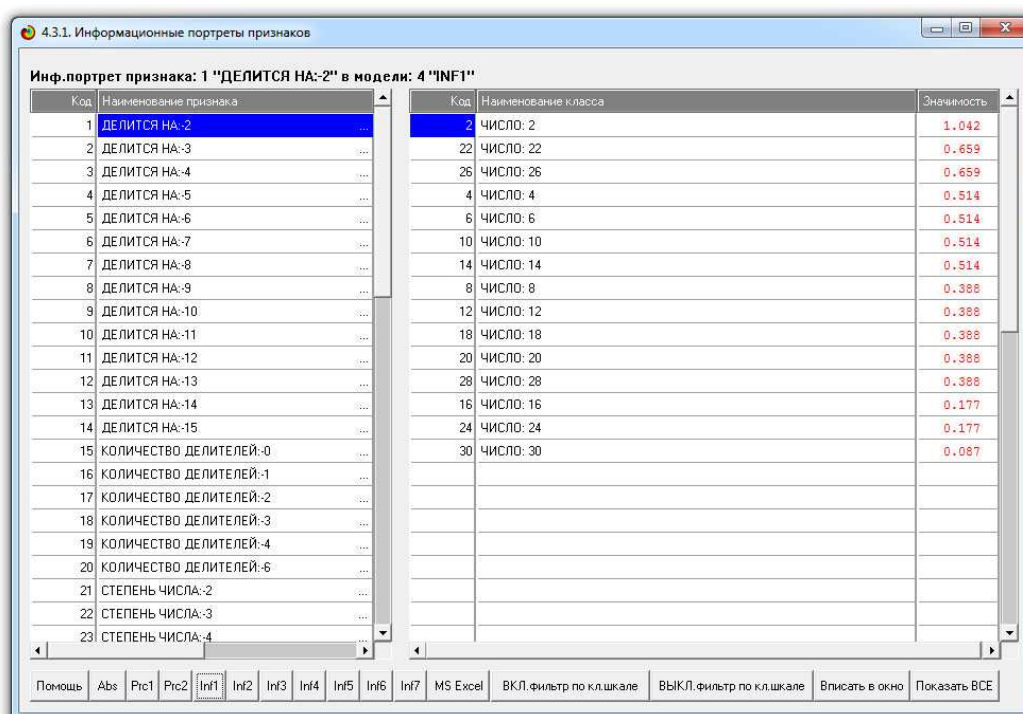


Рисунок 17. Семантический информационный портрет признака: «делится на 2» в модели знаний INF1 (мера информации А.Харкевича)

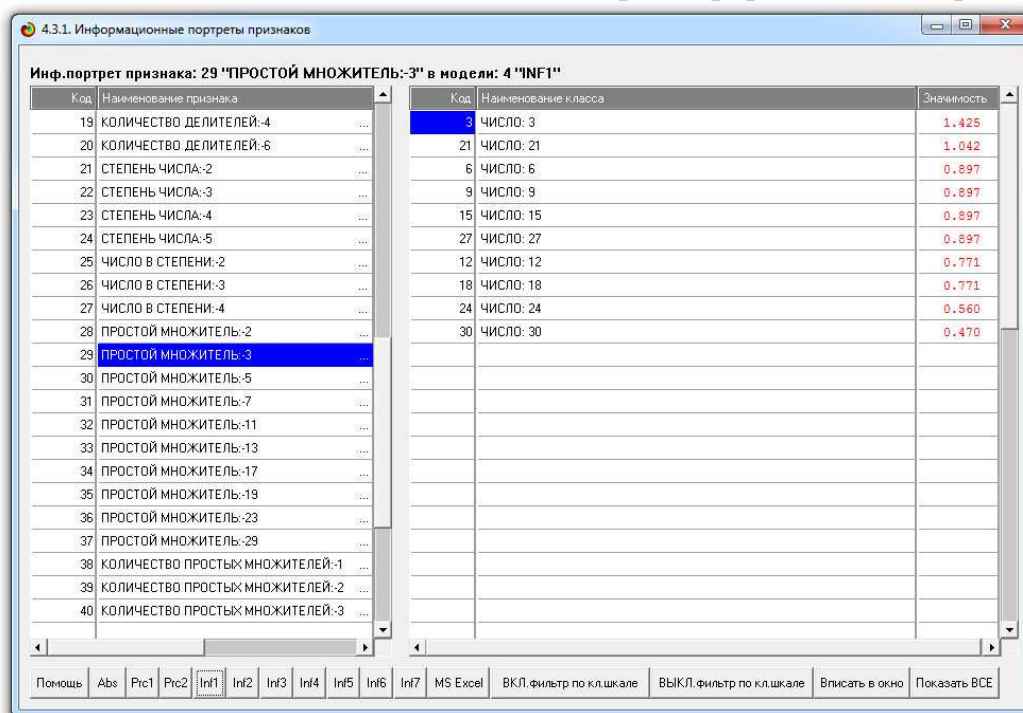


Рисунок 18. Семантический информационный портрет признака: «простой множитель 3» в модели знаний INF1 (мера А.Харкевича)

Когнитивные функции генерируются в режиме 4.5 (модуль визуализации когнитивных функций) и приведены на рисунках 19-24 [23, 24].

