

УДК 004.8

Автоматизированный системно-когнитивный анализ данных о возможности возникновения сердечного приступа

Чубенко Дмитрий Андреевич
студент факультета ПИ, группы ИТ1823
ronex.genby1914@yandex.ru

*Кубанский государственный аграрный университет
имени И.Т.Трубилина, Краснодар, Россия*

Целью данной работы является изучение данных о возможности возникновения сердечного приступа у различных групп людей. Достижение данной цели представляет большой личный интерес. Для нас это позволит получить знания в работе с универсальной когнитивной аналитической системой «Эйдос-X++», а также получить зачет. Для достижения поставленной цели применяется Автоматизированный системно-когнитивный анализ (АСК-анализ) и его программный инструментарий – интеллектуальная система «Эйдос».

Ключевые слова: АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ СИСТЕМНО-КОГНИТИВНЫЙ АНАЛИЗ, АСК-АНАЛИЗ, СИСТЕМА «ЭЙДОС».

Automated system-cognitive analysis of data on the possibility of a heart attack

Chubenko Dmitry Andreevich student of the Faculty of PI, IT1823 group
ronex.genby1914@yandex.ru

Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Krasnodar, Russia

The purpose of this work is to study data on the possibility of a heart attack in different groups of people. Achieving this goal is of great personal interest. For us, this will allow us to gain knowledge in working with the universal cognitive analytical system "Aidos-X++", as well as get a credit. To achieve this goal, an Automated system-cognitive analysis (ASK-analysis) and its software tools – the intelligent system "Aidos" are used.

Key words: AUTOMATED SYSTEM-COGNITIVE ANALYSIS, ASC-ANALYSIS, "AIDOS" SYSTEM.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ЗАДАЧА 1: КОГНИТИВНАЯ СТРУКТУРИЗАЦИЯ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ	7
ЗАДАЧА 2: ПОДГОТОВКА ИСХОДНЫХ ДАННЫХ И ФОРМАЛИЗАЦИЯ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ	8
ЗАДАЧА 3: СИНТЕЗ И ВЕРИФИКАЦИЯ СТАТИСТИЧЕСКИХ И СИСТЕМНО-КОГНИТИВНЫХ МОДЕЛЕЙ И ВЫБОР НАИБОЛЕЕ ДОСТОВЕРНОЙ ИЗ НИХ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ	12
ЗАДАЧА 4: РЕШЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ЗАДАЧ В НАИБОЛЕЕ ДОСТОВЕРНОЙ МОДЕЛИ	20
Подзадача 4.1. Прогнозирование (диагностика, классификация, распознавание, идентификация)	20
Подзадача 4.2. Поддержка принятия решений (SWOT-анализ)	23
Подзадача 4.3. Исследование моделируемой предметной области путем исследования ее модели	27
4.3.1. Когнитивные диаграммы классов.....	27
4.3.2. Агломеративная когнитивная кластеризация классов.....	28
4.3.3. Когнитивные диаграммы значений факторов	30
4.3.4. Агломеративная когнитивная кластеризация значений факторов	31
4.3.5. Нелокальные нейроны и нелокальные нейронные сети.....	33
4.3.6. 3D-интегральные когнитивные карты	35
4.3.7. Когнитивные функции	35
4.3.8. Сила и направление влияния значений характеристик риска возникновения сердечного приступа	44
4.3.9. Степень детерминированности класса (результата) возникновения сердечного приступа	47
7. ВЫВОДЫ	48
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	49

Введение

Целью данной работы является изучение данных о возможности возникновения сердечного приступа.

Достижение данной цели представляет большой личный интерес. Для нас это позволит получить знания в работе с универсальной когнитивной аналитической системой «Эйдос-X++», а также получить зачет.

АСК-анализ предполагает, что для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи, которые получаются путем декомпозиции цели и являются этапами ее достижения:

Задача 1: когнитивная структуризация предметной области.

Задача 2: подготовка исходных данных и формализация предметной области.

Задача 3: синтез и верификация статистических и системно-когнитивных моделей и выбор наиболее достоверной модели.

Задача 4: решение различных задач в наиболее достоверной модели:

- подзадача 4.1. Прогнозирование (диагностика, классификация, распознавание, идентификация);
- подзадача 4.2. Поддержка принятия решений;
- подзадача 4.3. Исследование моделируемой предметной области путем исследования ее модели (когнитивные диаграммы классов и значений факторов, агломеративная когнитивная кластеризация классов и значений факторов, нелокальные нейроны и нейронные сети, 3d-интегральные когнитивные карты, когнитивные функции).

Эти задачи, по сути, представляют собой **этапы** автоматизированного системно-когнитивный анализа (АСК-анализ), который поэтому и предлагается применить для их решения.

АСК-анализ представляет собой метод искусственного интеллекта, разработанный проф. Е.В. Луценко в 2002 году для решения широкого класса задач идентификации, прогнозирования, классификации, диагностики, поддержки принятия решений и исследования моделируемой предметной области путем исследования ее модели. АСК-анализ доведен до **инновационного** уровня благодаря тому, что имеет свой программный инструментарий – универсальную когнитивную аналитическую систему «Эйдос-X++» (система «Эйдос»).

Система «Эйдос» выгодно отличается от других интеллектуальных систем следующими параметрами:

- разработана в универсальной постановке, не зависящей от предметной области. Поэтому она является универсальной и может быть применена во многих предметных областях (<http://lc.kubagro.ru/aidos/index.htm>), в которых не требуется автоматического, т.е. без непосредственного участия человека в реальном времени решения

задач идентификации, прогнозирования, принятия решений и исследования предметной области;

- находится в полном открытом бесплатном доступе (http://lc.kubagro.ru/aidos/_Aidos-X.htm), причем с актуальными исходными текстами (http://lc.kubagro.ru/_AIDOS-X.txt);

- является одной из первых отечественных систем искусственного интеллекта персонального уровня, т.е. не требует от пользователя специальной подготовки в области технологий искусственного интеллекта: «имеет нулевой порог входа» (есть акт внедрения системы «Эйдос» 1987 года) (<http://lc.kubagro.ru/aidos/aidos02/PR-4.htm>);

- обеспечивает устойчивое выявление в сопоставимой форме силы и направления причинно-следственных зависимостей в неполных зашумленных взаимозависимых (нелинейных) данных очень большой размерности числовой и не числовой природы, измеряемых в различных типах шкал (номинальных, порядковых и числовых) и в различных единицах измерения (т.е. не предъявляет жестких требований к данным, которые невозможно выполнить, а обрабатывает те данные, которые есть);

- содержит большое количество локальных (поставляемых с инсталляцией) и облачных учебных и научных Эйдос-приложений (в настоящее время их 31 и 246, соответственно) (http://lc.kubagro.ru/aidos/Presentation_Aidos-online.pdf);

- поддерживает on-line среду накопления знаний и широко используется во всем мире (<http://aidos.byethost5.com/map5.php>);

- обеспечивает мультязычную поддержку интерфейса на 51 языке. Языковые базы входят в инсталляцию и могут пополняться в автоматическом режиме;

- наиболее трудоемкие в вычислительном отношении операции синтеза моделей и распознавания реализует с помощью графического процессора (GPU), что на некоторых задачах обеспечивает ускорение решения этих задач в несколько тысяч раз, что реально обеспечивает интеллектуальную обработку больших данных, большой информации и больших знаний (графический процессор должен быть на чипсете NVIDIA);

- обеспечивает преобразование исходных эмпирических данных в информацию, а ее в знания и решение с использованием этих знаний задач классификации, поддержки принятия решений и исследования предметной области путем исследования ее системно-когнитивной модели, генерируя при этом очень большое количество табличных и графических выходных форм (развития когнитивная графика), у многих из которых нет никаких

аналогов в других системах (примеры форм можно посмотреть в работе: http://lc.kubagro.ru/aidos/aidos18_LLS/aidos18_LLS.pdf);

- хорошо имитирует человеческий стиль мышления: дает результаты анализа, понятные экспертам на основе их опыта, интуиции и профессиональной компетенции;

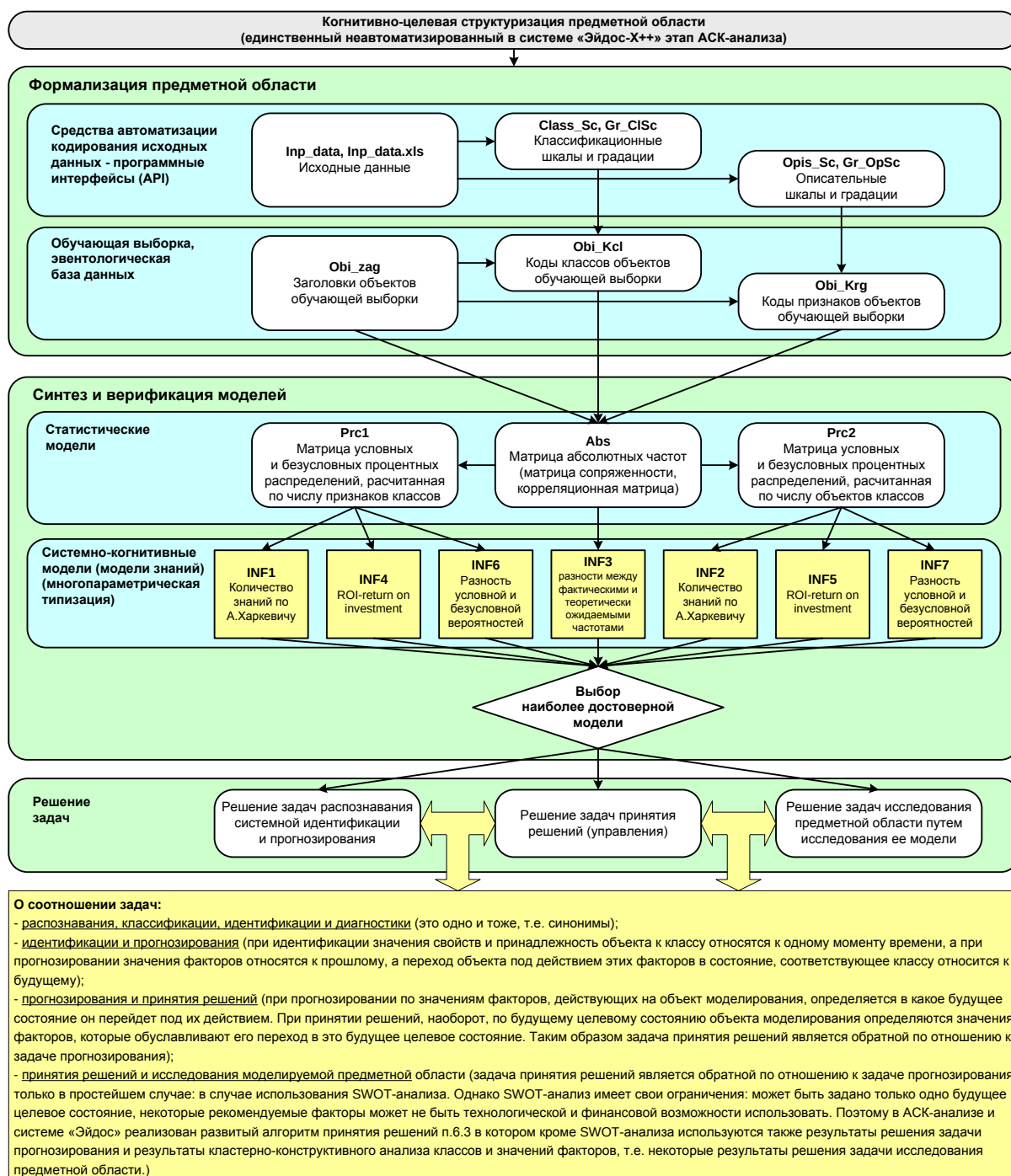
- вместо того, чтобы предъявлять к исходным данным практически неосуществимые требования (вроде нормальности распределения, абсолютной точности и полных повторности всех сочетаний значений факторов и их полной независимости и аддитивности) автоматизированный системно-когнитивный анализ (АСК-анализ) предлагает без какой-либо предварительной обработки осмыслить эти данные и тем самым преобразовать их в информацию, а затем преобразовать эту информацию в знания путем ее применения для достижения целей (т.е. для управления) и решения задач классификации, поддержки принятия решений и содержательного эмпирического исследования моделируемой предметной области.

В чем сила подхода, реализованного в системе Эйдос? В том, что она реализует подход, эффективность которого не зависит от того, что мы думаем о предметной области и думаем ли вообще. Она формирует модели непосредственно на основе эмпирических данных, а не на основе наших представлений о механизмах реализации закономерностей в этих данных. Именно поэтому Эйдос-модели эффективны даже если наши представления о предметной области ошибочны или вообще отсутствуют.

В этом и слабость этого подхода, реализованного в системе Эйдос. Модели системы Эйдос - это феноменологические модели, отражающие эмпирические закономерности в фактах обучающей выборки, т.е. они не отражают причинно-следственного механизма детерминации, а только сам факт и характер детерминации. Содержательное объяснение этих эмпирических закономерностей формулируется уже на теоретическом уровне познания в теоретических научных законах.

Всем этим и обусловлен выбор АСК-анализа и его программного инструментария – интеллектуальной системы «Эйдос» в качестве метода и инструмента решения поставленной проблемы и достижения цели работы (рисунок 1).

**Последовательность обработки данных, информации и знаний в системе «Эйдос»,
повышение уровня системности данных, информации и знаний,
повышение уровня системности моделей**



**Рисунок 1 - Последовательность решения задач
в АСК-анализе и системе «Эйдос»**

Рассмотрим решение поставленных задач в подробном численном примере.

Задача 1: когнитивная структуризация предметной области

На этапе когнитивно-целевой структуризации предметной области мы неформализуемым путем решаем на качественном уровне, что будем рассматривать в качестве факторов, действующих на моделируемый объект (причин), а что в качестве результатов действия этих факторов (последствий).

При этом необходимо отметить, что системно-когнитивные модели (СК-модели) отражают лишь сам факт наличия зависимостей между значениями факторов и результатами их действия. Но они не отражают причин и механизмов такого влияния.

Это значит:

– во-первых, что содержательная интерпретация СК-моделей – это компетенция специалистов-экспертов хорошо разбирающихся в данной предметной области. Иногда встречается ситуация, когда и то, что на первый взгляд является причинами, и то, что казалось бы является их последствиями, на самом деле является последствиями неких глубинных причин, которых мы не видим и никоим образом непосредственно не отражаем в модели;

– во-вторых, даже если содержательной интерпретации не разработано, то в принципе это не исключает возможности пользоваться ими на практике для достижения заданных результатов и поставленных целей, т.е. для управления.

В данной работе в качестве классификационных шкал выберем категорию (цель), которая относится к наличию сердечного заболевания у пациента (таблица 1), а в качестве факторов, влияющих на эти результаты – возраст, пол, тип боли в груди, артериальное давление в состоянии покоя, уровень холестерина в крови в мг/дл, уровень сахара в крови натощак в мг/дл, результаты электрокардиографии в состоянии покоя, максимальная достигнутая частота пульса, стенокардия, вызванная физической нагрузкой, депрессия в сегменте ST, вызванная упражнениями по сравнению с отдыхом, наклон сегмента ST при пиковой нагрузке, количество крупных сосудов, окрашенных флуорозопией, талассемия (таблица 2):

Таблица 1 – Классификационная шкала

Код	Наименование
1	TARGET

Таблица 2 – Описательные шкалы

Код	Наименование
1	AGE
2	SEX (F/M)
3	CP
4	TRESTBPS
5	CHOL
6	FBS
7	RESTECG
8	THALACH
9	EXANG
10	OLDPEAK
11	SLOPE
12	CA
13	THAL

Задача 2: подготовка исходных данных и формализация предметной области

Исходные данные для данной статьи (рисунок 2) получены из самой игры, а также из других подробных таблиц по данным о возможности возникновения сердечного приступа, найденных в интернете.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	RECNUMBER	AGE	SEX	CP	TRETBPS	CHOL	FBS	RESTECG	THALACH	EXANG	OLDPEAK	SLOPE	CA	THAL	TARGET
2	1	63	M	3	145	233	1	0	150	0	2,3	0	0	1	Yes
3	2	37	M	2	130	250	0	1	187	0	3,5	0	0	2	Yes
4	3	41	F	1	130	204	0	0	172	0	1,4	2	0	2	Yes
5	4	56	M	1	120	236	0	1	178	0	0,8	2	0	2	Yes
6	5	57	F	0	120	354	0	1	163	1	0,6	2	0	2	Yes
7	6	57	M	0	140	192	0	1	148	0	0,4	1	0	1	Yes
8	7	56	F	1	140	294	0	0	153	0	1,3	1	0	2	Yes
9	8	44	M	1	120	263	0	1	173	0	0,0	2	0	3	Yes
10	9	52	M	2	172	199	1	1	162	0	0,5	2	0	3	Yes
11	10	57	M	2	150	168	0	1	174	0	1,6	2	0	2	Yes
12	11	54	M	0	140	239	0	1	160	0	1,2	2	0	2	Yes
13	12	48	F	2	130	275	0	1	139	0	0,2	2	0	2	Yes
14	13	49	M	1	130	266	0	1	171	0	0,6	2	0	2	Yes
15	14	64	M	3	110	211	0	0	144	1	1,8	1	0	2	Yes
16	15	58	F	3	150	283	1	0	162	0	1,0	2	0	2	Yes
17	16	50	F	2	120	219	0	1	158	0	1,6	1	0	2	Yes
18	17	58	F	2	120	340	0	1	172	0	0,0	2	0	2	Yes
19	18	66	F	3	150	226	0	1	114	0	2,6	0	0	2	Yes
20	19	43	M	0	150	247	0	1	171	0	1,5	2	0	2	Yes
21	20	69	F	3	140	239	0	1	151	0	1,8	2	2	2	Yes
22	21	59	M	0	135	234	0	1	161	0	0,5	1	0	3	Yes
23	22	44	M	2	130	233	0	1	179	1	0,4	2	0	2	Yes
24	23	42	M	0	140	226	0	1	178	0	0,0	2	0	2	Yes
25	24	61	M	2	150	243	1	1	137	1	1,0	1	0	2	Yes
26	25	40	M	3	140	199	0	1	178	1	1,4	2	0	3	Yes
27	26	71	F	1	160	302	0	1	162	0	0,4	2	2	2	Yes
28	27	59	M	2	150	212	1	1	157	0	1,6	2	0	2	Yes
29	28	51	M	2	110	175	0	1	123	0	0,6	2	0	2	Yes
30	29	65	F	2	140	417	1	0	157	0	0,8	2	1	2	Yes
31	30	53	M	2	130	197	1	0	152	0	1,2	0	0	2	Yes
32	31	41	F	1	105	198	0	1	168	0	0,0	2	1	2	Yes
33	32	65	M	0	120	177	0	1	140	0	0,4	2	0	3	Yes
34	33	44	M	1	130	219	0	0	188	0	0,0	2	0	2	Yes
35	34	54	M	2	125	273	0	0	152	0	0,5	0	1	2	Yes
36	35	51	M	3	125	213	0	0	125	1	1,4	2	1	2	Yes
37	36	46	F	2	142	177	0	0	160	1	1,4	0	0	2	Yes
38	37	54	F	2	135	304	1	1	170	0	0,0	2	0	2	Yes
39	38	54	M	2	150	232	0	0	165	0	1,6	2	0	3	Yes

Рисунок 2 – Исходные данные для ввода в систему «Эйдос»

Затем с параметрами, показанными на рисунке 3, запустим режим 2.3.2.2 системы «Эйдос», представляющий собой автоматизированный программный интерфейс (API) с внешними данными табличного типа.