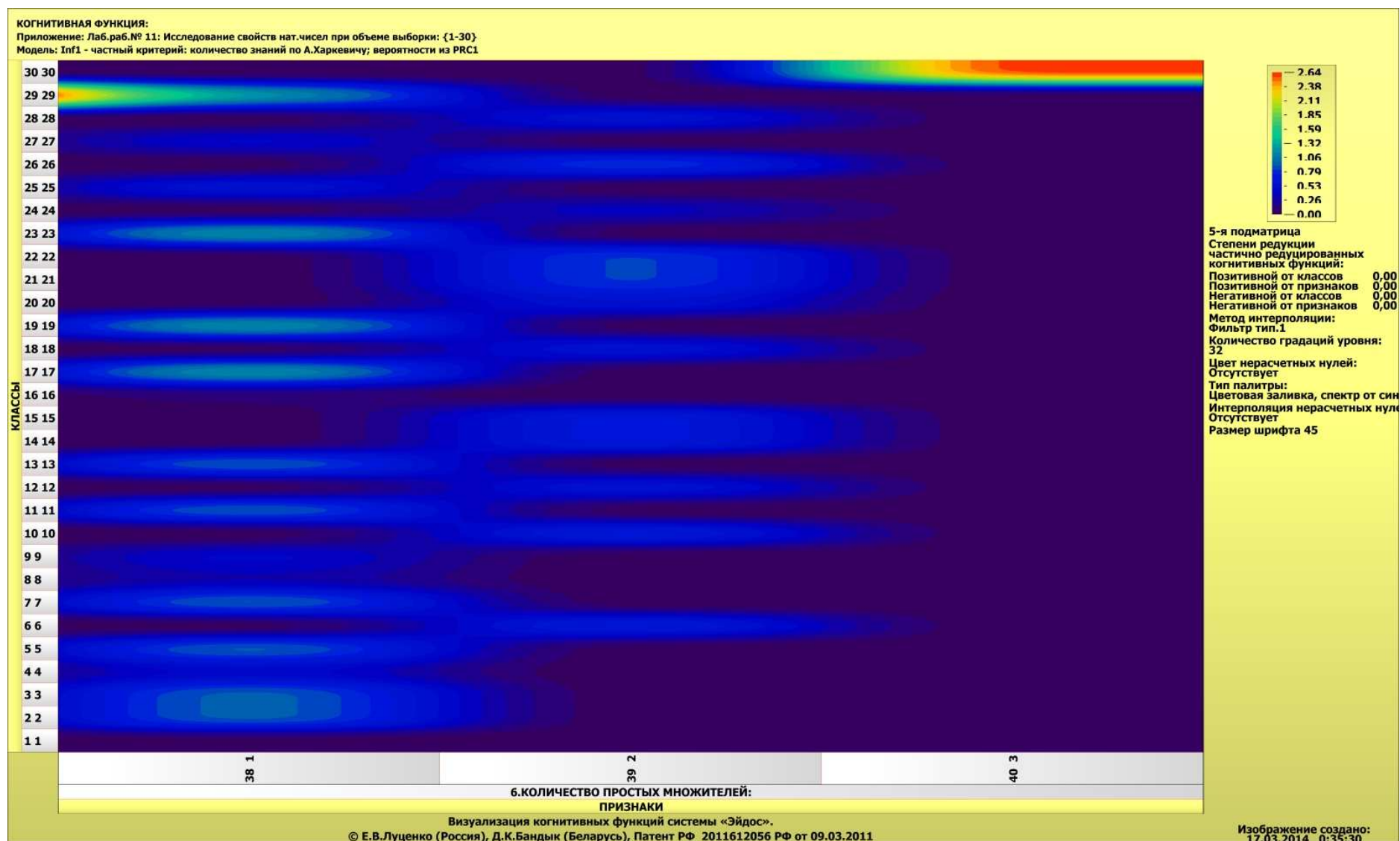


Рисунок 19. Когнитивная функция: «Количество информации в количестве простых множителей о числе» в модели знаний INF1 для выборки: {1-30}

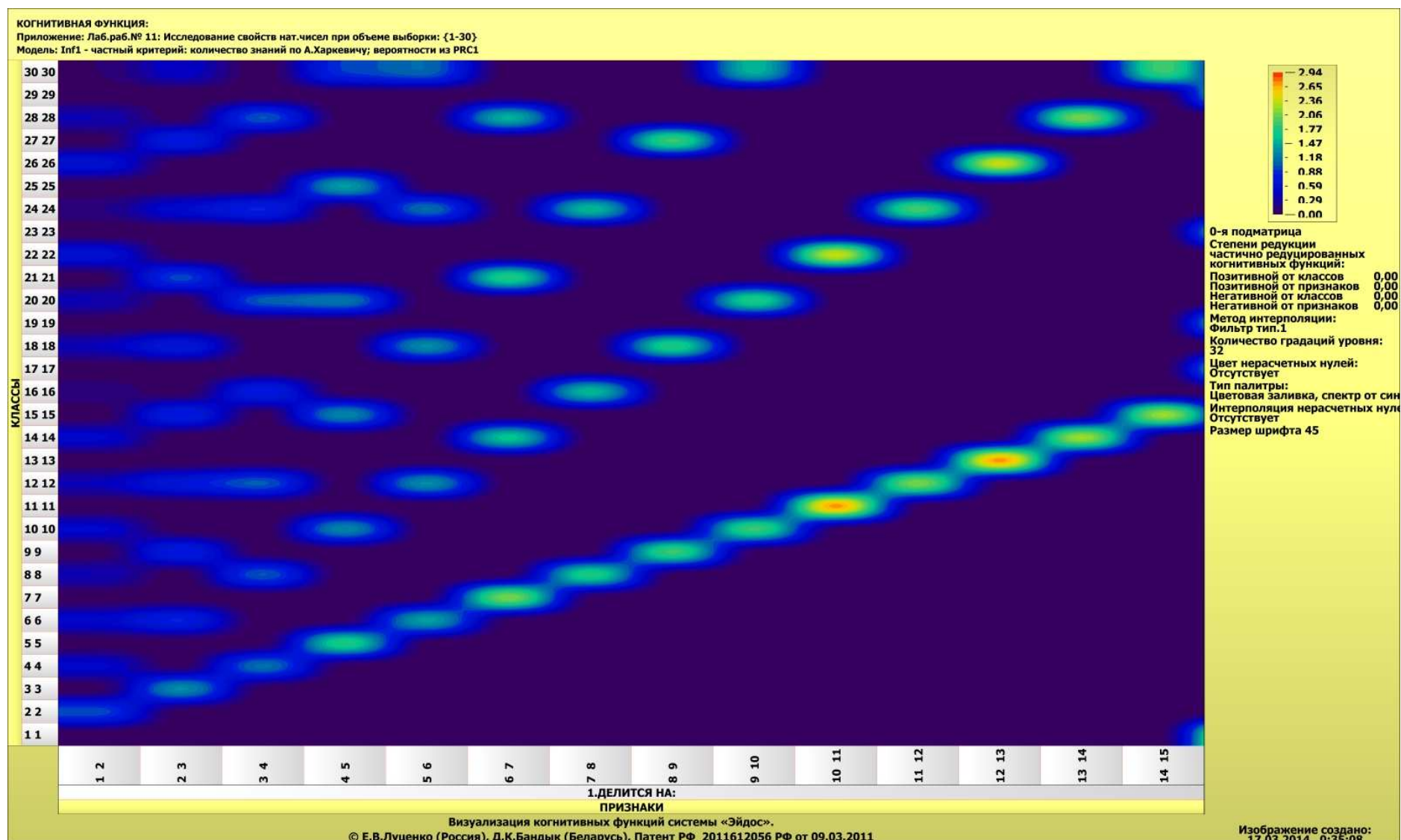


Рисунок 20. Когнитивная функция: «Количество информации в делителе о числе» в модели знаний INF1 для выборки: {1-30}

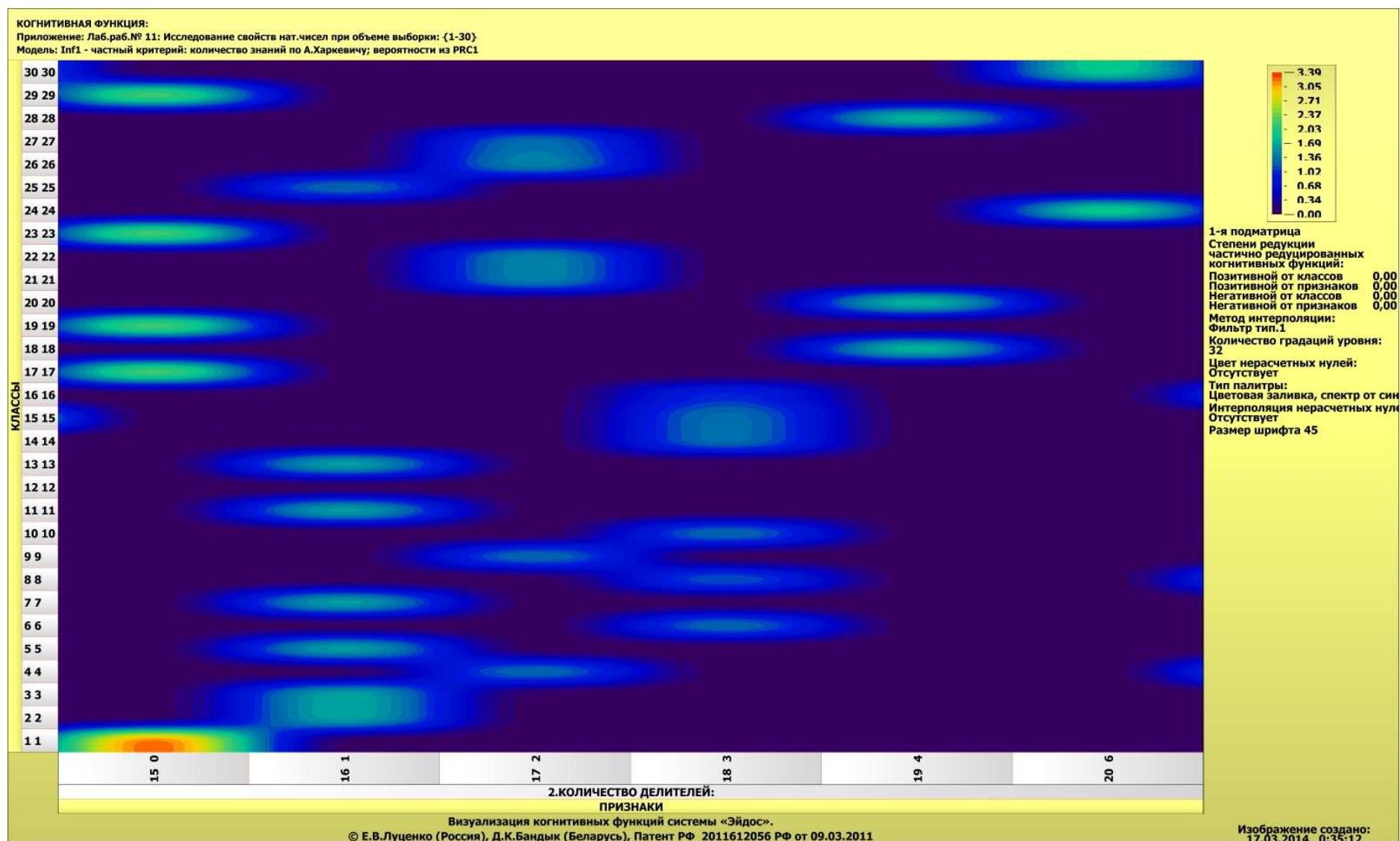


Рисунок 21. Когнитивная функция: «Количество информации в количестве делителей о числе» в модели знаний INF1 для выборки: {1-30}

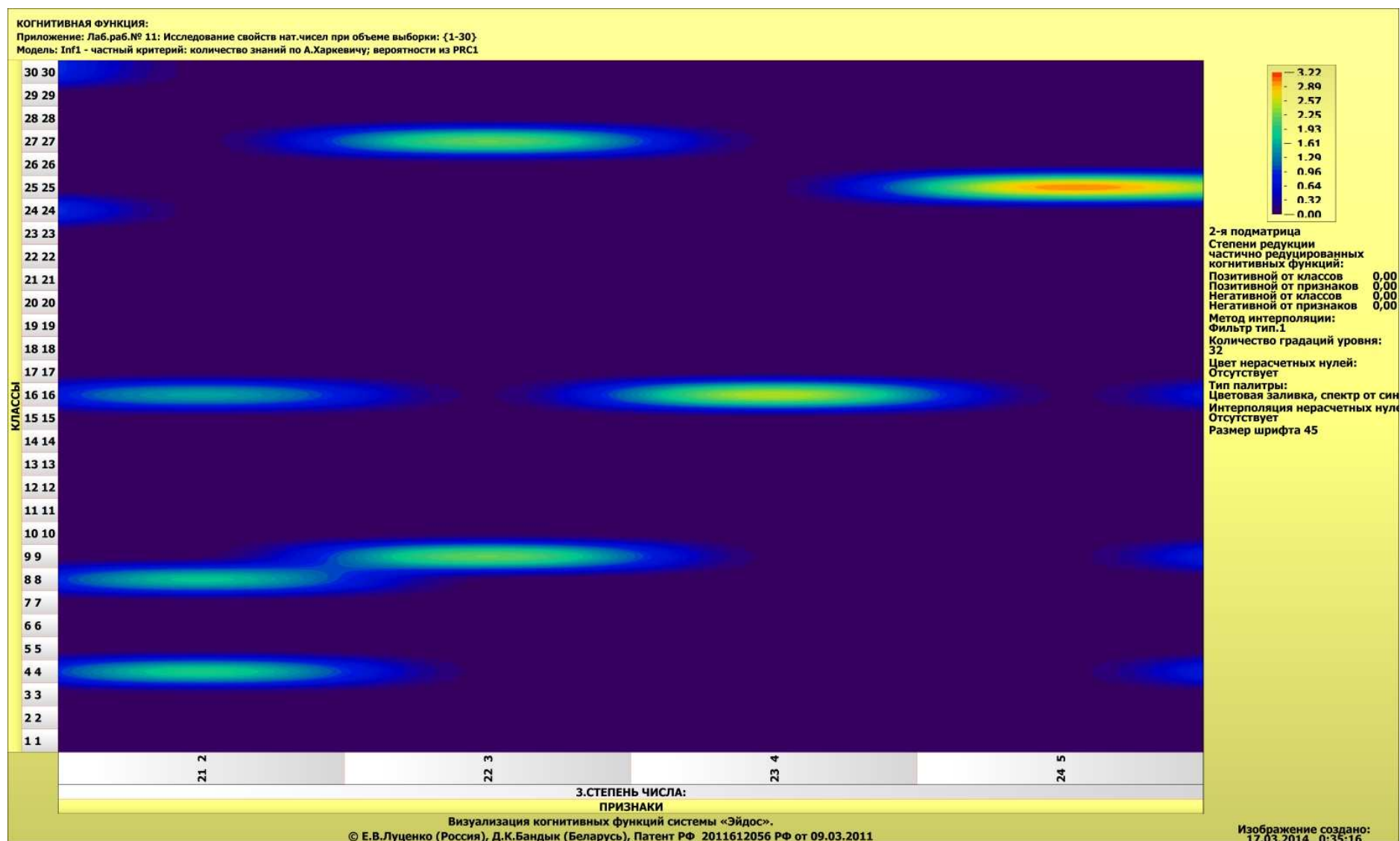


Рисунок 22. Когнитивная функция: «Количество информации в признаке «Степень числа» о числе» в модели знаний INF1 для выборки: {1-30}