Задайте тип файла исходных данных: "Inp_data":

☒ XLS - MS Excel-2003 Стандарт XLS-файла
☐ XLSX- MS Excel-2007(2010)
☐ DBF - DBASE IV (DBF/NTX) Стандарт DBF-файла
☐ CSV - CSV => DBF конвертер Стандарт CSV-файла

Задайте диапазон столбцов классификационных шкал:

Начальный столбец классификационных шкал:

Конечный столбец классификационных шкал:

Задайте диапазон столбцов описательных шкал:

Начальный столбец описательных шкал:

Конечный столбец описательных шкал:

Задайте режим:

☒ Формализации предметной области (на основе "Inp_data")
☐ Генерации распознаваемой выборки (на основе "Inp_rasp")

Задайте способ выбора размера интервалов:

☐ Равные интервалы с разным числом наблюдений
☒ Разные интервалы с равным числом наблюдений

Задание параметров формирования сценариев или способа интерпретации текстовых полей "Inp_data":

☒ Не применять сценарный метод АСК-анализа ☐ Применить сценарный метод АСК-анализа

Параметры интерпретации значений текстовых полей "Inp_data":

Интерпретация TXT-полей классов:

Значения полей текстовых классификационных шкал файла исходных данных "Inp_data" рассматриваются как целое

Интерпретация TXT-полей признаков:

Значения полей текстовых описательных шкал файла исходных данных "Inp_data" рассматриваются как целое

Какие наименования ГРАДАЦИЙ числовых шкал использовать:

☒ Только интервальные числовые значения (например: "1/3-(59873.0000000, 178545.6666667)")
☐ Только наименования интервальных числовых значений (например: "Минимальное")
☐ И интервальные числовые значения, и их наименования (например: "Минимальное: 1/3-(59873.0000000, 178545.6666667)")

2.3.2.2. Задание размерности модели системы "ЭЙДОС-X++"

ЗАДАНИЕ В ДИАЛОГЕ РАЗМЕРНОСТИ МОДЕЛИ

Суммарное количество градаций классификационных и описательных шкал: [2 x 38]

Тип шкалы	Количество классификационных шкал	Количество градаций классификационных	Среднее количество градаций на класс. шкалу	Количество описательных шкал	Количество градаций описательных шкал	Среднее количество градаций на опис. шкалу
Числовые	0	0	0,00	12	36	3,00
Текстовые	1	2	2,00	1	2	2,00
ВСЕГО:	1	2	2,00	13	38	2,92

Задайте число интервалов (градаций) в шкале:

В описательных шкалах:

2.3.2.2. Процесс импорта данных из внешней БД "Inp_data" в систему "ЭЙДОС-X++"

Стадии исполнения процесса:

1/3: Формирование классификационных и описательных шкал и градаций на основе БД "Inp_data"- Готово

2/3: Генерация обучающей выборки и базы событий "EventsKO" на основе внешней БД "Inp_data"- Готово

3/3: Переиндексация всех баз данных нового приложения- Готово

ПРОЦЕСС ФОРМАЛИЗАЦИИ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ ЗАВЕРШЕН УСПЕШНО !!!

Прогноз времени исполнения

Начало: 13:57:34 Окончание: 13:57:42

Прошло: 0:00:08 Осталось: 0:00:00

100%

Рисунок 3 - Экранные форма программного интерфейса (API) 2.3.2.2 системы «Эйдос» с внешними данными табличного типа

Обратим внимание на то, что заданы адаптивные интервалы, учитывающее неравномерность распределения данных по диапазону значений, что важно при относительно небольшом числе наблюдений. Если бы интервалы были заданы равными по величине, то в них бы учитывалось сильно отличающееся число наблюдений, а в некоторых интервалах их бы могло не оказаться вовсе. В описательных шкалах задано 3 числовых интервальных значения.

На рисунке 4 приведен Help данного режима, в котором объясняется принцип организации таблицы исходных данных для данного режима. Здесь же обратим внимание на то, что в таблице 3 значения параметров могут быть представлены как числовыми, так и текстовыми значениями.

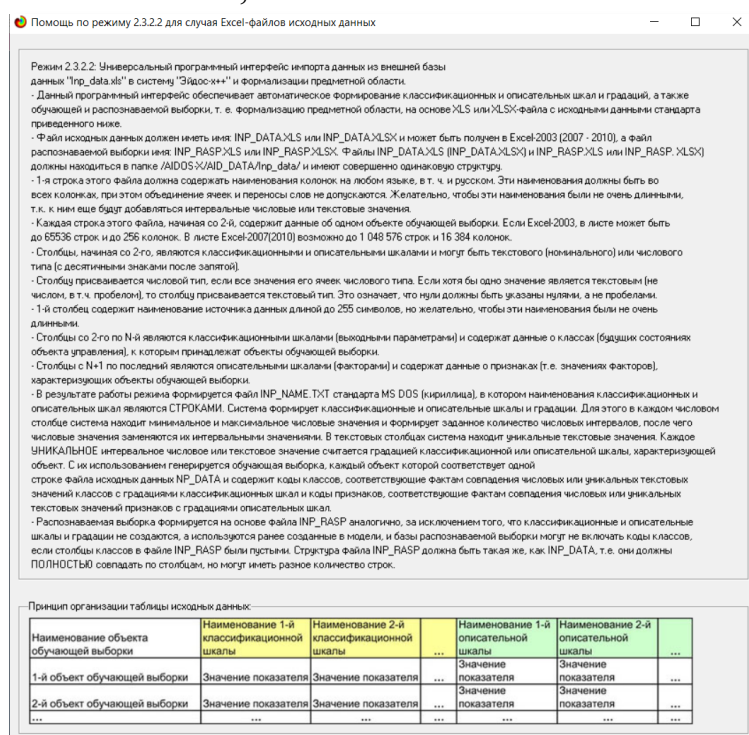


Рисунок 4 - Экранная форма HELP программного интерфейса (API) 2.3.2.2

В результате работы режима сформирована 1 классификационная шкала с суммарным количеством градаций (классов) 2 (таблица 3) и 13 описательных шкал с суммарным числом градаций 38 (таблица 4). С использованием классификационных и описательных шкал и градаций исходные данные (рисунок 2) были закодированы и в результате получена обучающая выборка (рисунок 5):

Таблица 3 – Классификационные шкалы и градации

Код	Название
1	1/2-No
2	2/2-Yes

Таблица 4 – Описательные шкалы и градации (факторы риск)

Код	Название
1	1/3-{29.0000000, 51.0000000}
2	2/3-{51.0000000, 59.0000000}
3	3/3-{59.0000000, 77.0000000}
4	1/2-F
5	2/2-M
6	1/3-{0.0000000, 0.0000000}
7	2/3-{0.0000000, 2.0000000}
8	3/3-{2.0000000, 3.0000000}
9	1/3-{94.0000000, 122.0000000}
10	2/3-{122.0000000, 138.0000000}
11	3/3-{138.0000000, 200.0000000}
12	1/3-{126.0000000, 221.0000000}
13	2/3-{221.0000000, 263.0000000}
14	3/3-{263.0000000, 564.0000000}
15	1/3-{0.0000000, 0.0000000}
16	2/3-{0.0000000, 0.0000000}
17	3/3-{0.0000000, 1.0000000}
18	1/3-{0.0000000, 0.0000000}
19	2/3-{0.0000000, 1.0000000}
20	3/3-{1.0000000, 2.0000000}
21	1/3-{71.0000000, 143.0000000}
22	2/3-{143.0000000, 162.6500000}
23	3/3-{162.6500000, 202.0000000}
24	1/3-{0.0000000, 0.0000000}
25	2/3-{0.0000000, 0.0000000}
26	3/3-{0.0000000, 1.0000000}
27	1/3-{0.0000000, 0.1000000}
28	2/3-{0.1000000, 1.4000000}
29	3/3-{1.4000000, 6.2000000}
30	1/3-{0.0000000, 1.0000000}
31	2/3-{1.0000000, 2.0000000}
32	3/3-{2.0000000, 2.0000000}
33	1/3-{0.0000000, 0.0000000}
34	2/3-{0.0000000, 1.0000000}
35	3/3-{1.0000000, 4.0000000}
36	1/3-{0.0000000, 2.0000000}
37	2/3-{2.0000000, 3.0000000}
38	3/3-{3.0000000, 3.0000000}

№	Наименование объекта	15. TARGET	2 AGE	3 SEX	4 CP	5. TRESTBPS	6. CHOL	7. FBS	8. RESTECG	9 THALACH	10. EXANG	11. OLDPEAK	12 SLOPE	13. CA	14 THAL
1	1	2	3	5	8	11	13	17	18	22	24	29	30	33	36
2	2	2	1	5	7	10	13	15	19	23	24	29	30	33	36
3	3	2	1	4	7	10	12	15	18	23	24	28	31	33	36
4	4	2	2	5	7	9	13	15	19	23	24	28	31	33	36
5	5	2	2	4	6	9	14	15	19	23	26	28	31	33	36
6	6	2	2	5	6	11	12	15	19	22	24	28	30	33	36
7	7	2	2	4	7	11	14	15	18	22	24	28	30	33	36
8	8	2	1	5	7	9	13	15	19	23	24	27	31	33	37
9	9	2	2	5	7	11	12	17	19	22	24	28	31	33	37
10	10	2	2	5	7	11	12	15	19	23	24	29	31	33	36
11	11	2	2	5	6	11	13	15	19	22	24	28	31	33	36
12	12	2	1	4	7	10	14	15	19	21	24	28	31	33	36
13	13	2	1	5	7	10	14	15	19	23	24	28	31	33	36
14	14	2	3	5	8	9	12	15	18	22	26	29	30	33	36
15	15	2	2	4	8	11	14	17	18	22	24	28	31	33	36
16	16	2	1	4	7	9	12	15	19	22	24	29	30	33	36
17	17	2	2	4	7	9	14	15	19	23	24	27	31	33	36
18	18	2	3	4	8	11	13	15	19	21	24	29	30	33	36
19	19	2	1	5	6	11	13	15	19	23	24	29	31	33	36
20	20	2	3	4	8	11	13	15	19	22	24	29	31	35	36
21	21	2	2	5	6	10	13	15	19	22	24	28	30	33	37
22	22	2	1	5	7	10	13	15	19	23	26	28	31	33	36
23	23	2	1	5	6	11	13	15	19	23	24	27	31	33	36
24	24	2	3	5	7	11	13	17	19	21	26	28	30	33	36
25	25	2	1	5	8	11	12	15	19	23	26	28	31	33	37
26	26	2	3	4	7	11	14	15	19	22	24	28	31	35	36
27	27	2	2	5	7	11	12	17	19	22	24	29	31	33	36
28	28	2	1	5	7	9	12	15	19	21	24	28	31	33	36
29	29	2	3	4	7	11	14	17	18	22	24	28	31	34	36
0	1	15	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

Рисунок 5 – Обучающая выборка

Обучающая выборка (рисунок 5), по сути, представляет собой нормализованные исходные данные, т.е. таблицу исходных данных (рисунок 2), закодированную с помощью классификационных и описательных шкал и градаций (таблицы 3 и 4). Таким образом, созданы все необходимые и достаточные условия для выполнения следующего этапа АСК-анализа: т.е. для синтеза и верификации моделей.

Задача 3: синтез и верификация статистических и системно-когнитивных моделей и выбор наиболее достоверной из них для решения задач

Синтез и верификация статистических и системно-когнитивных моделей (СК-моделей) моделей осуществляется в режиме 3.5 системы «Эйдос» (рисунок 6).

3.5. Выбор моделей для синтеза и верификации

Задайте модели для синтеза и верификации

Статистические базы:

☒ 1. ABS - частный критерий: количество встреч сочетаний "класс-признак" у объектов обуч.выборки
 ☒ 2. PRC1 - частный критерий: усл. вероятность i-го признака среди признаков объектов j-го класса
 ☒ 3. PRC2 - частный критерий: условная вероятность i-го признака у объектов j-го класса

Системно-когнитивные модели (базы знаний):

☒ 4. INF1 - частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу; вероятности из PRC1
 ☒ 5. INF2 - частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу; вероятности из PRC2
 ☒ 6. INF3 - частный критерий: χ^2 -квадрат, разности между фактическими и ожидаемыми абс. частотами
 ☒ 7. INF4 - частный критерий: ROI (Return On Investment); вероятности из PRC1
 ☒ 8. INF5 - частный критерий: ROI (Return On Investment); вероятности из PRC2
 ☒ 9. INF6 - частный критерий: разн. усл. и безуслов. вероятностей; вероятности из PRC1
 ☒ 10. INF7 - частный критерий: разн. усл. и безуслов. вероятностей; вероятности из PRC2

Текущая модель

☐ 1. ABS
 ☐ 2. PRC1
 ☐ 3. PRC2

☐ 4. INF1
 ☐ 5. INF2
 ☒ 6. INF3
 ☐ 7. INF4
 ☐ 8. INF5
 ☐ 9. INF6
 ☐ 10. INF7

Параметры копирования обучающей выборки в распознаваемую:

Какие объекты обуч.выборки копировать:

☒ Копировать всю обучающую выборку
 ☐ Копировать только текущий объект
 ☐ Копировать каждый N-й объект
 ☐ Копировать N случайных объектов
 ☐ Копировать все объекты от N1 до N2
 ☐ Вообще не менять распознаваемую выборку

Удалять из обуч.выборки скопированные объекты:

☒ Не удалять
 ☐ Удалять

Пояснение по алгоритму верификации

Для каждой заданной модели выполнить:

☒ Синтез и верификацию
 ☐ Только верификацию
 ☐ Только синтез

На каком процессоре выполнять расчеты:

☐ CPU
 ☒ GPU

Подробнее

Измеряется внутренняя достоверн. модели

Уменьшение размеров базы данных результатов распознавания: Rasp.dbf

Расчетный размер БД результатов распознавания Rasp.dbf равен 30500 байт, т.е.: 0.0014203 % от MAX-возможного, (от 2Гб)

Задайте, сколько % от исходной БД Rasp.dbf оставить, удаляя наименее достоверные результаты распознавания:

Ok

Cancel

13

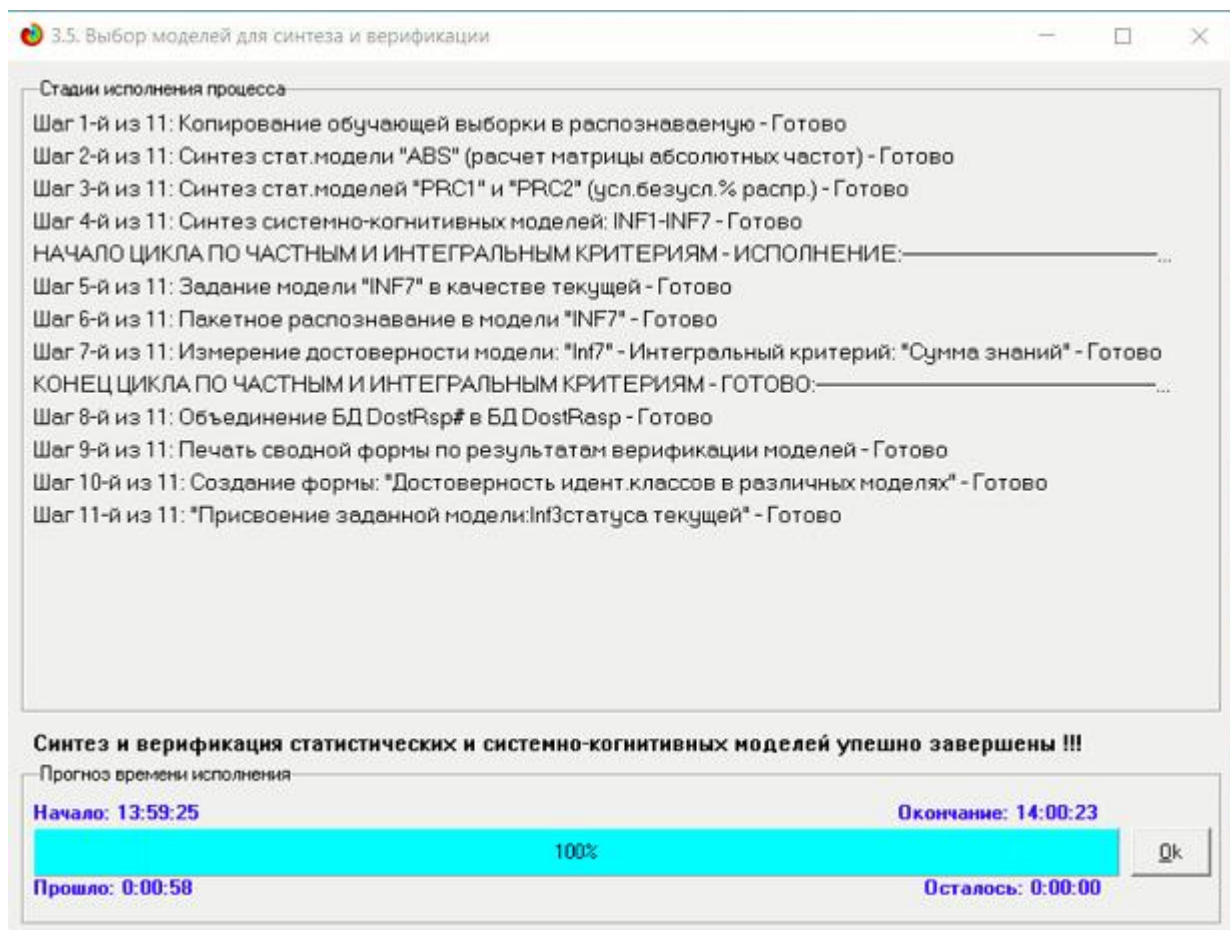


Рисунок 6 - Экранные формы режима синтеза и верификации статистических и системно-когнитивных моделей системы «Эйдос»

Обратим внимание на то, что на рисунке 6 в правом нижнем углу окна задана опция: «Расчеты проводить на графическом процессоре (GPU)».

Из рисунка 6 видно, что весь процесс синтеза и верификации моделей занял 58 секунд. Отметим, что при синтезе и верификации моделей использовался графический процессор (GPU) видеокарты. На центральном процессоре (CPU) выполнение этих операций занимает значительно большее время (на некоторых задачах это происходит в десятки, сотни и даже тысячи раз дольше). Таким образом, неграфические вычисления на графических процессорах видеокарты делает возможной обработку больших объемов исходных данных за разумное время. В процесс синтеза и верификации моделей осуществляется также расчет 10 выходных форм, на что уходит более 99% времени исполнения.