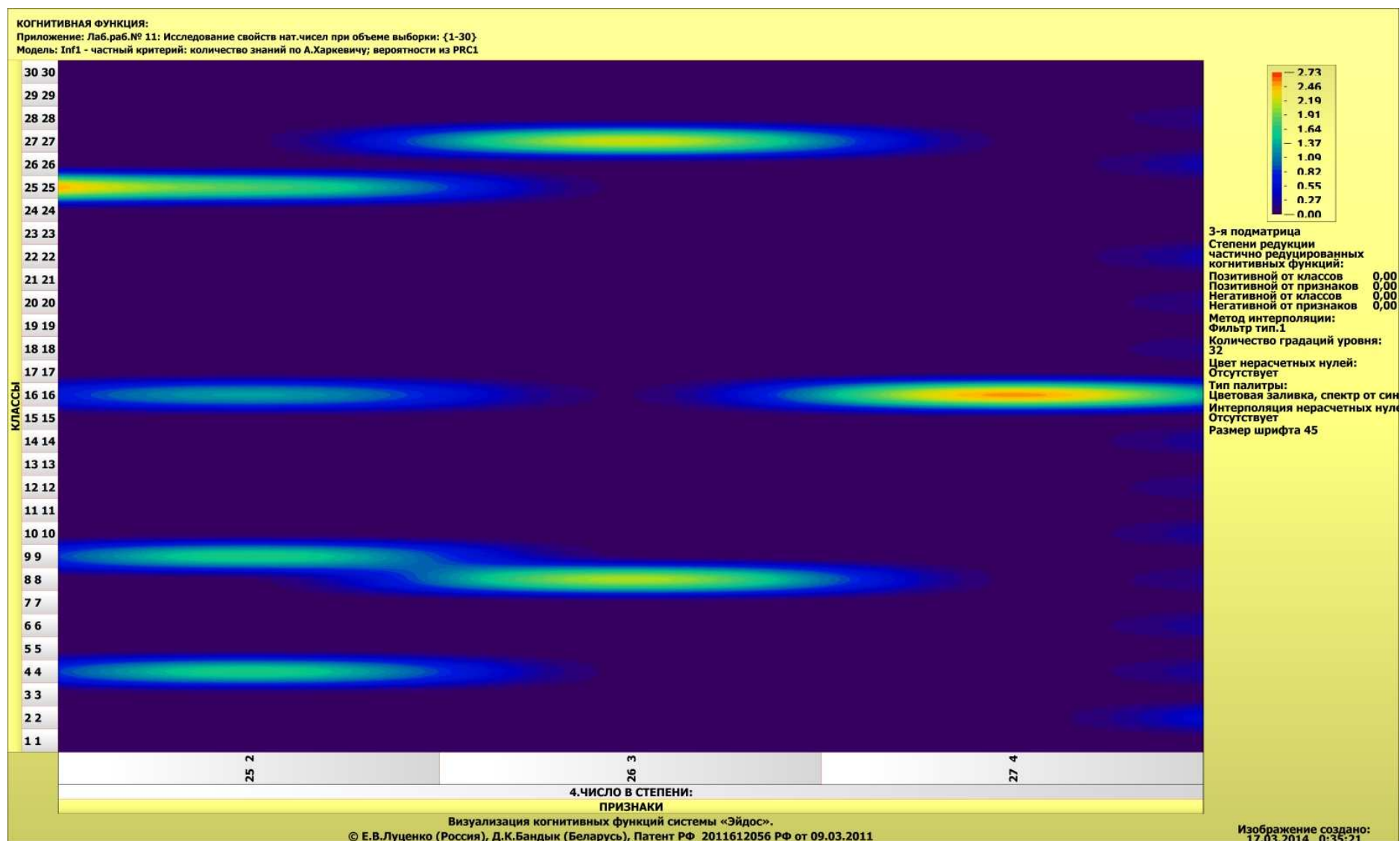


Рисунок 23. Когнитивная функция: «Количество информации в признаке: «Число в степени» о числе» в модели знаний INF1 для выборки: {1-30}

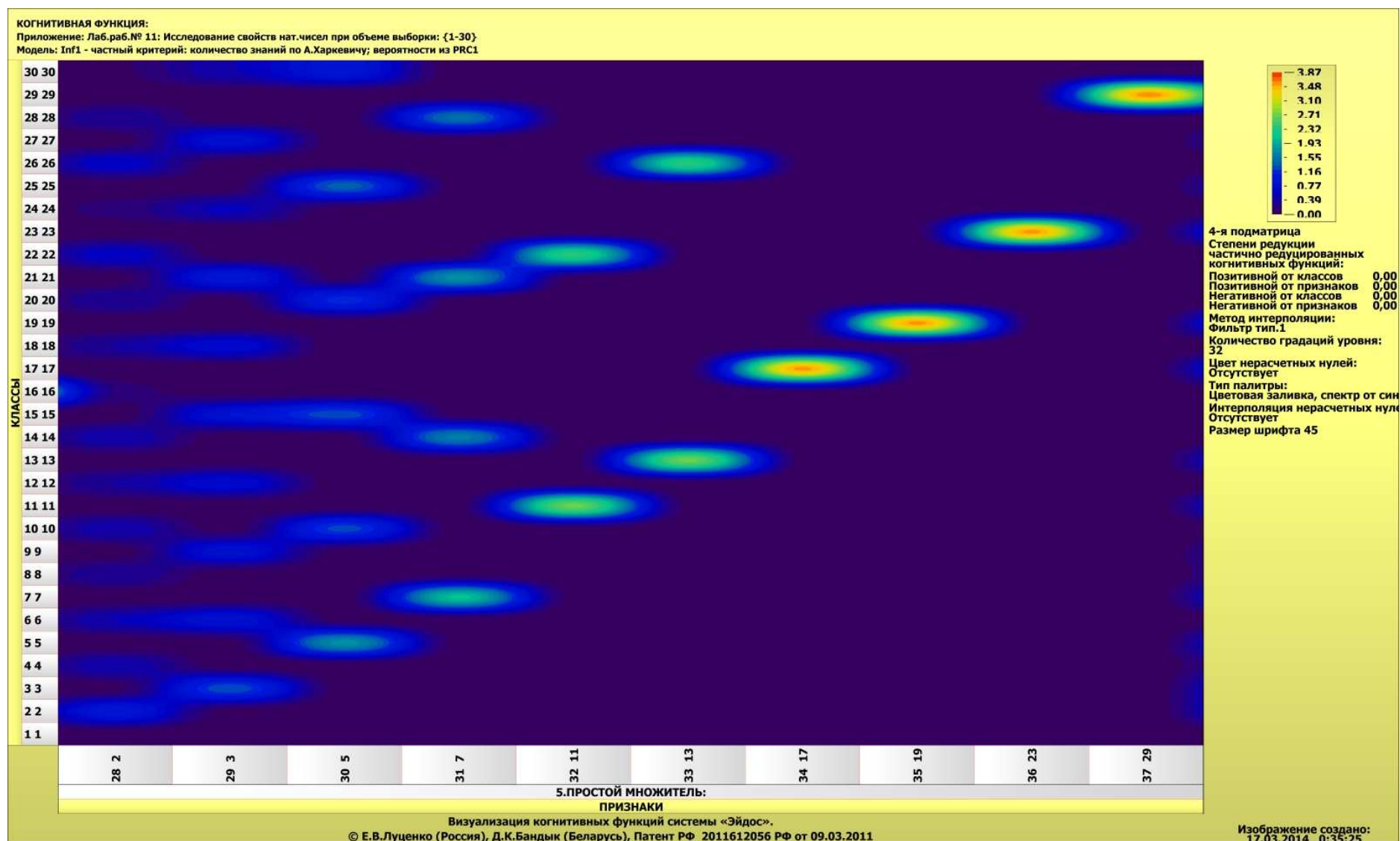


Рисунок 24. Когнитивная функция: «Количество информации в простых множителях о числе» в модели знаний INF1 для выборки: {1-30}

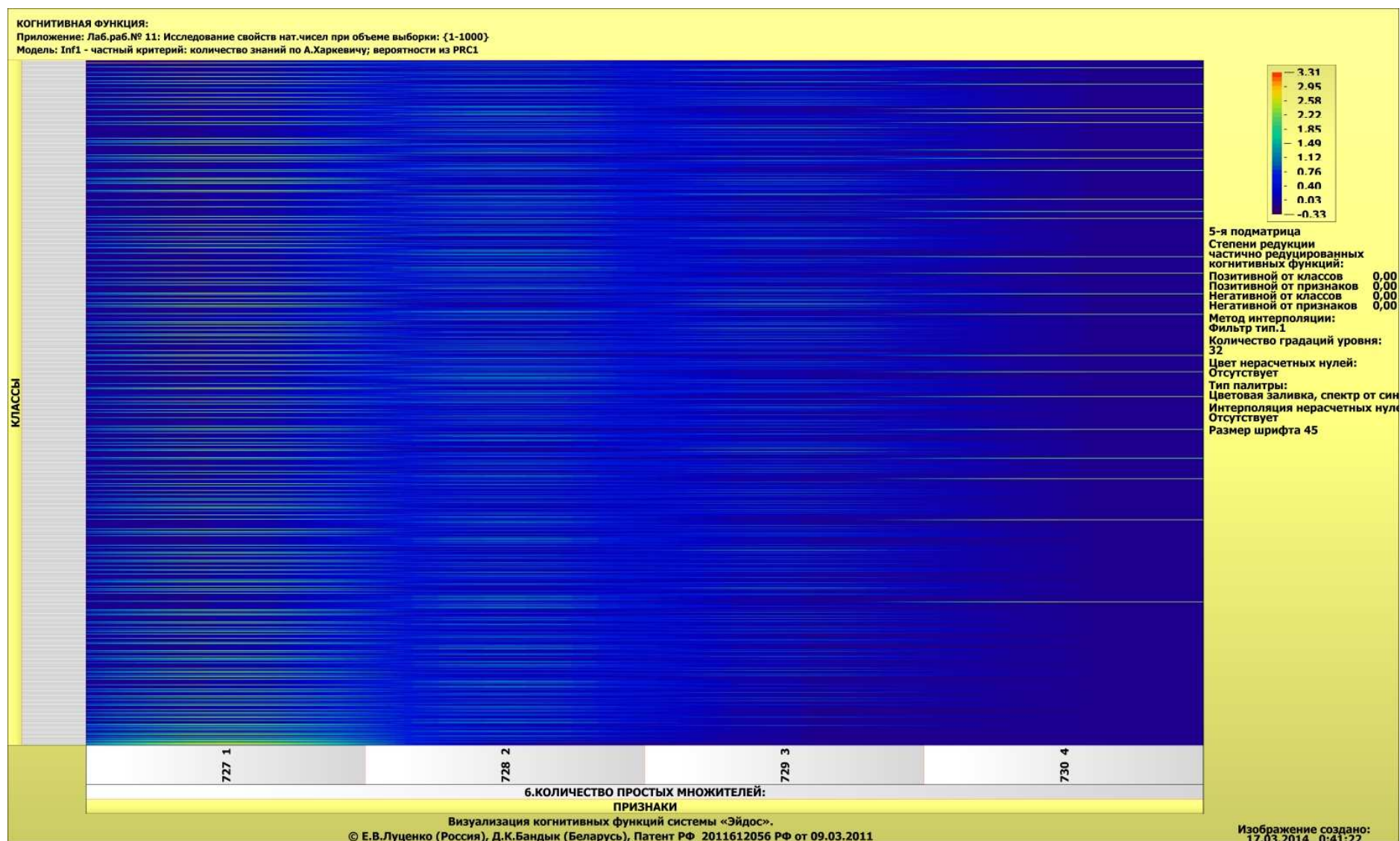


Рисунок 25. Когнитивная функция: «Количество информации в количестве простых множителей о числе»
 в модели знаний INF1 для выборки: {1-1000}

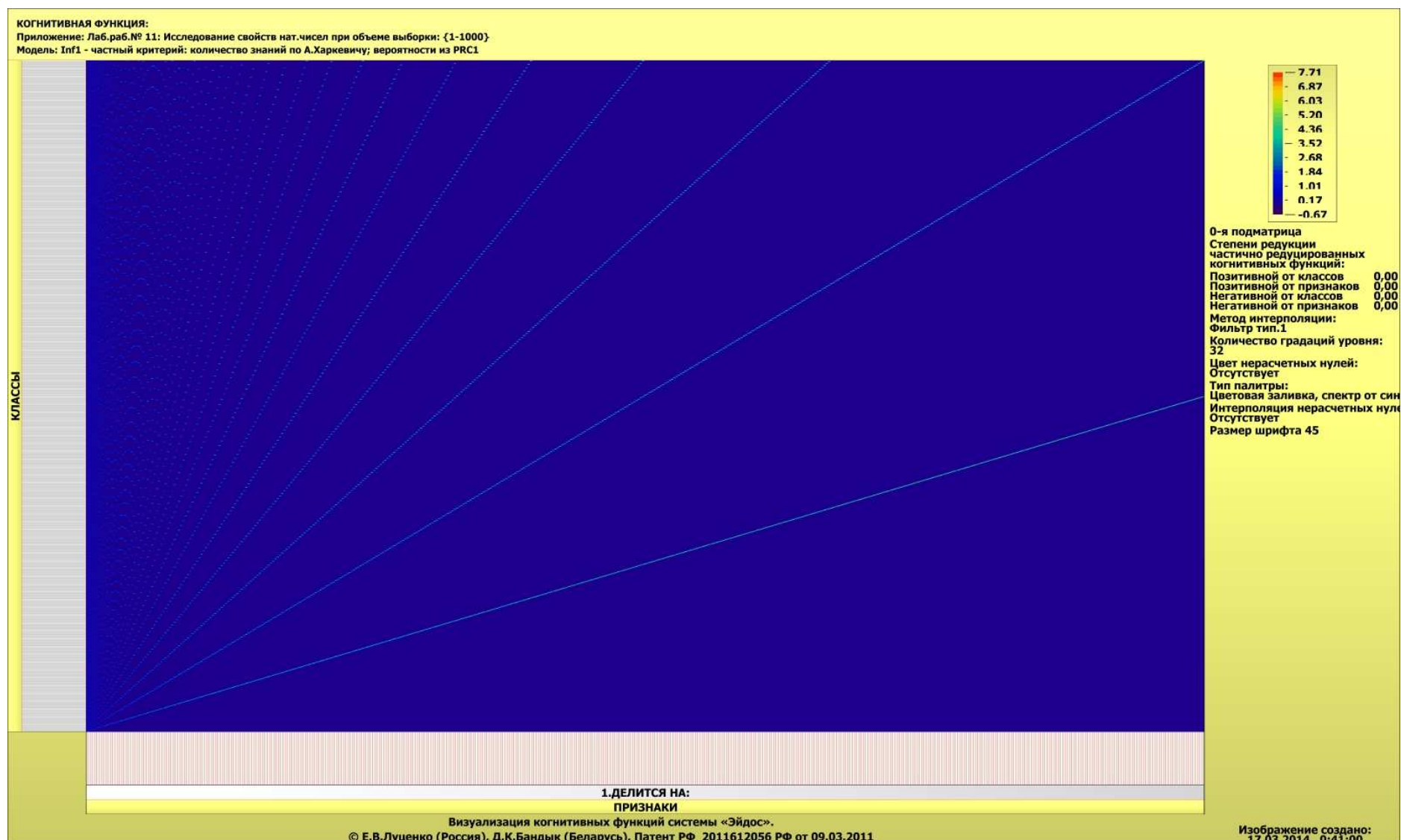


Рисунок 26. Когнитивная функция: «Количество информации в делителе о числе» в модели знаний INF1 для выборки: {1-1000}