Фрагменты самих созданных статистических и системно-когнитивных моделей (СК-модели) приведены на рисунках 7, 8:

5.5. Модель: "1. ABS - частный критерий: количество встреч сочетаний: "Класс-признак" у объектов обуч.выборки"

Код признака	Наименование описательной шкалы и градации	1. TARGET 1/2 NO	2. TARGET 2/2 YES	Сумма	Среднее	Средн. квадр. откл.
1	AGE-1/3-{29.0000000, 51.0000000}	32	75	107	53.50	30.41
2	AGE-2/3-{51.0000000, 59.0000000}	54	52	106	53.00	1.41
3	AGE-3/3-{59.0000000, 77.0000000}	52	38	90	45.00	9.90
4	SEX-1/2-F	24	72	96	48.00	33.94
5	SEX-2/2-M	114	93	207	103.50	14.85
6	CP-1/3-{0.0000000, 0.0000000}	104	39	143	71.50	45.96
7	CP-2/3-{0.0000000, 2.0000000}	27	110	137	68.50	58.69
8	CP-3/3-{2.0000000, 3.0000000}	7	16	23	11.50	6.36
9	TRESTBPS-1/3-{94.0000000, 122.0000000}	38	63	101	50.50	17.68
10	TRESTBPS-2/3-{122.0000000, 138.0000000}	47	58	105	52.50	7.78
11	TRESTBPS-3/3-{138.0000000, 200.0000000}	53	44	97	48.50	6.36
12	CHOL-1/3-{126.0000000, 221.0000000}	38	63	101	50.50	17.68
13	CHOL-2/3-{221.0000000, 263.0000000}	46	56	102	51.00	7.07
14	CHOL-3/3-{263.0000000, 564.0000000}	54	46	100	50.00	5.66
15	FBS-1/3-{0.0000000, 0.0000000}	116	142	258	129.00	18.38
16	FBS-2/3-{0.0000000, 0.0000000}					
17	FBS-3/3-{0.0000000, 1.0000000}	22	23	45	22.50	0.71
18	RESTECG-1/3-{0.0000000, 0.0000000}	79	68	147	73.50	7.78
19	RESTECG-2/3-{0.0000000, 1.0000000}	56	96	152	76.00	28.28
20	RESTECG-3/3-{1.0000000, 2.0000000}	3	1	4	2.00	1.41
21	THALACH-1/3-{71.0000000, 143.0000000}	75	32	107	53.50	30.41
22	THALACH-2/3-{143.0000000, 162.0000000}	43	59	102	51.00	11.31
23	THALACH-3/3-{162.0000000, 202.0000000}	20	74	94	47.00	38.18
24	EXANG-1/3-{0.0000000, 0.0000000}	62	142	204	102.00	56.57

Рисунок 7 - Матрица абсолютных частот (фрагмент)

Код признака	Наименование описательной шкалы и градации	1. TARGET 1/2 NO	2. TARGET 2/2 YES	Сумма	Среднее	Средн. квадр. откл.
1	AGE-1/3-{29.0000000, 51.0000000}	-16.733	16.733			23.664
2	AGE-2/3-{51.0000000, 59.0000000}	5.723	-5.723			8.093
3	AGE-3/3-{59.0000000, 77.0000000}	11.010	-11.010			15.570
4	SEX-1/2-F	-19.723	19.723			27.892
5	SEX-2/2-M	19.723	-19.723			27.892
6	CP-1/3-{0.0000000, 0.0000000}	38.871	-38.871			54.972
7	CP-2/3-{0.0000000, 2.0000000}	-35.396	35.396			50.058
8	CP-3/3-{2.0000000, 3.0000000}	-3.475	3.475			4.915
9	TRESTBPS-1/3-{94.0000000, 122.0000000}	-8.000	8.000			11.314
10	TRESTBPS-2/3-{122.0000000, 138.0000000}	-0.822	0.822			1.162
11	TRESTBPS-3/3-{138.0000000, 200.0000000}	8.822	-8.822			12.476
12	CHOL-1/3-{126.0000000, 221.0000000}	-8.000	8.000			11.314
13	CHOL-2/3-{221.0000000, 263.0000000}	-0.455	0.455			0.644
14	CHOL-3/3-{263.0000000, 564.0000000}	8.455	-8.455			11.958
15	FBS-1/3-{0.0000000, 0.0000000}	-1.505	1.505			2.128
16	FBS-2/3-{0.0000000, 0.0000000}					
17	FBS-3/3-{0.0000000, 1.0000000}	1.505	-1.505			2.128
18	RESTECG-1/3-{0.0000000, 0.0000000}	12.050	-12.050			17.041
19	RESTECG-2/3-{0.0000000, 1.0000000}	-13.228	13.228			18.707
20	RESTECG-3/3-{1.0000000, 2.0000000}	1.178	-1.178			1.666
21	THALACH-1/3-{71.0000000, 143.0000000}	26.267	-26.267			37.148
22	THALACH-2/3-{143.0000000, 162.0000000}	-3.455	3.455			4.887
23	THALACH-3/3-{162.0000000, 202.0000000}	-22.812	22.812			32.261
24	EXANG-1/3-{0.0000000, 0.0000000}	-30.911	30.911			43.715

Рисунок 8 - Модель INF3 (фрагмент)

Отметим, что в АСК-анализе и СК-моделях степень выраженности различных свойств объектов наблюдения рассматривается с единственной точки зрения: с точки зрения того, какое **количество информации** содержится в них о том, к каким обобщающим категориям (классам) будут принадлежать или не принадлежать эти объекты. Поэтому не играет никакой роли, в каких единицах измерения измеряются те или иные свойства объектов наблюдения, а также в каких единицах измеряются результаты влияния этих свойств, натуральных, в процентах или стоимостных. Это и есть решение проблемы сопоставимости в АСК-анализе и системе «Эйдос», отличающее их от других интеллектуальных технологий.

Верификация статистических и системно-когнитивных моделей

Оценка достоверности моделей в системе «Эйдос» осуществляется путем решения задачи классификации объектов обучающей выборки по обобщенным образам классов и подсчета количества истинных положительных и отрицательных, а также ложных положительных и отрицательных решений по F-мере Ван Ризбергена, а также по критериям L1-L2-мерам проф. Е.В.Луценко, которые предложены для того, чтобы смягчить или полностью преодолеть некоторые недостатки F-меры. В режиме 3.4 системы «Эйдос» изучается достоверность каждой частной модели в соответствии с этими мерами достоверности (рисунок 9).

3.4. Обобщенная форма доств.моделей при разн.крит. Текущая модель: "INF3"

Наименование модели и частного критерия	Интегральный критерий	Всего логических объектов выборки	Число истинно-положительных решений (TP)	Число истинно-отрицательных решений (TN)	Число ложно-положительных решений (FP)	Число ложно-отрицательных решений (FN)	Точность модели	Полнота модели	F-мера Ван Ризбергера	Сумма модул. уровней сход. истинно-поло. решений (STP)	Сумма модул. уровней сход. истинно-отриц. решений (STN)	Сумма модул. уровней сход. ложно-поло. решений (STFP)
1. ABS - частный критерий: количество встреч сочетаний: "клас...	Корреляция абс. частот с обр...	303	302	47	256	1	0.541	0.997	0.702	191.511	4.011	76
1. ABS - частный критерий: количество встреч сочетаний: "клас...	Сумма абс. частот по призна...	303	303		303		0.500	1.000	0.667	232.639		182
2. PRC1 - частный критерий: усл. вероятность того признака сред...	Корреляция усл.отн. частот с о...	303	302	47	256	1	0.541	0.997	0.702	191.511	4.011	76
2. PRC1 - частный критерий: усл. вероятность того признака сред...	Сумма усл.отн. частот по при...	303	303		303		0.500	1.000	0.667	250.729		199
3. PRC2 - частный критерий: условная вероятность того признака...	Корреляция усл.отн. частот с о...	303	302	47	256	1	0.541	0.997	0.702	191.511	4.011	76
3. PRC2 - частный критерий: условная вероятность того признака...	Сумма усл.отн. частот по при...	303	303		303		0.500	1.000	0.667	250.729		199
4. INF1 - частный критерий: количество знаний по А\Харкевичу: в...	Семантический резонанс зна...	303	257	252	51	46	0.834	0.848	0.841	104.153	110.108	9
4. INF1 - частный критерий: количество знаний по А\Харкевичу: в...	Сумма знаний	303	205	278	25	98	0.891	0.677	0.769	59.740	136.979	2
5. INF2 - частный критерий: количество знаний по А\Харкевичу: в...	Семантический резонанс зна...	303	257	252	51	46	0.834	0.848	0.841	104.153	110.108	9
5. INF2 - частный критерий: количество знаний по А\Харкевичу: в...	Сумма знаний	303	205	278	25	98	0.891	0.677	0.769	59.740	136.979	2
6. INF3 - частный критерий: Индекс разн. разности между факти...	Семантический резонанс зна...	303	254	254	49	49	0.838	0.838	0.838	119.471	119.471	9
6. INF3 - частный критерий: Индекс разн. разности между факти...	Сумма знаний	303	254	254	49	49	0.838	0.838	0.838	119.471	119.471	9
7. INF4 - частный критерий: ROI (Return On Investment), веро...	Семантический резонанс зна...	303	253	253	50	50	0.835	0.835	0.835	115.803	115.803	9
7. INF4 - частный критерий: ROI (Return On Investment), веро...	Сумма знаний	303	252	252	51	51	0.832	0.832	0.832	99.815	99.807	8
8. INF5 - частный критерий: ROI (Return On Investment), веро...	Семантический резонанс зна...	303	253	253	50	50	0.835	0.835	0.835	115.803	115.803	9
8. INF5 - частный критерий: ROI (Return On Investment), веро...	Сумма знаний	303	252	252	51	51	0.832	0.832	0.832	99.815	99.807	8
9. INF6 - частный критерий: разн. усл. и безуслов. вероятностей, вер...	Семантический резонанс зна...	303	254	254	49	49	0.838	0.838	0.838	119.471	119.471	9
9. INF6 - частный критерий: разн. усл. и безуслов. вероятностей, вер...	Сумма знаний	303	254	254	49	49	0.838	0.838	0.838	107.900	111.493	8
10. INF7 - частный критерий: разн. усл. и безуслов. вероятностей, ве...	Семантический резонанс зна...	303	254	254	49	49	0.838	0.838	0.838	119.471	119.471	9
10. INF7 - частный критерий: разн. усл. и безуслов. вероятностей, ве...	Сумма знаний	303	254	254	49	49	0.838	0.838	0.838	107.900	111.492	8

Помощь по нерадостности | Помощь по частотным распределениям | TP, TN, FP, FN | (TP-FP)/(TN-FN) | (T-F)/(T+F)*100 | Задать интервал сглаживания

Рисунок 9 - Экранная форма с информацией о достоверности моделей по F-критерию Ван Ризбергера, L1-критерию проф. Е.В.Луценко и L2-критерию проф. Е.В.Луценко

Из рисунка 8 мы видим, что в данном интеллектуальном приложении по F-критерию Ван Ризбергера наиболее достоверной является СК-модель INF3 с интегральным критерием «Сумма знаний» ($F=0,838$ при максимуме 1,000), что является довольно хорошим результатом, по критерию L1 проф. Е.В.Луценко та же модель является наиболее достоверной ($L1=0,924$ при максимуме 1,000), что является отличным результатом, по критерию L2 проф. Е.В.Луценко та же модель является наиболее достоверной ($L2=0,703$ при максимуме 1,000), что является отличным результатом,

Это подтверждает наличие и адекватное отражение в СК-модели INF3 сильной причинно-следственной зависимости между итогом возникновения возможности сердечного приступа и его характеристиками.

На рисунке 10 приведено частотное распределения числа истинных и ложных положительных и отрицательных решений по результатам риска возникновения сердечного приступа в СК-модели INF3 по данным обучающей выборки:



Рисунок 10 - Частотные распределения числа истинных и ложных, положительных и отрицательных решений и их разности в СК-модели Inf3

Рисунок 10 содержит изображения двух частотных распределений, похожих на нормальные, сдвинутых относительно друг друга по фазе.

Левое распределение, большее по амплитуде включает истинно-отрицательные и ложно-положительные решения, а правое, меньшее по амплитуде, включает ложно-отрицательные и истинно-положительные решения.

Сдвиг этих распределений относительно друг друга и другие различия между ними и позволяют решать задачу определения данных о возможности возникновения сердечных приступов.

Видно, что для отрицательных решений количество истинных решений всегда значительно превосходит количество ложных решений, причем при уровнях различия больше примерно 85% ложные отрицательные решения вообще практически отсутствуют.

Видно также, что для положительных решений картина более сложная и включает 2 диапазона уровней схождения

1) при уровнях схождения от 0% до примерно 85% есть и истинные и ложные положительные решения, но число истинных решений больше числа ложных и доля истинных решений возрастает при увеличении уровня схождения;

2) при уровнях схождения выше 85% ложные положительные решения не встречаются.

На рисунке 11 приведен Help по режиму 3.4, в котором описаны меры достоверности моделей, применяемые в системе «Эйдос»:

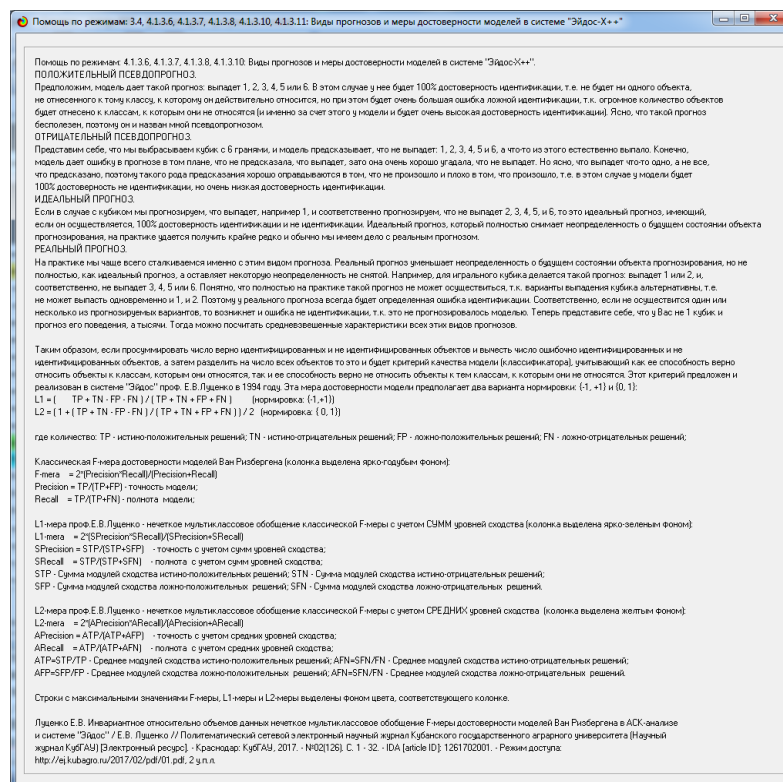
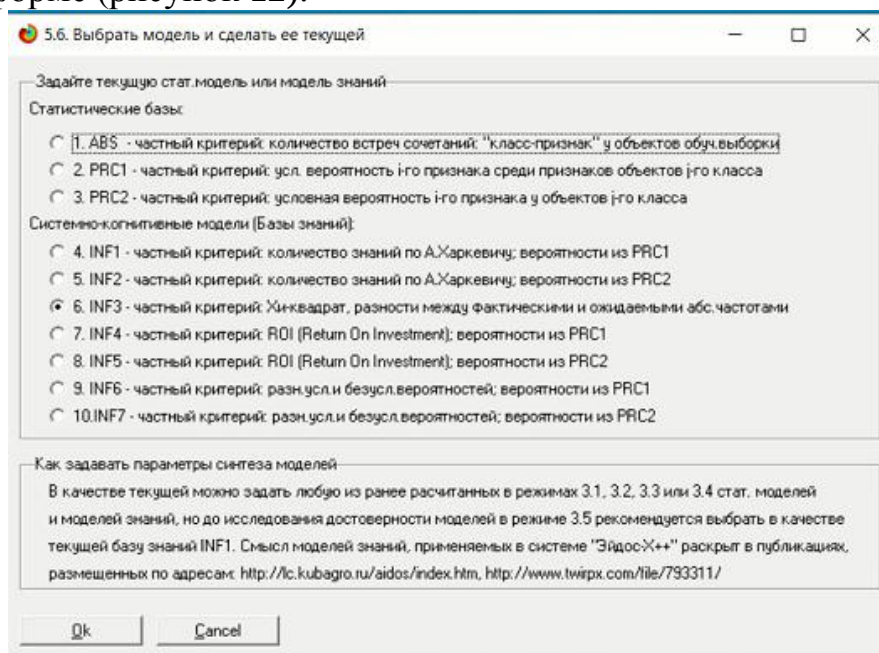


Рисунок 11 - Экранная форма с информацией о достоверности моделей по F-критерию Ван Ризбергена и L1- и L2-критериям проф. Е.В.Луценко

Выбор наиболее достоверной модели и присвоение ей статуса текущей

В соответствии со схемой обработки данных, информации и знаний в системе «Эйдос» (рисунок 1), присвоим СК-модели INF3 статус текущей модели. Для этого запустим режим 5.6 с параметрами, приведенными на экранной форме (рисунок 12):



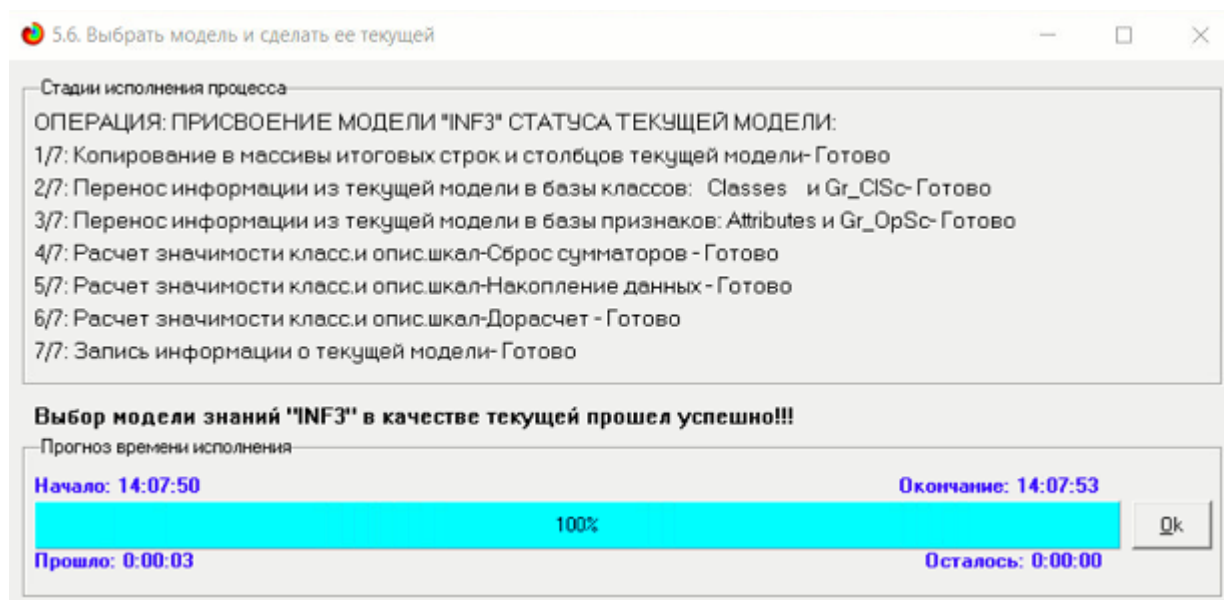
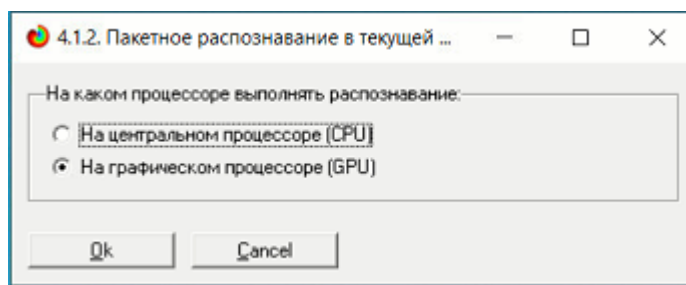


Рисунок 12 - Экранные формы придания наиболее достоверной СК-модели Inf3 статуса текущей модели

Задача 4: решение различных задач в наиболее достоверной модели

Подзадача 4.1. Прогнозирование (диагностика, классификация, распознавание, идентификация)

Решим задачу системной идентификации, т.е. определение риска сердечного приступа на основе обучающей выборки в наиболее достоверной СК-модели INF3 на GPU (рисунок 13).



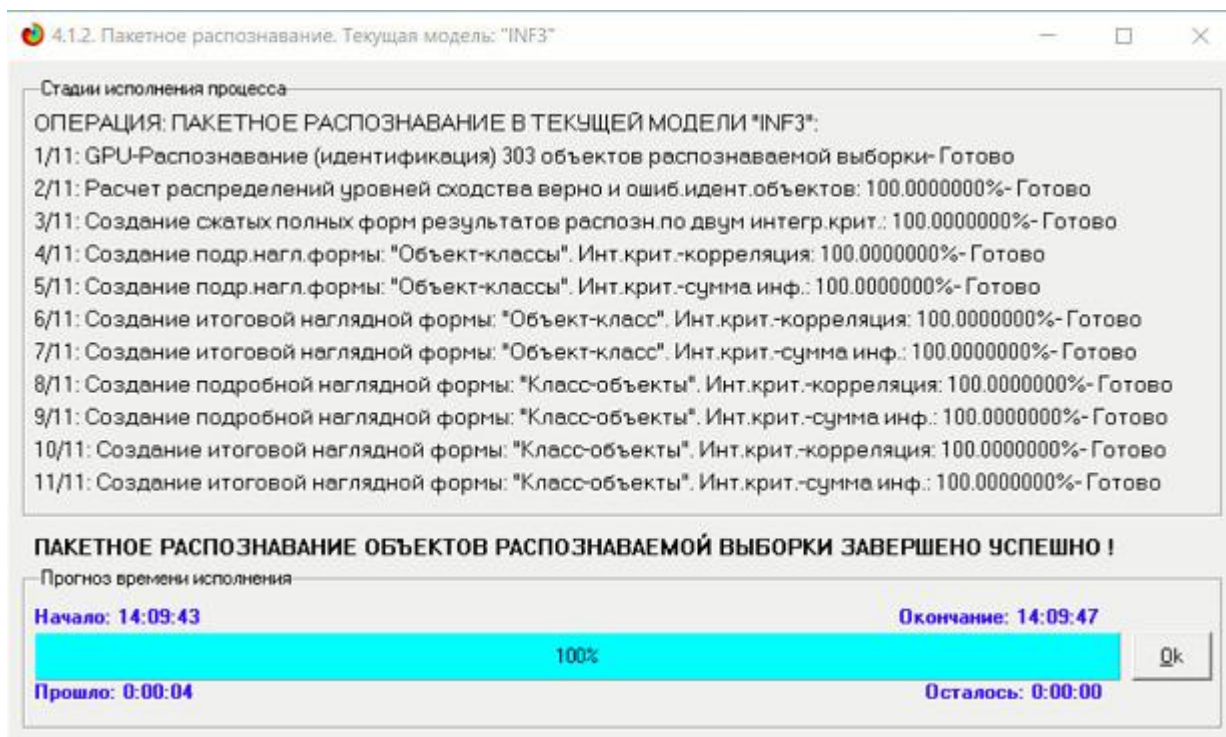


Рисунок 13 - Экранные формы, которые отображают процесс решения задачи системной идентификации в текущей модели

Из рисунка 13 видно, что процесс идентификации занял 4 секунды. Отметим, что 99% этого времени заняла не сама идентификация на GPU, а создание 10 выходных форм на основе результатов этого прогнозирования. Эти формы отражают результаты прогнозирования в различных разрезах и обобщениях:

Приведем две из этих 10 форм: 4.1.3.1 и 4.1.3.2 (рисунок 14).

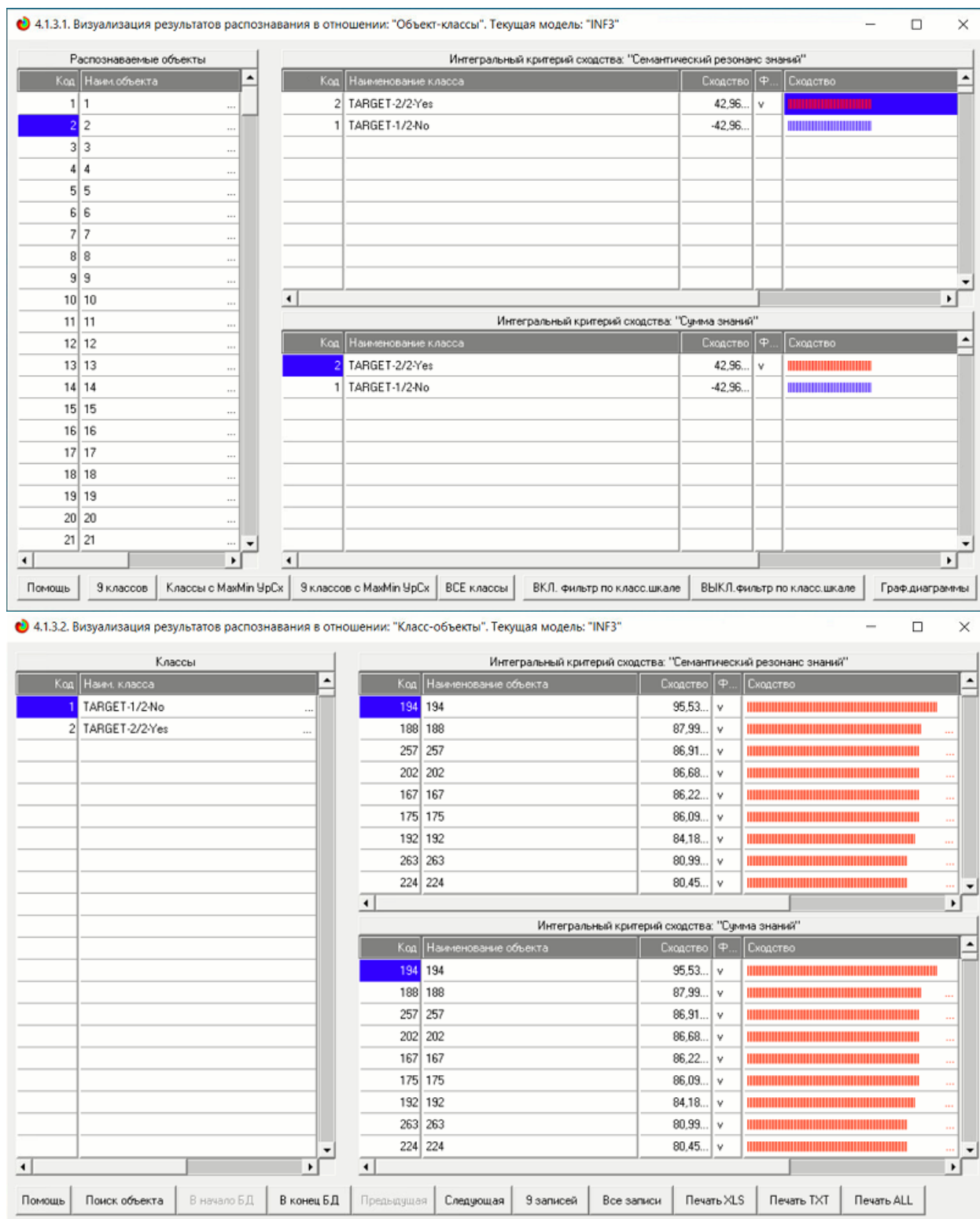


Рисунок 14 - Выходные формы по результатам идентификации результатов возникновения сердечного приступа

Символ «✓» стоит против тех результатов идентификации, которые подтвердились на опыте, т.е. соответствуют факту. Из рисунка 14 видно, что результаты идентификации являются отличными, естественно при учете информации из рисунка 10 о том, что достоверные прогнозы в данной

модели имеют уровень сходства выше 85%, т.е., по сути, результаты с более низким уровнем сходства надо просто игнорировать.

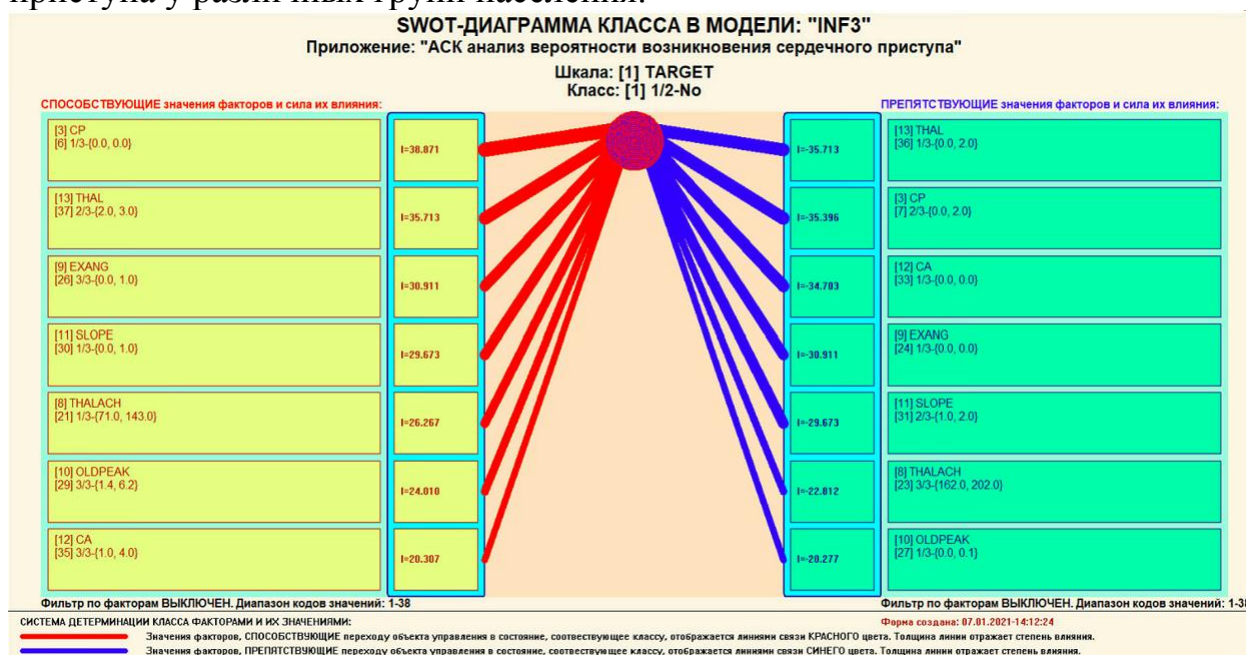
Подзадача 4.2. Поддержка принятия решений (SWOT-анализ)

При принятии решений определяется сила и направление влияния значений факторов на принадлежность состояний объекта моделирования к тем или иным классам, соответствующим различным будущим состояниям. По сути, это решение задачи SWOT-анализа.

Применительно к задаче, решаемой в данной работе, SWOT-анализ показывает степень влияния различных значений факторов на итог возможности возникновения сердечного приступа.

В системе «Эйдос» в режиме 4.4.8 поддерживается решение этой задачи. При этом **выявляется система детерминации заданного класса**, т.е. система значений факторов, обуславливающих переход объекта моделирования и управления в состояние, соответствующее данному классу, а также препятствующих этому переходу.

На рисунках 15 приведены SWOT-диаграммы наглядно отражающие силу и направление результатов данных о рисках возникновения сердечного приступа у различных групп населения.



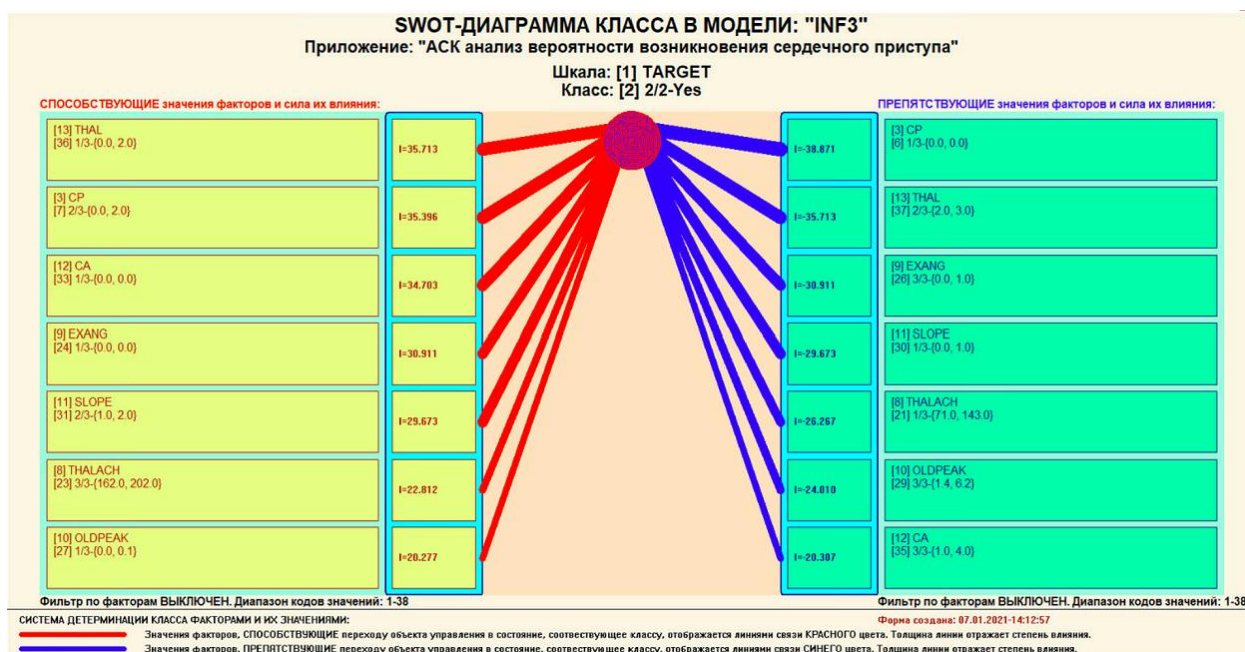


Рисунок 15 - SWOT-диаграммы детерминации данных о возникновении
сердечного приступа

Эти SWOT-диаграммы наглядно отражают силу и направление влияния различных значений факторов на итог возможности возникновения сердечного приступа.

Отметим также, что система «Эйдос» обеспечивала решение этой задачи *всегда*, т.е. даже в самых ранних DOS-версиях и в реализациях системы «Эйдос» на других языках и типах компьютеров. Например, первый акт внедрения системы «Эйдос», где об этом упоминается в явном виде, датируется 1987 годом, а первый подобный расчет относится к 1981 году.

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий Краснодарским
сектором ИСИ АН СССР, к.ф.н.
А.А. Хагуров
1987г.



УТВЕРЖДАЮ
Директор Северо-Кавказского филиала
ВНИЦ "АИУС-агроресурсы", к.э.н.
Э.М. Трахов
1987г.

А К Т

Настоящий акт составлен комиссией в составе: Кириченко М.М., Ляшко Г.А., Самсонов Г.А., Коренец В.И., Луценко Е.В. в том, что в соответствии с договором о научно-техническом сотрудничестве между Северо-Кавказским филиалом ВНИЦ "АИУС-агроресурсы" и Краснодарским сектором Института социологических исследований АН СССР Северо-Кавказским филиалом ВНИЦ "АИУС-агроресурсы" выполнены следующие работы:

- осуществлена постановка задачи: "Обработка на ЭВМ социологических анкет Крайагропрома";
- разработаны математическая модель и программное обеспечение подсистемы распознавания образов, позволяющие решать данную задачу в среде персональной технологической системы ВЕГА-М;
- на профессиональной персональной ЭВМ "Искра-226" осуществлены расчёты по задаче в объёме:

Входная информация составила 425 анкет по 9-ти предприятиям.
Выходная информация - 4 вида выходных форм объёмом 90 листов формата А3 и 20 листов формата А4 содержит:

- процентное распределение ответов в разрезе по социальным типам корреспондентов;
- распределение информативностей признаков (в битах) для распознавания социальных типов корреспондентов;
- позитивные и негативные информационные портреты 30-ти социальных типов на языке 212 признаков;
- обобщённая характеристика информативности признаков для выбора такого минимального набора признаков, который содержит максимум информации о распознаваемых объектах (оптимизация анкет).

Работы выполнены на высоком научно-методическом уровне и в срок.

От ИСИ АН СССР:

Мл.научный сотрудник

Кириченко М.М.
19.05.1987г.

Мл.научный сотрудник

Ляшко Г.А.
19.05.1987г.

От СКФ ВНИЦ "АИУС-агроресурсы":

Зав.отделом аэрокосмических и
тематических изысканий №4, к.э.н.

Самсонов Г.А.
19.05.1987г.

Главный конструктор проекта
Коренец В.И.
19.05.1987г.

Главный конструктор проекта
Луценко Е.В.
19.05.1987г.

Но тогда SWOT-диаграммы назывались позитивным и негативным информационными портретами классов.

Информация о системе значений факторов, обуславливающих переход объекта моделирования в различные будущие состояния, соответствующие классам, может быть приведена не только в диаграммах, показанных на рисунках 15, но и во многих других табличных и графических формах, которые в данной работе не приводятся только из-за ограниченности ее объема. В частности в этих формах может быть выведена значительно более полная информация (в т. ч. вообще вся имеющая в модели). Подобная подробная информация содержится в базах данных, расположенных по пути:

\\Aidos-X\AID_DATA\A0000001\System\SWOTCls####Inf3.DBF, где: «####» – код класса с ведущими нулями. Эти базы открываются в MS Excel.

На рисунке 16 приведены примеры нескольких инвертированных SWOT-диаграмм, отражающих силу и направление влияния возраста на риск возникновения сердечного приступа.

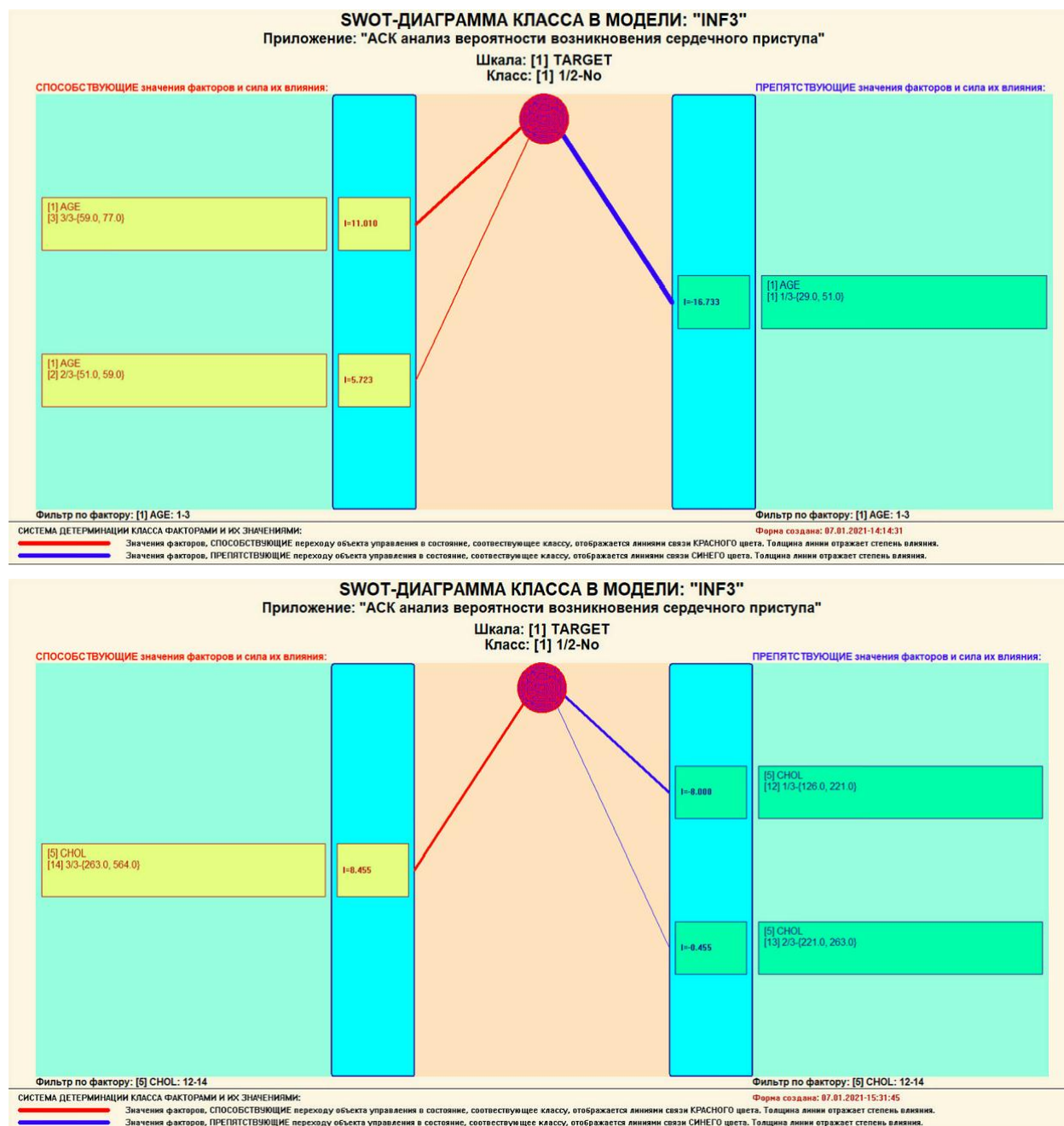


Рисунок 16 - Примеры SWOT-диаграмм, отражающих силу и направление риска возникновения сердечного приступа от возраста

Из первого примера видно, что наибольший риск возникновения сердечного приступа имеют люди в возрасте старше 50 лет и у кого выше уровень холестерина в крови.