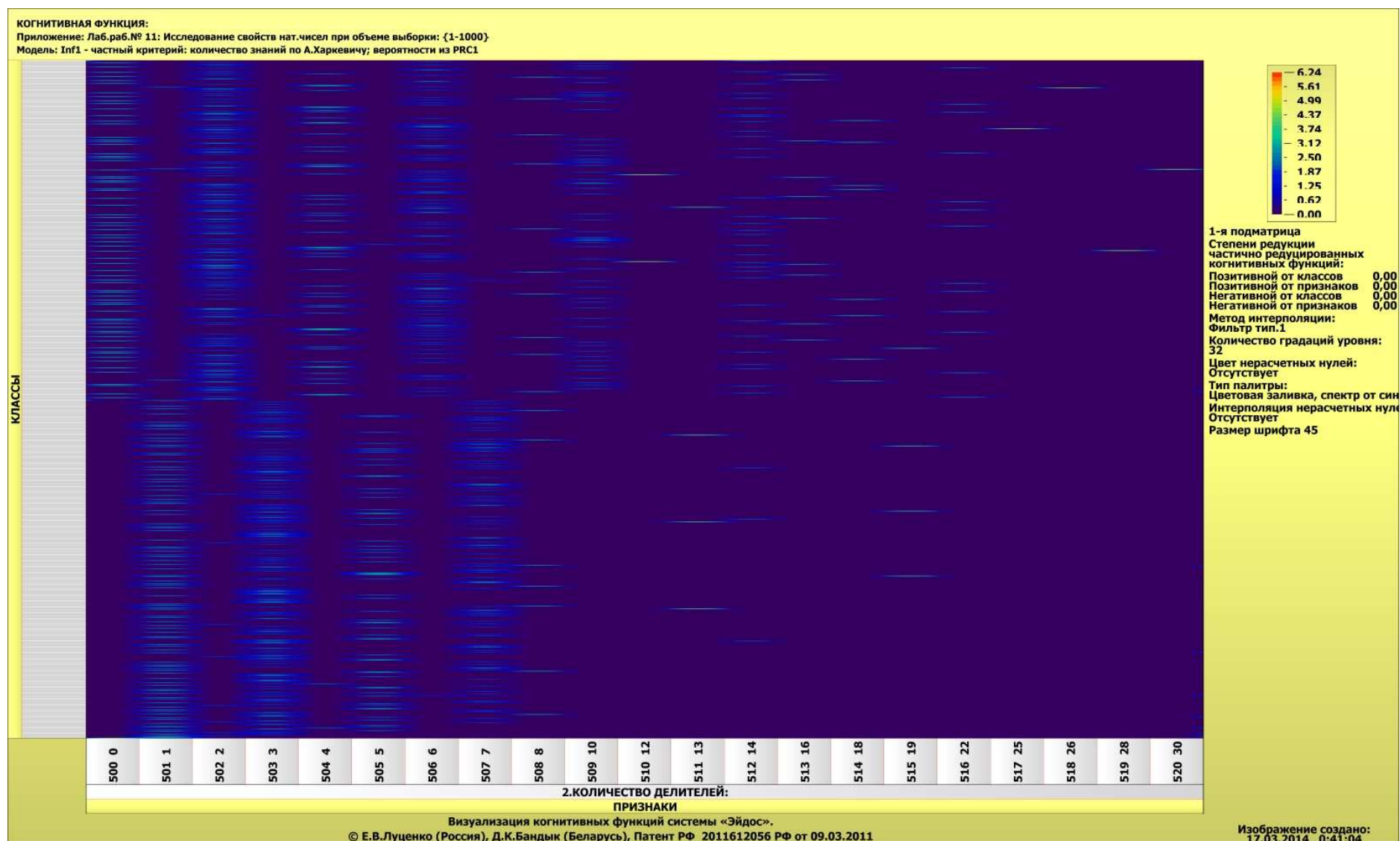


Рисунок 27. Когнитивная функция: «Количество информации в количестве делителей о числе» в модели знаний INF1 для выборки: {1-1000}

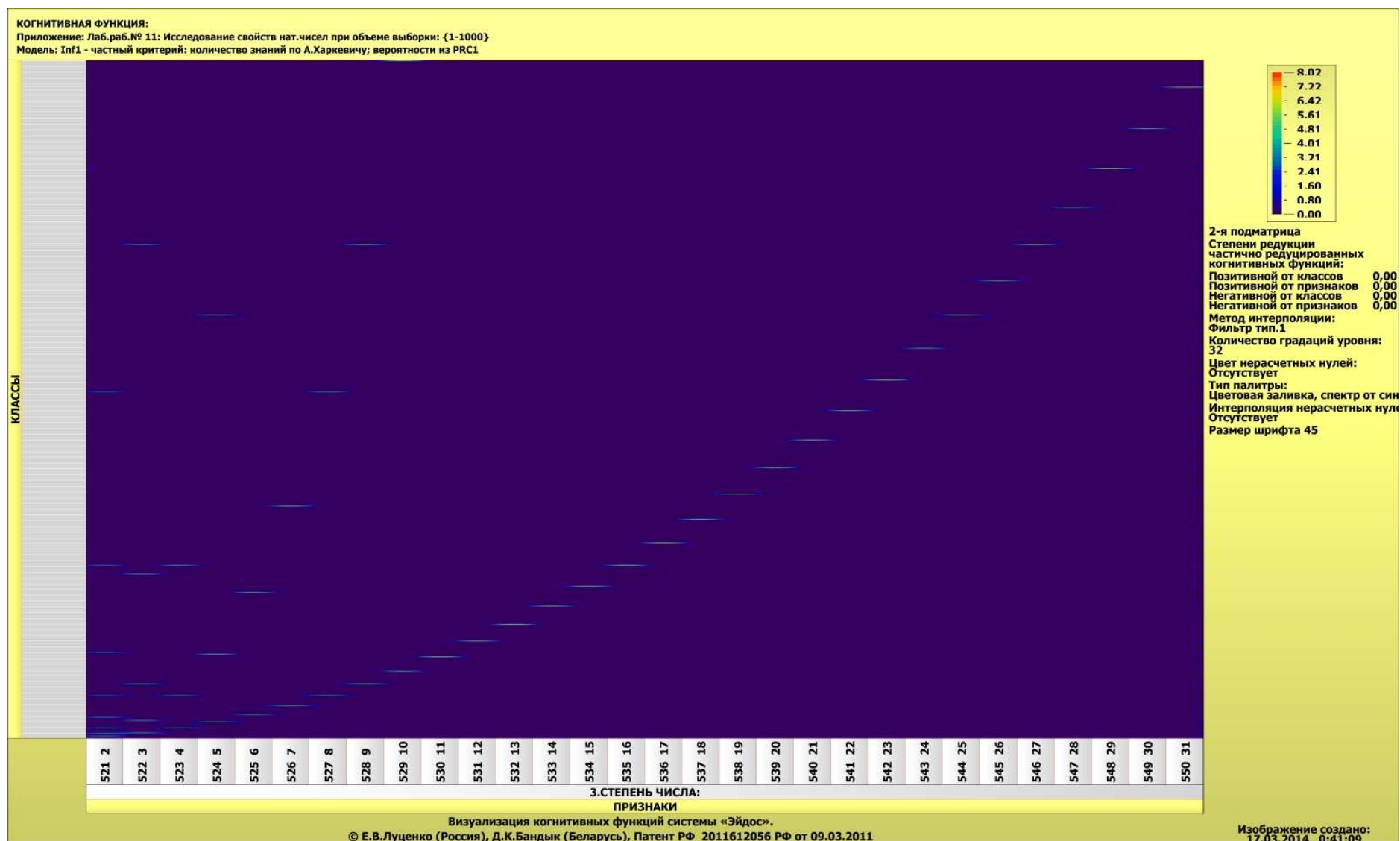


Рисунок 28. Когнитивная функция: «Количество информации в признаке «Степень числа» о числе» в модели знаний INF1 для выборки: {1-1000}