В заключение отметим, что SWOT-анализ является широко известным и общепризнанным методом стратегического планирования. Однако это не мешает тому, что он подвергается критике, часто вполне справедливой, обоснованной и хорошо аргументированной. В результате критического рассмотрения SWOT-анализа выявлено довольно много его слабых сторон (недостатков), источником которых чаще всего является необходимость привлечения экспертов, в частности для оценки силы и направления влияния факторов. Ясно, что эксперты это делают неформализуемым путем (интуитивно), на основе своего опыта и профессиональной компетенции. Но возможности экспертов имеют свои ограничения и часто по различным причинам они не могут и не хотят это сделать. Таким образом, возникает проблема проведения SWOT-анализа без привлечения экспертов. Эта проблема может решаться путем автоматизации функций экспертов, т.е. путем измерения силы и направления влияния факторов непосредственно на основе эмпирических данных. Подобная технология разработана давно, ей уже более 30 лет, но, к сожалению, она сравнительно малоизвестна – это интеллектуальная система «Эйдос».

Подзадача 4.3. Исследование моделируемой предметной области путем исследования ее модели

Если модель предметной области достоверна, то исследование модели можно считать исследованием самого моделируемого объекта, т.е. результаты исследования модели корректно относить к самому объекту моделирования, «переносить на него».

В системе «Эйдос» есть довольно много возможностей для такого исследования, но в данной работе из-за ограничений на ее объем мы рассмотрим лишь результаты кластерно-конструктивного анализа классов и признаков (когнитивные диаграммы и дендрограммы), а также нелокальные нейроны, нелокальные нейронные сети, 3D-интегральные когнитивные карты и когнитивные функции.

4.3.1. Когнитивные диаграммы классов

Эти диаграммы отражают сходство/различие классов. Мы получаем их в режимах 4.2.2.1 и 4.2.2.2 (рисунок 17).

Отметим также, что на когнитивной диаграмме, приведенной на рисунке 17, показаны **количественные** оценки сходства/различия данных о вероятности возникновения сердечного приступа по связанным с ними значениями и их характеристиками. Важно, что эти результаты сравнения получены с применением системно-когнитивной модели, созданной *непосредственно на основе эмпирических данных*, а не как традиционно делается на основе экспертных оценок неформализуемым путем на основе опыта, интуиции и профессиональной компетенции.

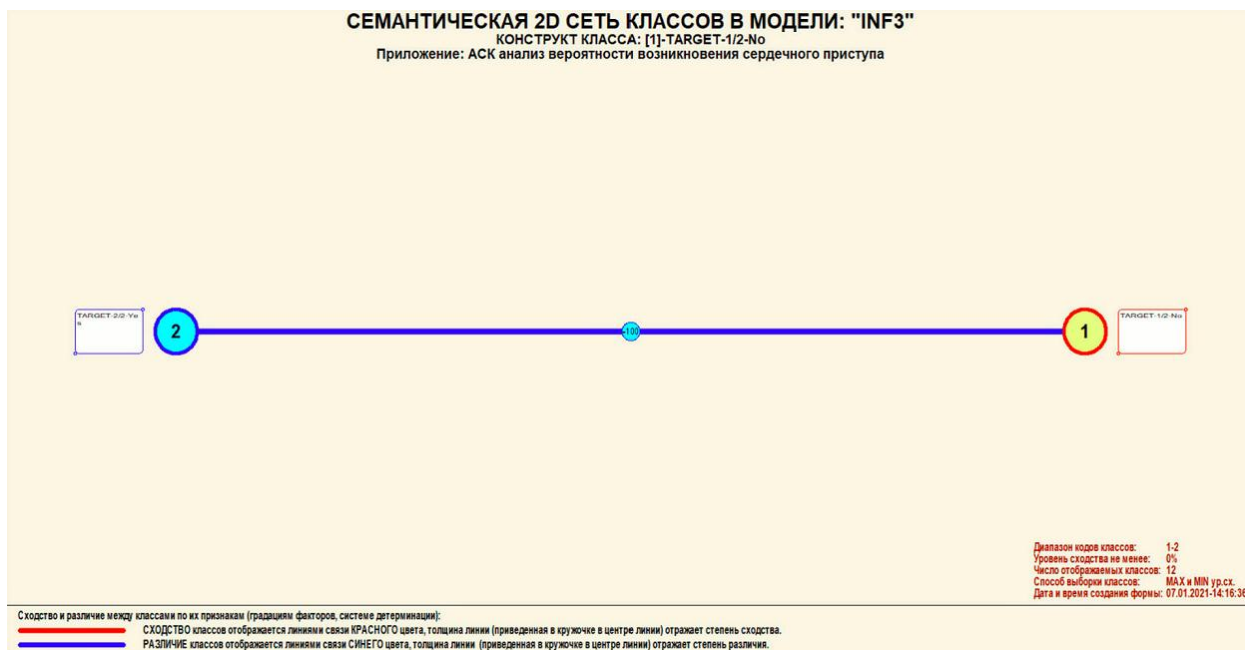


Рисунок 17 - Когнитивная диаграмма классов, отражающая сходства/различия характеристик людей, у которых возникновение сердечного приступа более высокое.

В системе «Эйдос» есть возможность управлять параметрами формирования и вывода изображения, приведенного на рисунке 17. Для этого используется диалоговое окно, приведенное на рисунке 18.

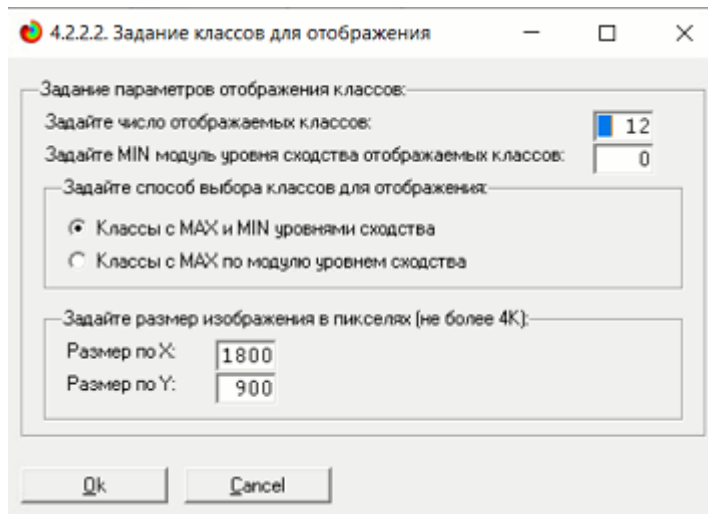


Рисунок 18 - Диалоговое окно управления параметрами формирования и вывода изображения когнитивной диаграммы классов

4.3.2. Агломеративная когнитивная кластеризация классов

Информация о сходстве/различии классов, содержащаяся в матрице сходства, может быть визуализирована не только в форме, когнитивных диаграмм, пример которой приведен на рисунке 17, но и в форме

агломеративных дендрограмм, полученных в результате **когнитивной кластеризации** (рисунок 19):

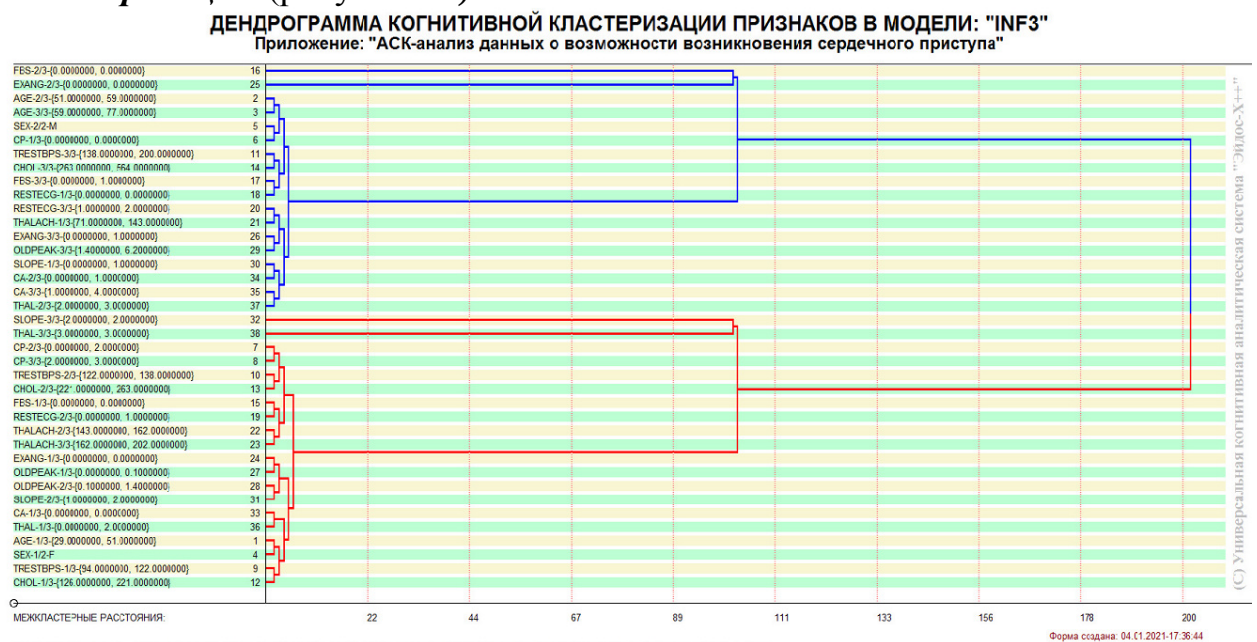


Рисунок 19 - Дендрограмма когнитивной агломеративной кластеризации, отражающая сходство/различия возникновений сердечного приступа

Из рисунков 17 и 19 мы видим, что различные итоги рисков возникновения сердечного приступа сходны по детерминирующей их системе значений характеристик, и, следовательно, корректно ставить задачу их одновременного достижения, а другие по системе значений этих параметров сильно отличаются, и, следовательно, являются взаимоисключающими, т.е. альтернативными и цель их одновременного достижения является некорректной и недостижимой, т.к. для достижения одного из альтернативных результатов необходимы одни значения характеристик, а для достижения другого – совершенно другие, которые не могут наблюдаться одновременно с первыми.

Из дендрограммы когнитивной агломеративной кластеризации классов, приведенной на рисунке 19, мы видим также, что все классы образуют два противоположных кластера, являющихся полюсами конструкта, по системе значений обуславливающих значениям параметров их характеристик.

На рисунке 20 мы видим график изменения межкластерных расстояний:

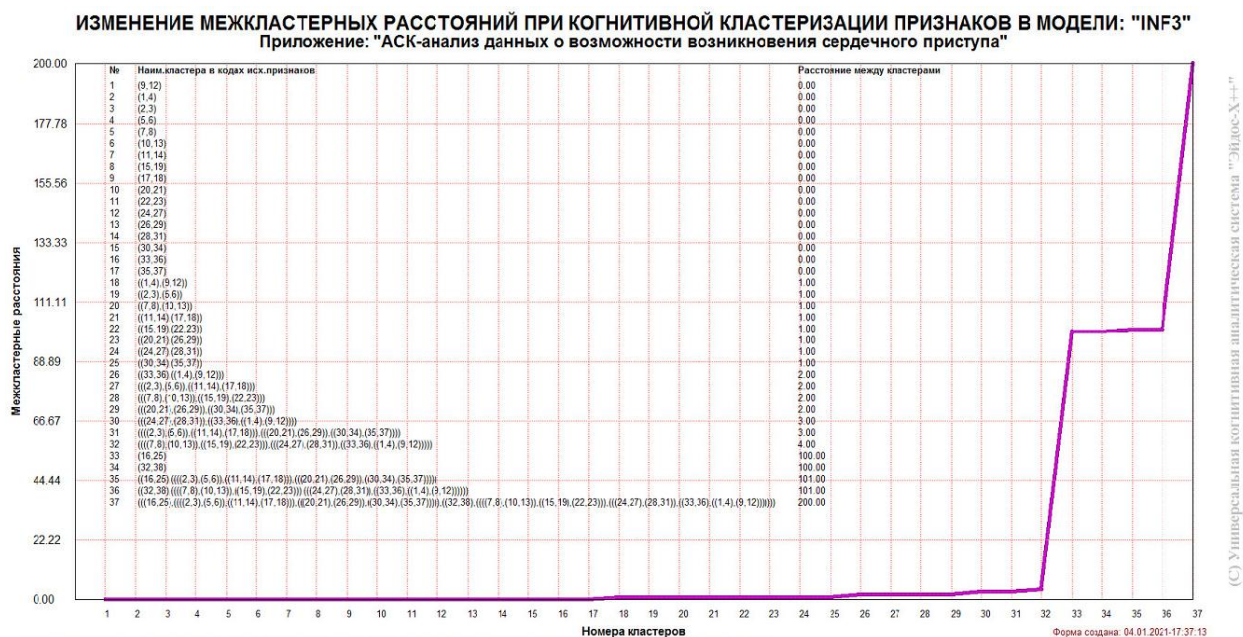


Рисунок 20 - График изменения межкластерных расстояний

4.3.3. Когнитивные диаграммы значений факторов

Эти диаграммы отражают сходство/различие значений параметров характеристик по их смыслу, т.е. по содержащейся в них информации о результате риска сердечного приступа. Эти диаграммы мы получаем в режимах 4.3.2.1 и 4.3.2.2 (рисунок 20).

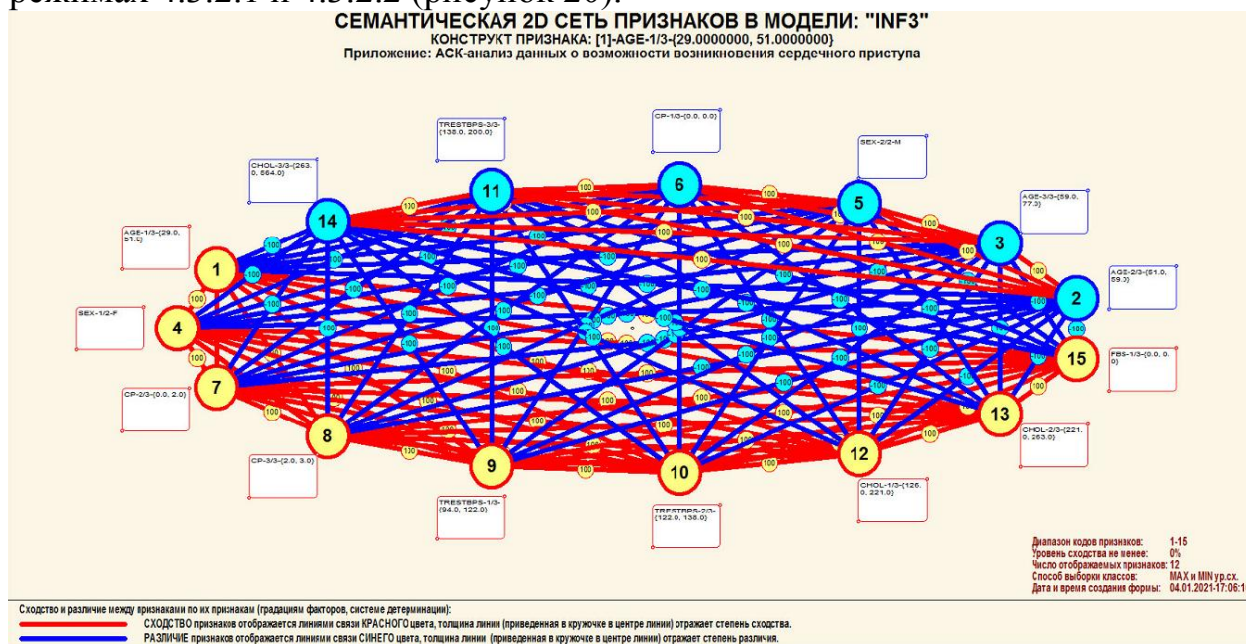


Рисунок 21 – Семантическая модель сходства/различия признаков в соответствии с их характеристиками

Из рисунка 21 видно, что все значения факторов образуют два крупных кластера, противоположных по их смыслу. Эти кластеры образуют полюса конструкта.

Отметим, что на когнитивной диаграмме, приведенной на рисунке 21, показаны **количественные** оценки сходства/различия значений факторов, полученные с применением системно-когнитивной модели, созданной непосредственно на основе эмпирических данных, а не как традиционно делается на основе экспертных оценок неформализуемым путем на основе опыта, интуиции и профессиональной компетенции.

Диаграмма, приведенная на рисунке 21, получена при параметрах, приведенных на рисунке 22.

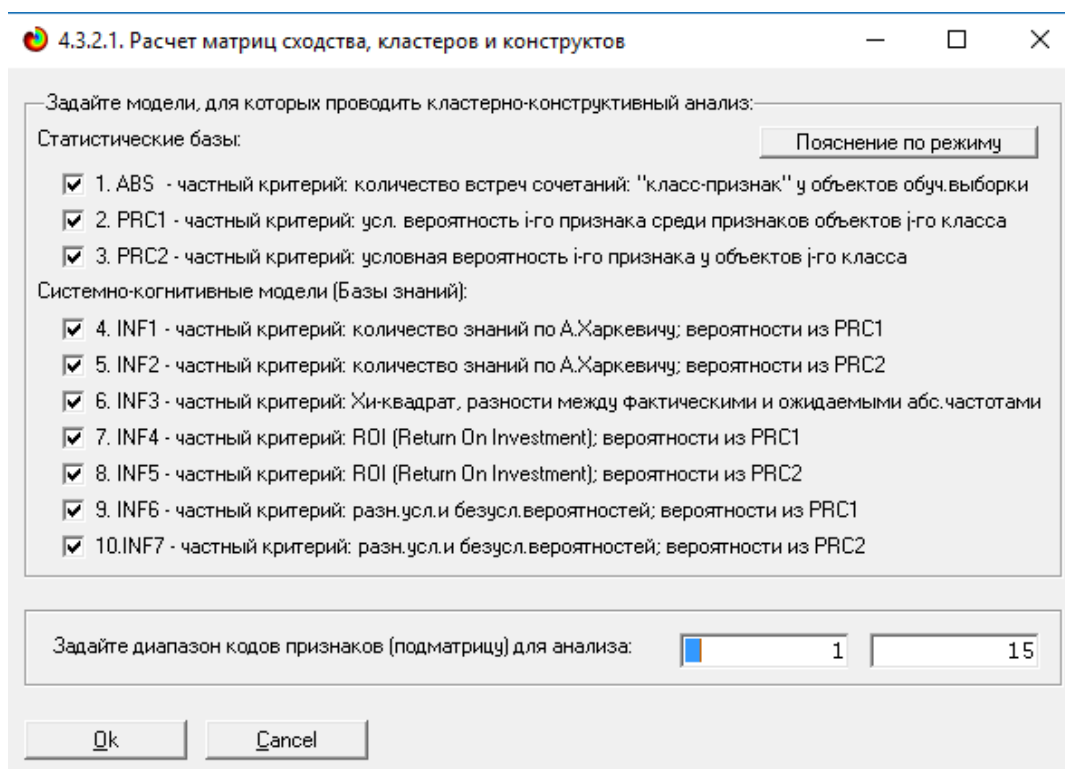


Рисунок 22 - Параметры расчета матриц сходства для отображения диаграмм семантической модели, приведенной на рисунке 21

4.3.4. Агломеративная когнитивная кластеризация значений факторов

На рисунке 23 приведена агломеративная дендрограмма когнитивной кластеризации значений факторов и график изменения межкластерных расстояний, полученные на основе той же матрицы сходства признаков по их смыслу, что и в когнитивных диаграммах, пример которой приведен на рисунке 21.

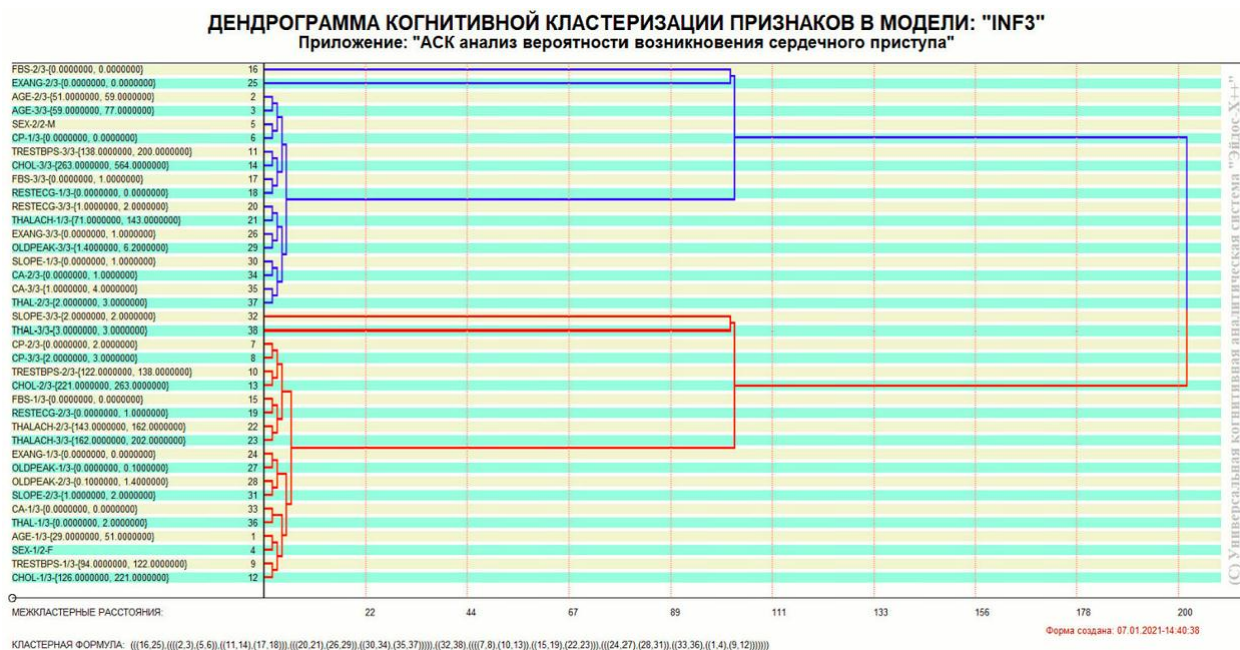


Рисунок 23 - Дендрограмма агломеративной когнитивной кластеризации признаков

Из дендрограммы на рисунке 23 мы видим, что все значения факторов образуют 2 четко выраженных кластера, объединенных в полюса конструкта (показаны синими и красным цветами).

Хорошо видна группировка признаков по их смыслу, т.е. по содержащейся в них информации о вероятности возникновения сердечного приступа. *Значения факторов на полюсах конструкта факторов (рисунок 23) обуславливают переход объекта моделирования в состояния, соответствующие классам, представленным на полюсах конструкта классов (рисунки 19 и 21).*

На рисунке 24 приведен график межкластерных расстояний значений признаков.



Рисунок 24 - График изменения межкластерных расстояний при когнитивной кластеризации значений факторов

4.3.5. Нелокальные нейроны и нелокальные нейронные сети

На рисунке 25 приведён пример нелокального нейрона, а на рисунке 26 - фрагмент одного слоя нелокальной нейронной сети:

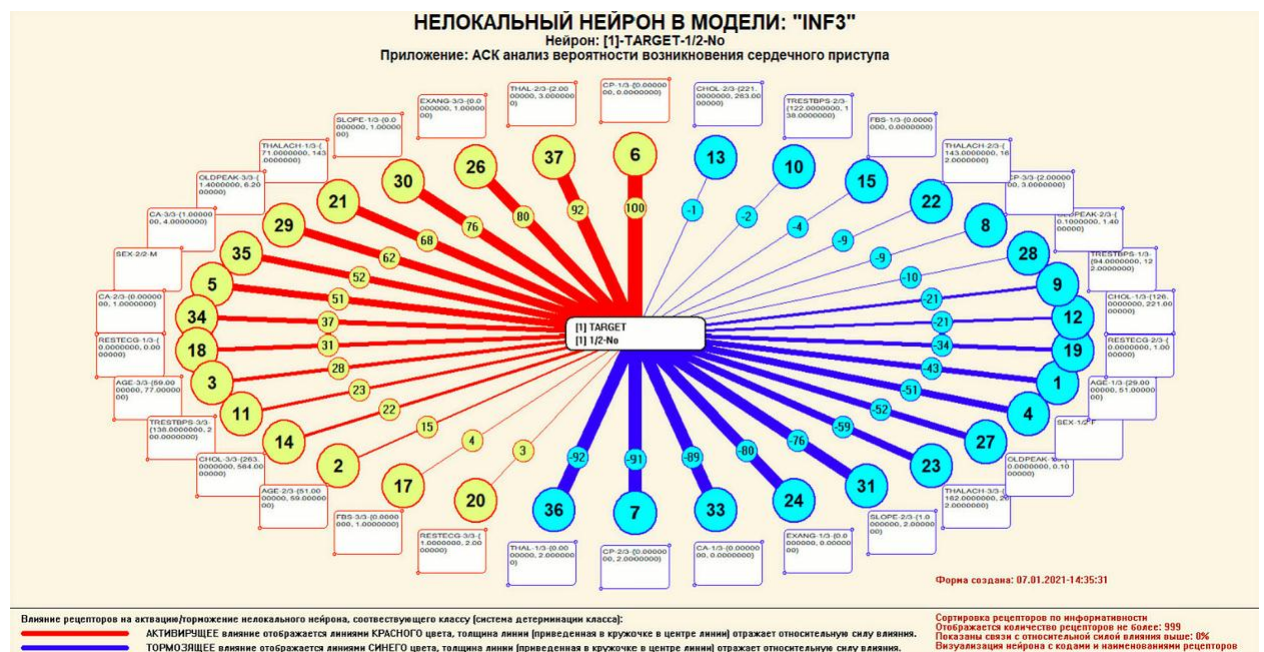


Рисунок 25 - Пример нелокального нейрона, отражающего риск возникновения сердечного приступа

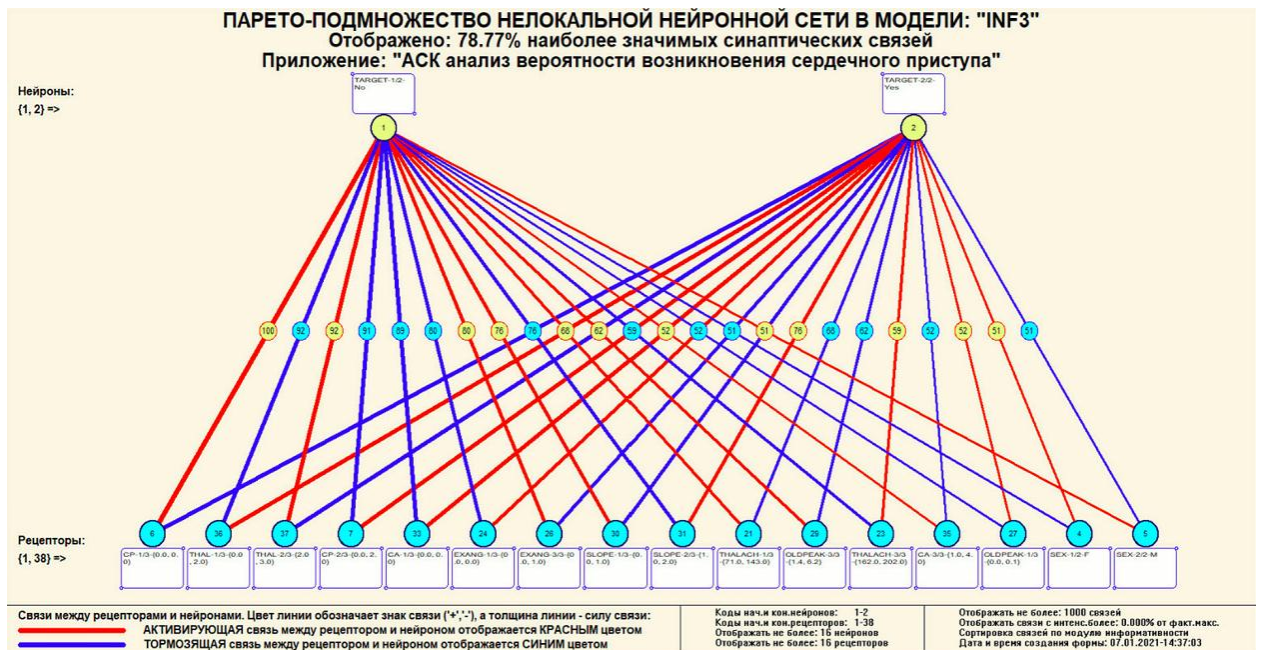


Рисунок 26 - Один слой нелокальной нейронной сети, отражающий силу и направление влияния значений данных на риск возникновения сердечного приступа (фрагмент 78,77% сети)

В приведенном фрагменте слоя нейронной сети нейроны соответствуют данным о результатах риска возникновения сердечного приступа, а рецепторы – их характеристикам. Нейроны расположены слева направо в порядке убывания силы детерминации, т.е. слева находятся результаты, наиболее жестко обусловленные обуславливающими их значениями факторами, а справа – менее жестко обусловленные.

Модель знаний системы «Эйдос» относится к **нечетким декларативным** гибридным моделям и объединяет в себе некоторые особенности нейросетевой и фреймовой моделей представления знаний. Классы в этой модели соответствуют нейронам и фреймам, а признаки рецепторам и шпациям (описательные шкалы – слотам).

От фреймовой модели представления знаний модель системы «Эйдос» отличается своей эффективной и простой программной реализацией, полученной за счет того, что разные фреймы отличаются друг от друга не набором слотов и шпаций, а лишь информацией в них. Поэтому в системе «Эйдос» при увеличении числа фреймов само количество баз данных не увеличивается, а увеличивается лишь их размерность.

От нейросетевой модели представления знаний модель системы «Эйдос» отличается тем, что:

1) весовые коэффициенты на рецепторах не подбираются итерационным методом обратного распространения ошибки, а считаются прямым счетом на основе хорошо теоретически обоснованной модели, основанной на теории информации (это напоминает байесовские сети);

2) весовые коэффициенты имеют хорошо теоретически обоснованную содержательную интерпретацию, основанную на теории информации;

3) нейросеть является нелокальной, как сейчас говорят «полносвязной».

4.3.6. 3D-интегральные когнитивные карты

На рисунке 27 приведен фрагмент 3d-интегральной когнитивной карты, отражающий фрагмент около 78,77% СК-модели Inf3.

3d-интегральная когнитивная карта является отображением на одном рисунке когнитивных диаграмм классов и значений факторов, отображенных соответственно на рисунках 17 и 21, и одного слоя нейронной сети, приведенного на рисунке 26.

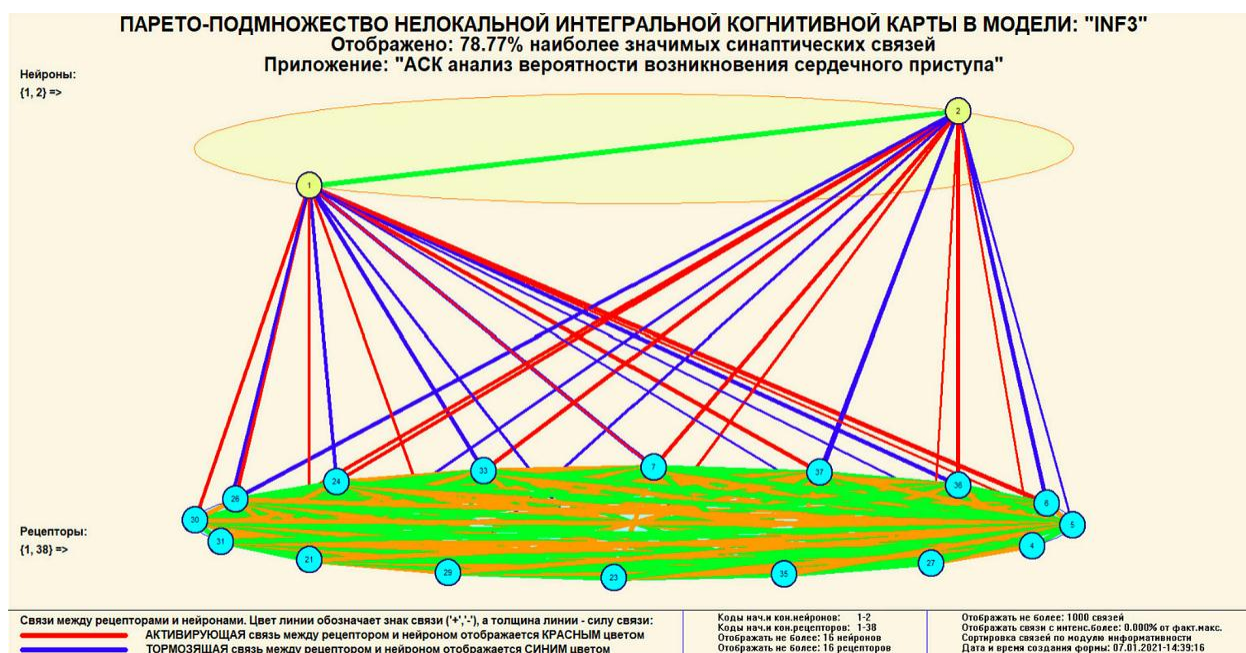


Рисунок 27 – 3D-интегральная когнитивная карта в СК-модели Inf3

4.3.7. Когнитивные функции

Вместо описания того, что представляют собой когнитивные функции, приведем Help соответствующего режима системы «Эйдос» (рисунок 28).

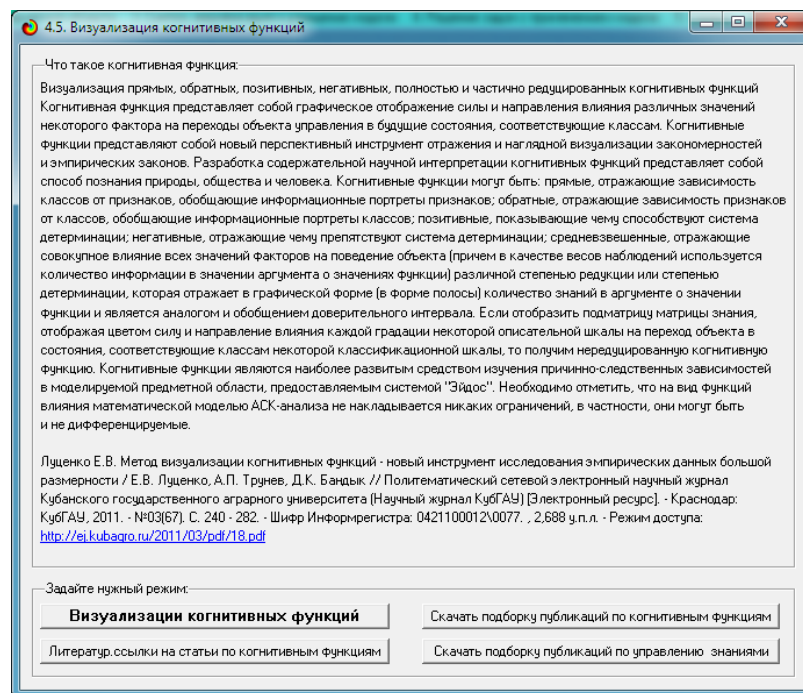


Рисунок 28 - Help режима визуализации когнитивных функций

Когнитивная функция представляет собой графическое отображение силы и направления влияния различных значений некоторого фактора (признаков) на переходы объекта управления в будущие состояния, соответствующие классам. Классы являются градациями классификационных шкал.

Когнитивные функции представляют собой новый перспективный инструмент отражения и наглядной визуализации эмпирических закономерностей и эмпирических законов. Разработка содержательной научной интерпретации когнитивных функций представляет собой способ познания природы, общества и человека.

Когнитивные функции могут быть: прямые, отражающие зависимость классов от признаков, обобщающие информационные портреты признаков; обратные, отражающие зависимость признаков от классов, обобщающие информационные портреты классов; позитивные, показывающие чему способствуют система детерминации (обозначены белой линией); негативные, отражающие чему препятствуют система детерминации (обозначены черной линией); средневзвешенные, отражающие совокупное влияние всех значений факторов на поведение объекта (причем в качестве весов наблюдений используется количество информации в значении аргумента о значениях функции) различной степенью редукции или степенью детерминации, которая отражает в графической форме (в форме полосы разной толщины) количество знаний в аргументе о значении функции и является аналогом и обобщением доверительного интервала.