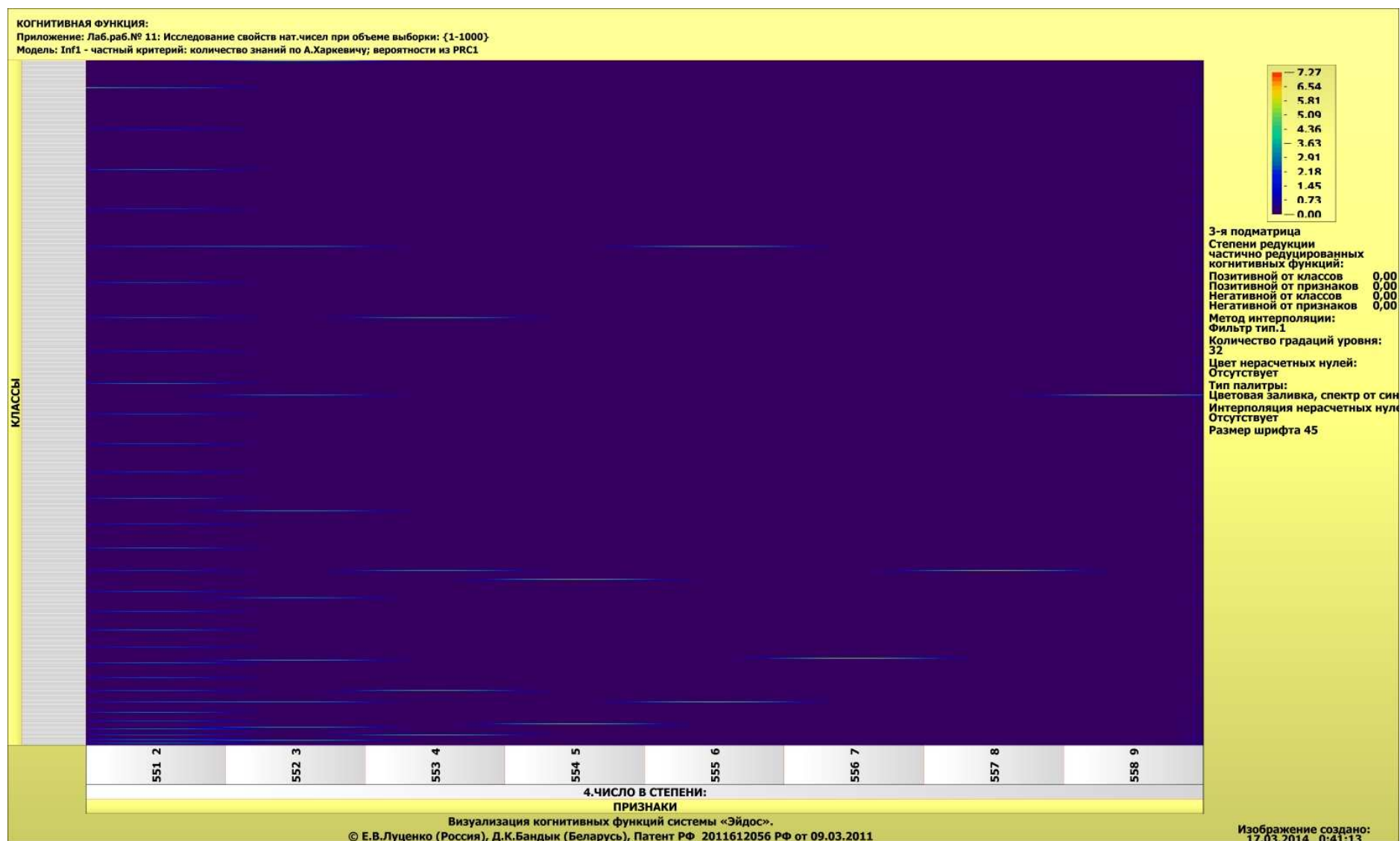


Рисунок 29. Когнитивная функция: «Количество информации в признаке: «Число в степени» о числе» в модели знаний INF1 для выборки: {1-1000}

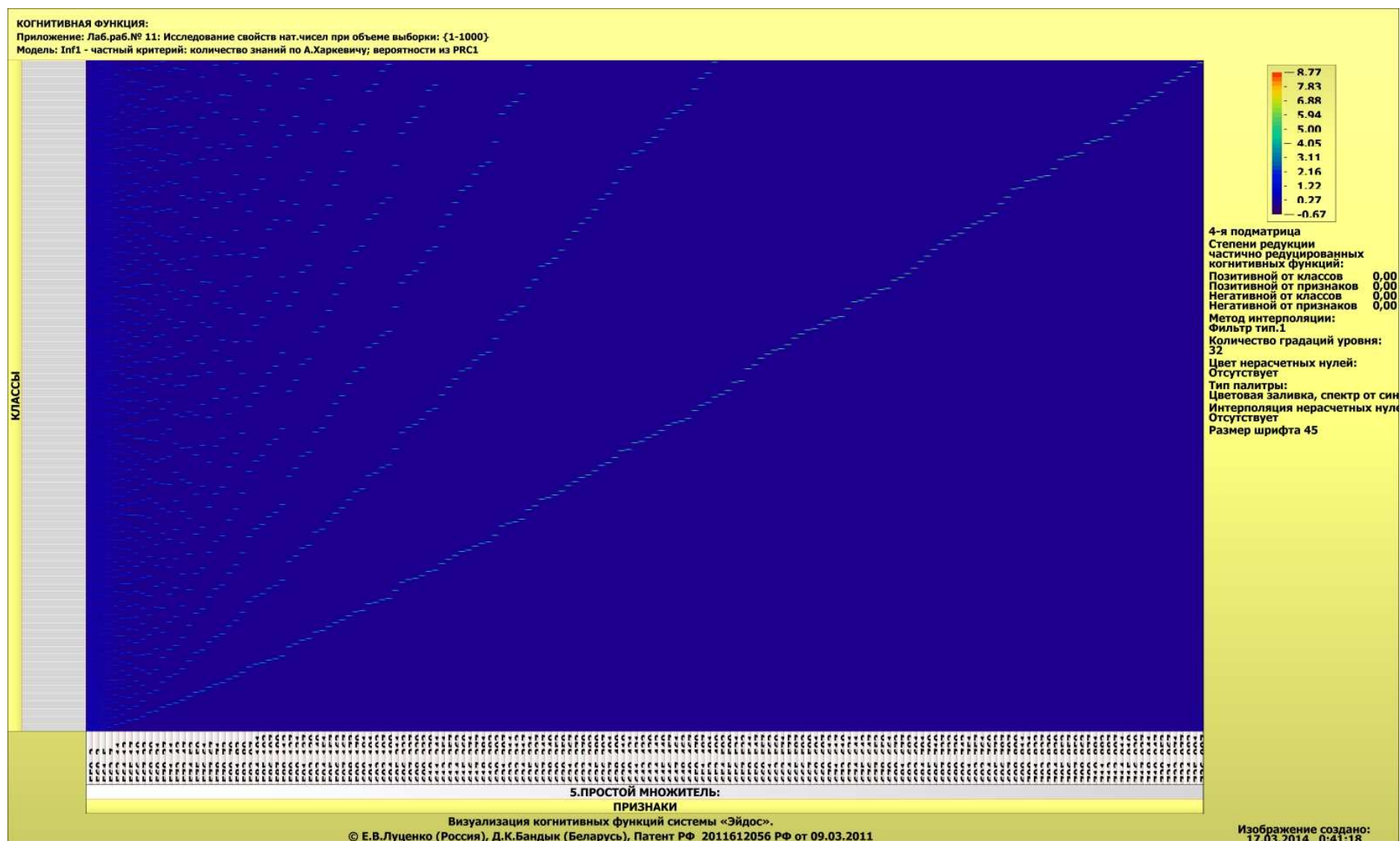


Рисунок 30. Когнитивная функция: «Количество информации в простых множителях о числе» в модели знаний INF1 для выборки: {1-1000}

Смысл когнитивных функций подробно раскрыт в ряде работ [23, 24] и в данной статье на этом вопросе останавливаться нецелесообразно.

Выводы.

Таким образом, опираясь на материалы данной статьи, мы высказываем *гипотезу*, что есть основания утвердительно ответить на вопрос: «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?» Мы предполагаем, что для исследования свойств чисел в теории чисел можно применять тот же метод, который ранее был 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, а также его программный инструментарий – интеллектуальную систему «Эйдос».

Конечно, надо признать, что приведенные в статье математические высказывания не очень напоминают формулировки каких-либо математических гипотез и тем более теорем, но, тем ни менее, они являются высказываниями о свойствах и отношениях абстрактных математических объектов (в данном случае натуральных чисел), причем, что мы считаем очень важным, с указанием количества информации в битах, содержащегося в этих высказываниях в рамках определенной модели.

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. 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.
2. Луценко Е.В. Универсальная автоматизированная система распознавания образов "Эйдос" (версия 4.1).-Краснодар: КЮИ МВД РФ, 1995.- 76с.
3. 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.
4. Симанков В.С., Луценко Е.В. Адаптивное управление сложными системами на основе теории распознавания образов. Монография (научное издание). – Краснодар: ТУ КубГТУ, 1999. - 318с.
5. 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.
6. 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.
7. Луценко Е.В. Интеллектуальные информационные системы: Учебное пособие для студентов специальности 351400 "Прикладная информатика (по отраслям)". – Краснодар: КубГАУ. 2004. – 633 с.
8. Луценко Е.В., Лойко В.И., Семантические информационные модели управления агропромышленным комплексом. Монография (научное издание). – Краснодар: КубГАУ. 2005. – 480 с.
9. 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.
10. 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.
11. 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.

12. 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.

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

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

15. 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.

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

17. 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

18. 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

19. 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

20. 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.

21. 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.

22. Луценко Е.В. Применение СК-анализа и системы «Эйдос» для синтеза когнитивной матричной передаточной функции сложного объекта управления на основе эмпирических данных / Е.В. Луценко, В.Е. Коржаков // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2012. – №01(075). С. 681 – 714. – Шифр Информрегистра: 0421200012\0008, IDA [article ID]: 0751201053. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2012/01/pdf/53.pdf>, 2,125 у.п.л.

23. Луценко Е.В., Бандык Д.К. Подсистема визуализации когнитивных (каузальных) функций системы «Эйдос» (Подсистема «Эйдос-VCF»). Пат. № 2011612056 РФ. Заяв. № 2011610347 РФ 20.01.2011. Опубл. от 09.03.2011.

24. Луценко Е.В. Когнитивные функции как обобщение классического понятия функциональной зависимости на основе теории информации в системной нечеткой интервальной математике / Е.В. Луценко, А.И. Орлов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – №01(095). С. 122 – 183. – IDA [article ID]: 0951401007. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2014/01/pdf/07.pdf>, 3,875 у.п.л.

References

1. Lucenko E.V. Teoreticheskie osnovy, tehnologija i instrumentarij avtomatizirovannogo sistemno-kognitivnogo analiza i vozmozhnosti ego primeneniya 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.

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

3. 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.

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

5. 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.

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

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

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

9. Lucenko E.V. Intellektual'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.

10. Lucenko E.V. Laboratornyj praktikum po intellektual'nym 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.

11. Napriev I.L., Lucenko E.V., Chistilin A.N. *Образ-Я и стиливые особенности деятельности сотрудников органов внутренних дел в экстремальных условиях*. Монография (научное издание). – Краснодар: КубГАУ. 2008. – 262 с.

12. Lucenko E. V., Lojko V.I., Velikanova L.O. *Прогнозирование и принятие решений в растениеводстве с применением технологий искусственного интеллекта*: Монография (научное издание). – Краснодар: КубГАУ, 2008. – 257 с.

13. Trunев A.P., Lucenko E.V. *Астросоциотипология*: Монография (научное издание). – Краснодар: КубГАУ, 2008. – 264 с.

14. Lucenko E.V., Korzhakov V.E., Laptev V.N. *Теоретические основы и технология применения системно-когнитивного анализа в автоматизированных системах обработки информации и управления (ASOIU) (на примере ASU вузов)*: Под науч. ред. д.е.н., проф. E.V.Lucenko. Монография (научное издание). – Майкоп: АГУ. 2009. – 536 с.

15. Lucenko E.V., Korzhakov V.E., Ermolenko V.V. *Интеллектуальные системы в контроллинге и менеджменте средних и малых фирм*: Под науч. ред. д.е.н., проф. E.V.Lucenko. Монография (научное издание). – Майкоп: АГУ. 2011. – 392 с.

16. Napriev I.L., Lucenko E.V. *Образ-я и стиливые 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

17. Trunев A.P., Lucenko E.V. *Автоматизированный системно-когнитивный анализ влияния факторов космической среды на ноосферу, магнитосферу и литосферу Земли*: Под науч. ред. д.т.н., проф. V.I.Lojko. Монография (научное издание). – Краснодар, КубГАУ. 2012. – 480 с. ISBN 978-5-94672-519-4

18. Trubilin A.I., Baranovskaja T.P., Lojko V.I., Lucenko E.V. *Модели и методы управления экономикой АПК региона*. Монография (научное издание). – Краснодар: КубГАУ. 2012. – 528 с. ISBN 978-5-94672-584-2

19. Gorpинchenko K.N., Lucenko E.V. *Прогнозирование и принятие решений по выбору агротехнологий в зерновом производстве с применением методов искусственного интеллекта (на примере SK-анализа)*. Монография (научное издание). – Краснодар, КубГАУ. 2013. – 168 с. ISBN 978-5-94672-644-3

20. Lucenko E.V. *Методологические аспекты выявления, представления и использования знаний в ASK-анализе и интеллектуальной системе «Jejdos»* / E.V. Lucenko // *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.

21. Lucenko E.V. *Метризация измерительных шкал различных типов и совместная сопоставимая количественная обработка разнородных факторов в системно-когнитивном анализе и системе «Jejdos»* / E.V. Lucenko // *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.

22. Lucenko E.V. *Применение SK-анализа и системы «Jejdos» для синтеза когнитивной матричной передаточной функции сложного объекта управления на основе эмпирических данных* / E.V. Lucenko, V.E. Korzhakov // *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]*. – Краснодар: КубГАУ, 2012. – №01(075). С. 681 – 714. – Шифр Информрегистра: 0421200012\0008, IDA [article ID]: 0751201053. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2012/01/pdf/53.pdf>, 2,125 у.п.л.

23. Lucenko E.V., Bandyk D.K. Podsystema vizualizacii kognitivnyh (kauzal'nyh) funkcij sistemy «Jejdos» (Podsystema «Jejdos-VCF»). Pat. № 2011612056 RF. Zajav. № 2011610347 RF 20.01.2011. Opubl. ot 09.03.2011.

24. Lucenko E.V. Kognitivnye funkicii kak obobshhenie klassicheskogo ponjatija funkcional'noj zavisimosti na osnove teorii informacii v sistemnoj nechetkoj interval'noj matematike / E.V. Lucenko, A.I. Orlov // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2014. – №01(095). S. 122 – 183. – IDA [article ID]: 0951401007. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2014/01/pdf/07.pdf>, 3,875 u.p.l.