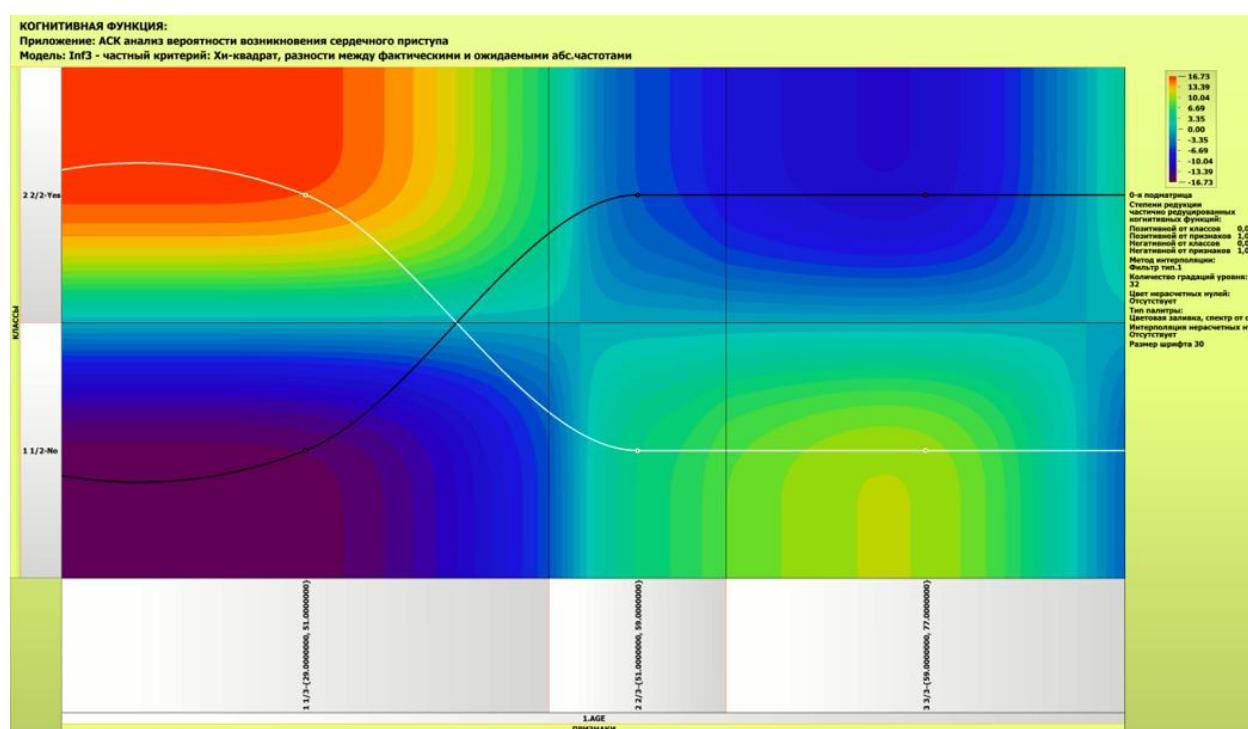
Если отобразить подматрицу матрицы знания, отображая цветом силу и направление влияния каждой градации некоторой описательной шкалы на

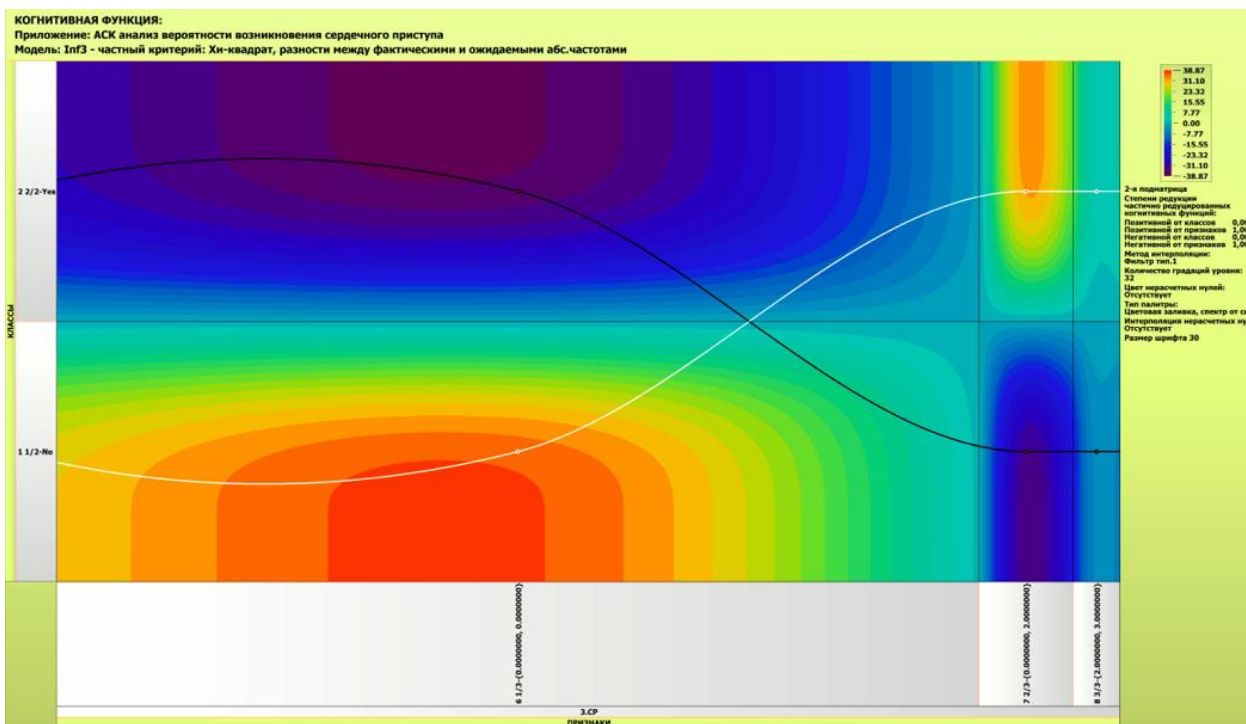
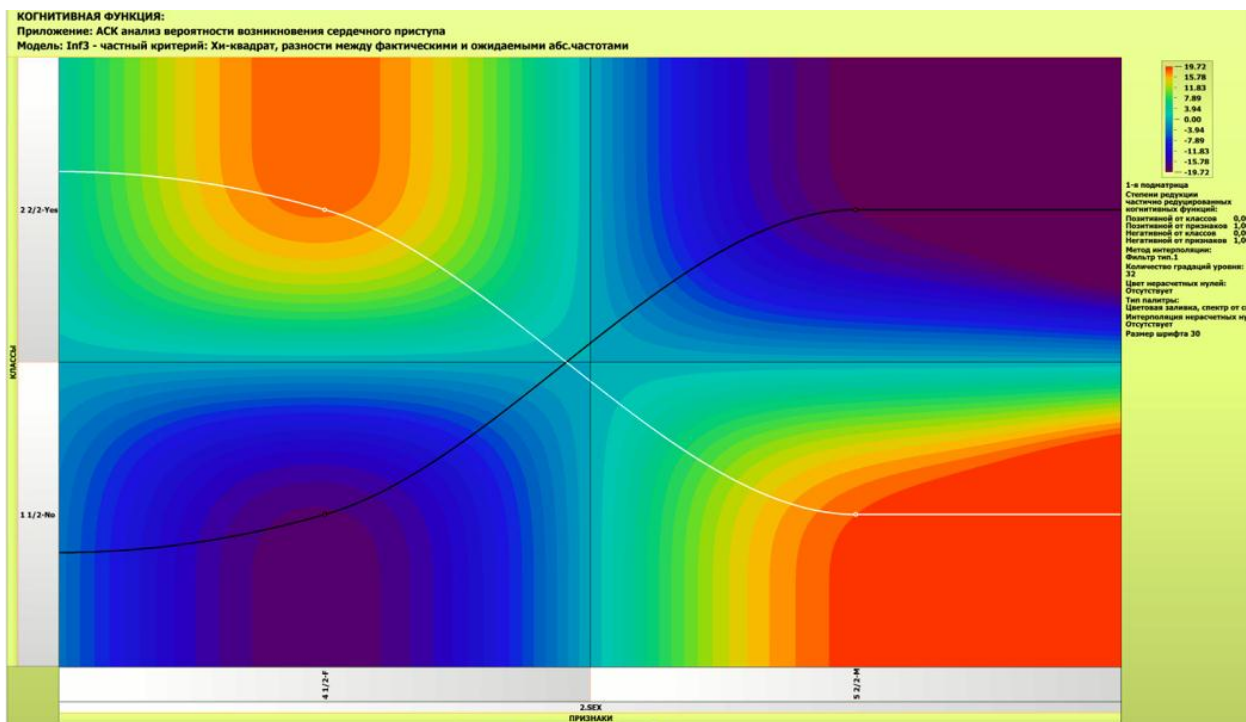
переход объекта в состояния, соответствующие классам некоторой классификационной шкалы, то получим нередуцированную когнитивную функцию.

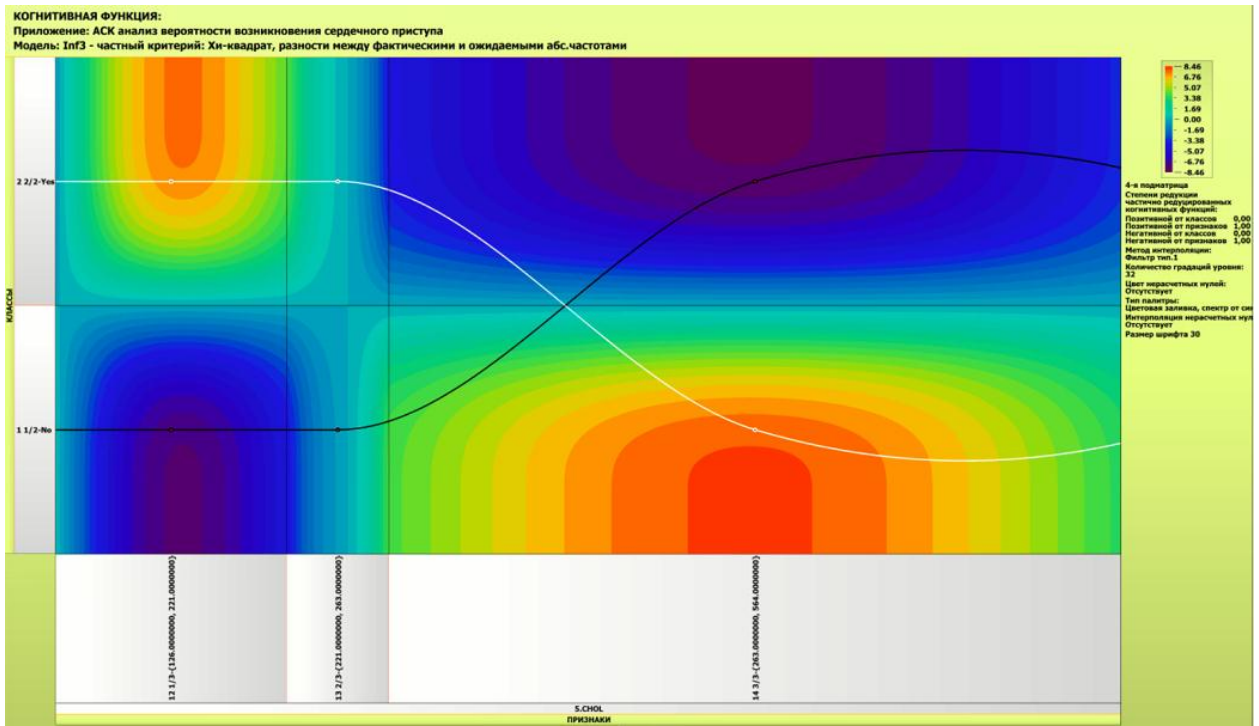
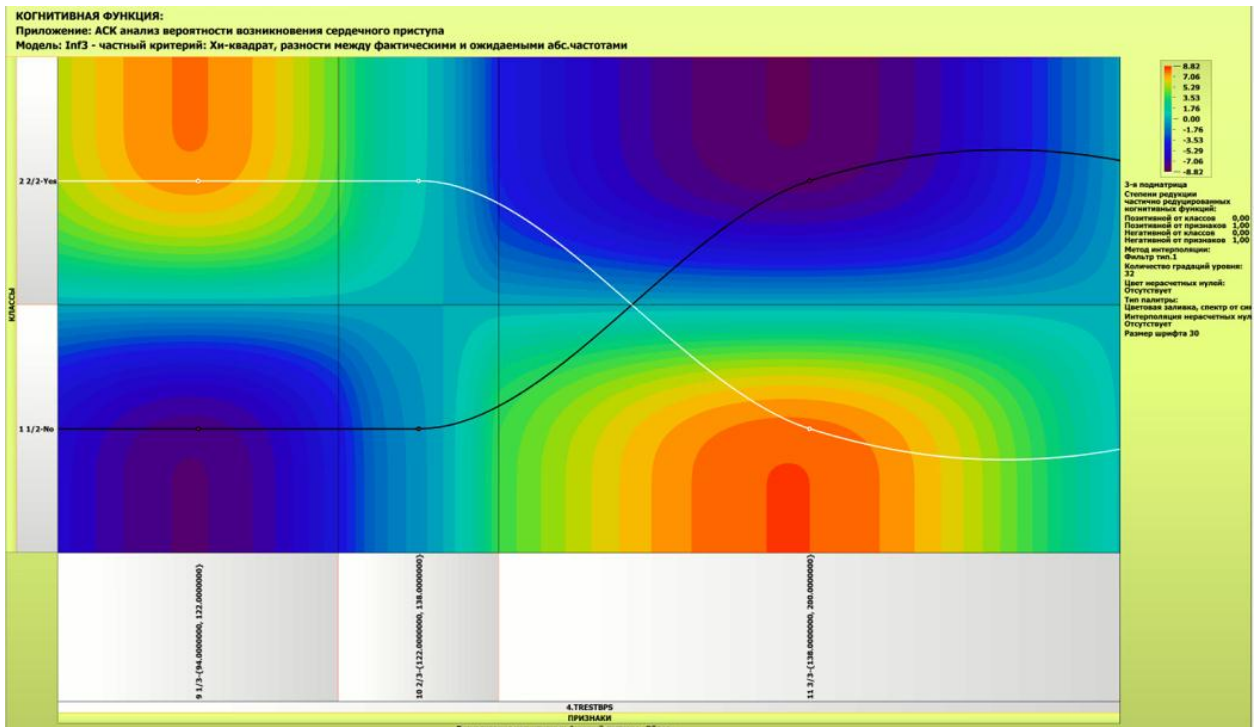
Когнитивные функции являются наиболее развитым средством изучения причинно-следственных зависимостей в моделируемой предметной области, предоставляемым системой "Эйдос".

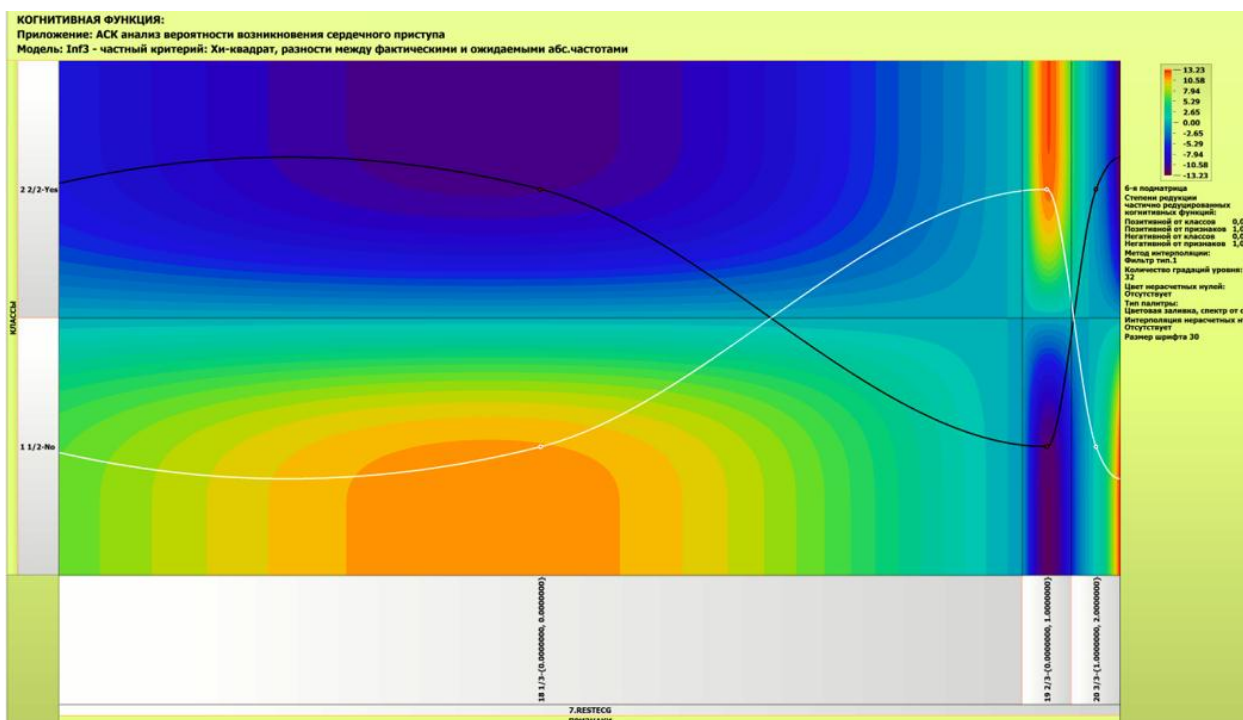
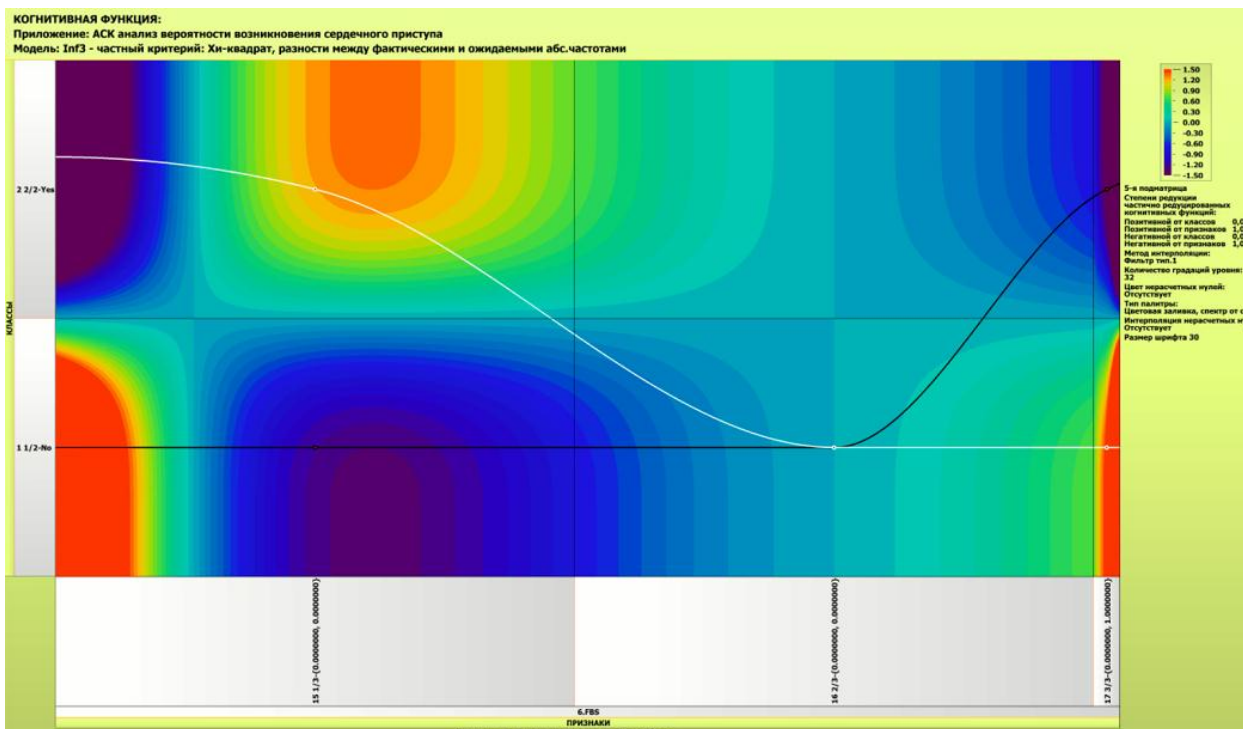
Необходимо отметить, что *на вид функций влияния математической моделью АСК-анализа не накладывается никаких ограничений*, в частности, они могут быть и не дифференцируемые.

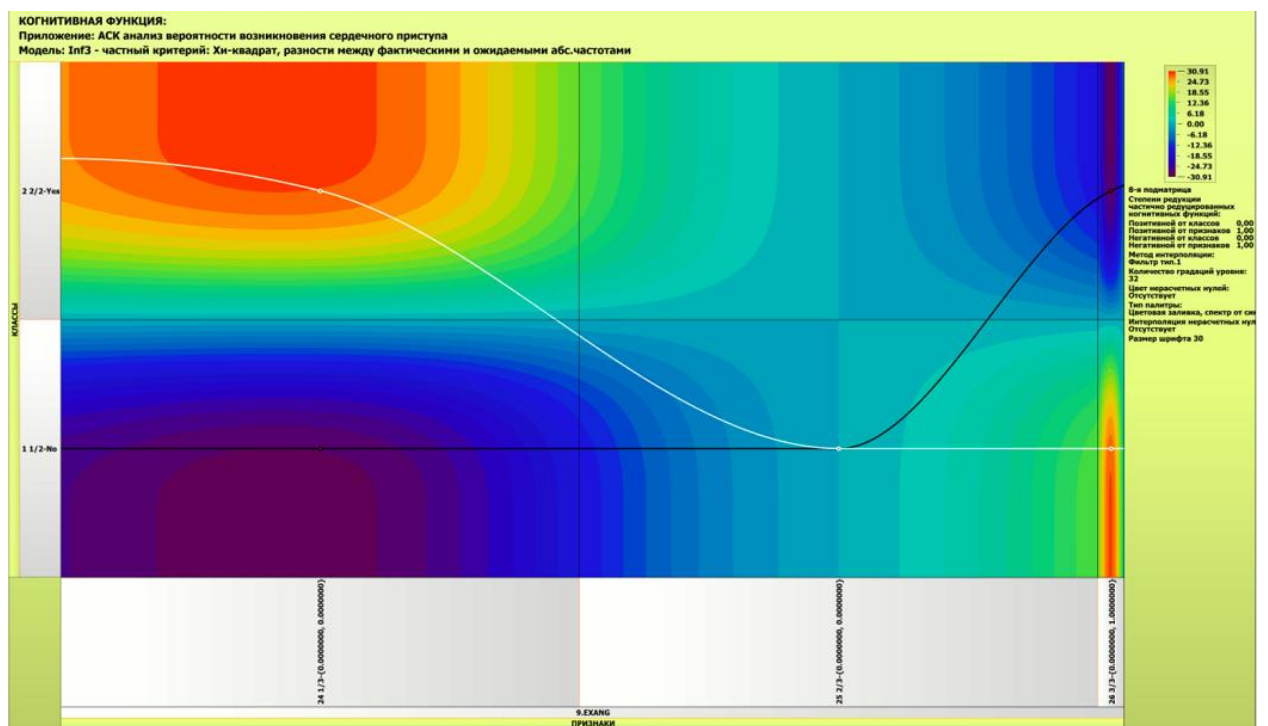
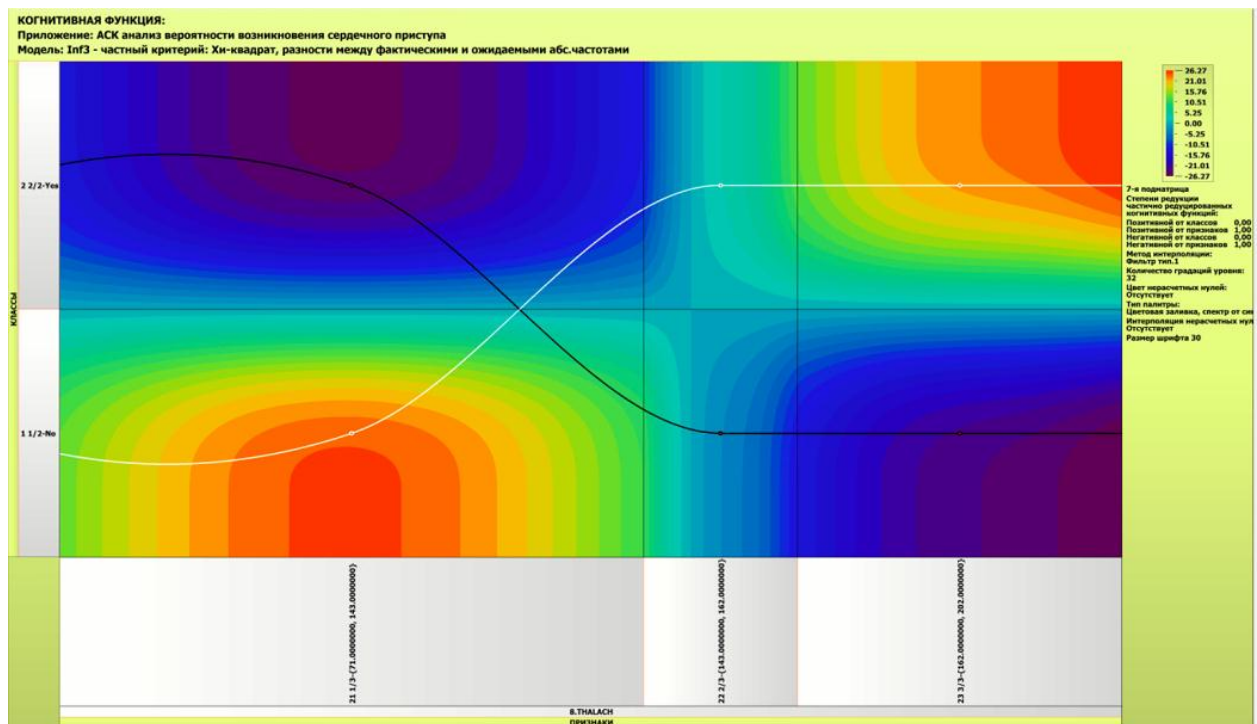
На рисунках 29 приведены когнитивные функции, наглядно отражающие силу и направление влияния значений (т.е. степени выраженности) различных характеристик факторов на риск возникновения сердечного приступа у различных групп людей.











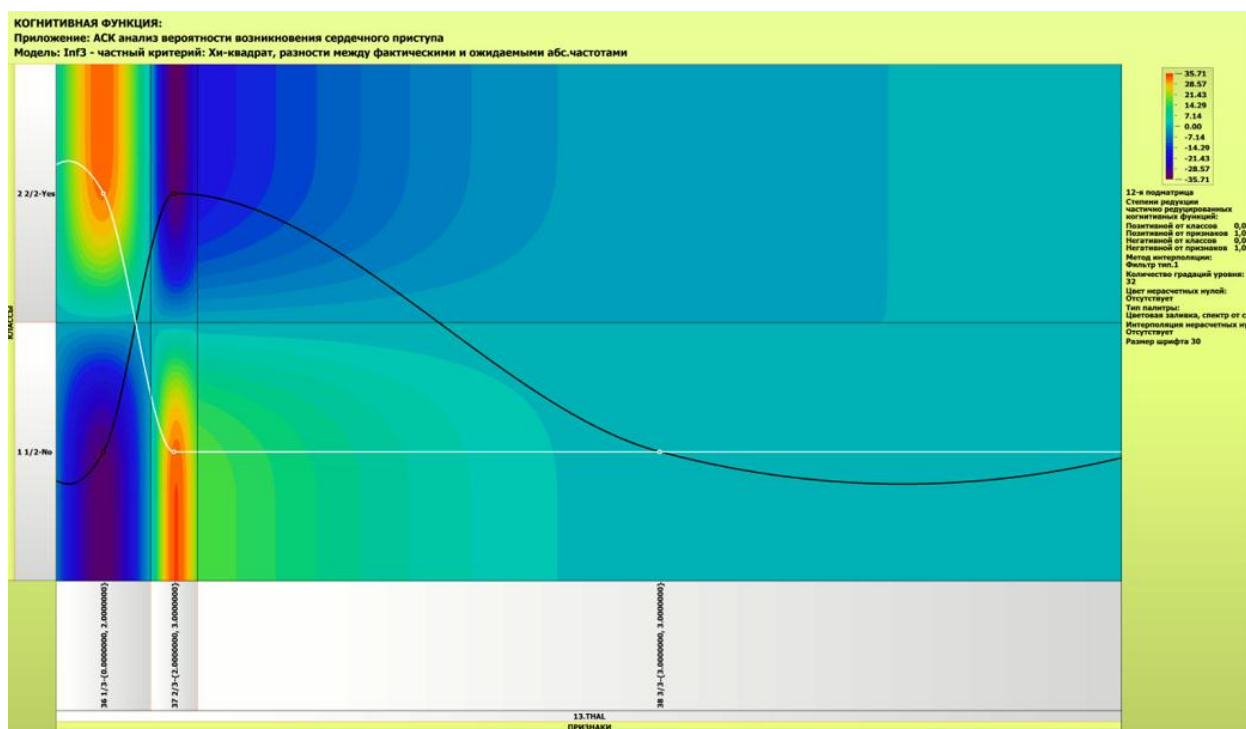
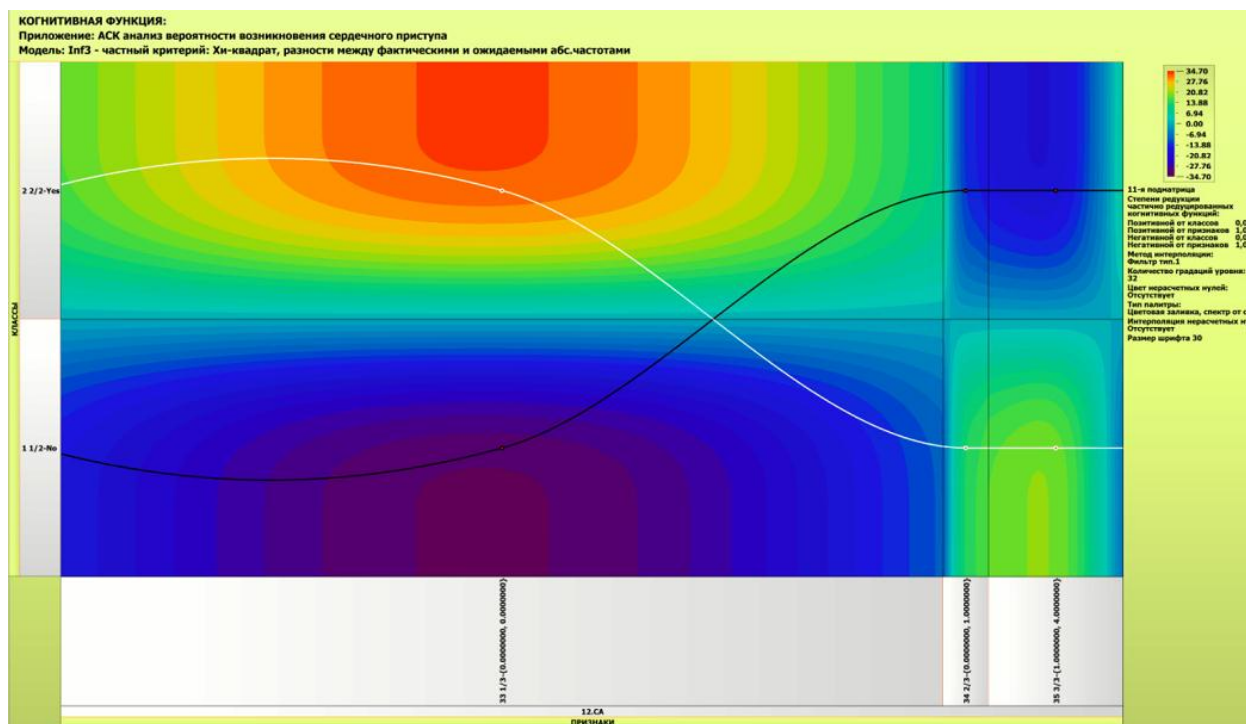


Рисунок 29 - Примеры когнитивных функций в СК-модели INF3, отражающих вероятность возникновения сердечного приступа

Из когнитивных функций, приведенных на рисунке 29, хорошо видно, что *зависимости между значениями факторов возникновения сердечного приступа и его классом (риском возникновения) в основном имеют довольно предсказуемый характер.*

4.3.8. Сила и направление влияния значений характеристик риска возникновения сердечного приступа

На рисунках 7, 8 приведены фрагменты некоторых статистических и системно-когнитивных моделей, отражающих моделируемую предметную область.

Строки матриц моделей соответствуют значениям факторов, т.е. значениям факторов (градации описательных шкал).

Колонки матриц моделей соответствуют различным классам, отражающим итог о возможности сердечного приступа (градации классификационных шкал).

Числовые значения в ячейках матриц моделей, находящихся на пересечении строк и колонок, отражают направление (знак) и силу влияния конкретного значения характеристики факторов риска возникновения, соответствующего строке, на конкретное значение его класса (результатов возникновения).

Если какое-то значение характеристики слабо влияет на риск возникновения, то в соответствующей строке матрицы модели будут малые по модулю значения разных знаков, если же влияние сильное – то и значения будут большие по модулю разных знаков.

Если значение какой-либо характеристики способствует получению некоторого результата возможности сердечного приступа у каких-либо групп людей, то в соответствующей этому результату ячейке матрицы модели будут положительные значения, если же понижает – то и значения будут отрицательные.

Из этого следует, что суммарную силу влияния того или иного значения факторов, влияющих на риск возникновения сердечного приступа, на его класс (т.е. ценность данного значения характеристики для решения задачи квалиметрии и других задач) можно количественно оценивать **степенью вариабельности значений** в строке матрицы модели, соответствующей этому значению характеристики фактора возможности возникновения сердечного приступа.

Существует много мер вариабельности значений: это и среднее модулей отклонения от среднего, и дисперсия, и среднеквадратичное отклонение, и другие. В АСК-анализе и системе «Эйдос» для этой цели принято использовать среднеквадратичное отклонение. Численно оно равно стандартному отклонению и вычисляется по той же формуле, но мы предпочитаем не использовать термин «стандартное отклонение», т.к. он предполагает нормальность распределения исследуемых последовательностей чисел, а значит и проверку соответствующих статистических гипотез.

Самая правая колонка в матрицах моделей на рисунках 7, 8 содержит количественную оценку вариабельности значений строки модели (среднеквадратичное отклонение), которая и представляет собой ценность значения характеристики факторов, соответствующего строке, для решения задачи квалиметрии и других задач, рассмотренных в работе.

Если рассортировать матрицу модели по этой самой правой колонке в порядке убывания, а потом просуммировать значения в ней нарастающим итогом, то получим логистическую парето-кривую, отражающую зависимость ценности модели от числа наиболее ценных признаков в ней (рисунок 30, таблица 5).

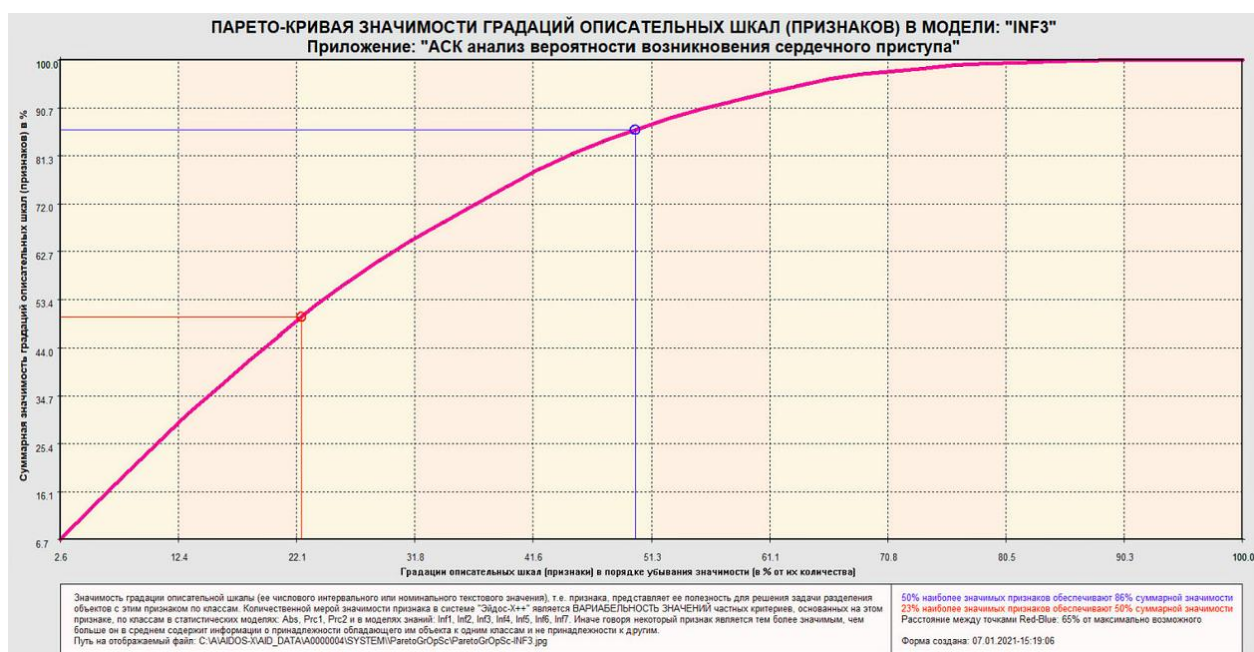


Рисунок 30 - Парето-кривая значимости градаций описательных шкал

Таблица 5 – Парето-таблица значимости градаций описательных шкал, т.е. сила влияния значений факторов на риск возникновения сердечного приступа в СК-модели INF3

№	Код	Наименование	Код шкалы	Значи- мость, %	Значи- мость нараст. итогом, %
1	6	CP-1/3-{0.0000000, 0.0000000}	3	6,7341340	6,7341340
2	36	THAL-1/3-{0.0000000, 2.0000000}	13	6,1869640	12,9210980
3	37	THAL-2/3-{2.0000000, 3.0000000}	13	6,1869640	19,1080621
4	7	CP-2/3-{0.0000000, 2.0000000}	3	6,1320752	25,2401373
5	33	CA-1/3-{0.0000000, 0.0000000}	12	6,0120066	31,2521439
6	24	EXANG-1/3-{0.0000000, 0.0000000}	9	5,3550600	36,6072038
7	26	EXANG-3/3-{0.0000000, 1.0000000}	9	5,3550600	41,9622638
8	30	SLOPE-1/3-{0.0000000, 1.0000000}	11	5,1406518	47,1029156
9	31	SLOPE-2/3-{1.0000000, 2.0000000}	11	5,1406518	52,2435674
10	21	THALACH-1/3-{71.0000000, 143.0000000}	8	4,5506003	56,7941677

11	29	OLDPEAK-3/3-{1.4000000, 6.2000000}	10	4,1595197	60,9536874
12	23	THALACH-3/3-{162.0000000, 202.0000000}	8	3,9519727	64,9056601
13	35	CA-3/3-{1.0000000, 4.0000000}	12	3,5180103	68,4236704
14	27	OLDPEAK-1/3-{0.0000000, 0.1000000}	10	3,5128644	71,9365349
15	4	SEX-1/2-F	2	3,4168097	75,3533445
16	5	SEX-2/2-M	2	3,4168097	78,7701542
17	1	AGE-1/3-{29.0000000, 51.0000000}	1	2,8987994	81,6689536
18	34	CA-2/3-{0.0000000, 1.0000000}	12	2,4939966	84,1629502
19	19	RESTECG-2/3-{0.0000000, 1.0000000}	7	2,2915953	86,4545455
20	18	RESTECG-1/3-{0.0000000, 0.0000000}	7	2,0874786	88,5420241
21	3	AGE-3/3-{59.0000000, 77.0000000}	1	1,9073757	90,4493998
22	11	TRESTBPS-3/3-{138.0000000, 200.0000000}	4	1,5283019	91,9777016
23	14	CHOL-3/3-{263.0000000, 564.0000000}	5	1,4648370	93,4425386
24	9	TRESTBPS-1/3-{94.0000000, 122.0000000}	4	1,3859348	94,8284735
25	12	CHOL-1/3-{126.0000000, 221.0000000}	5	1,3859348	96,2144083
26	2	AGE-2/3-{51.0000000, 59.0000000}	1	0,9914236	97,2058319
27	28	OLDPEAK-2/3-{0.1000000, 1.4000000}	10	0,6466552	97,8524871
28	8	CP-3/3-{2.0000000, 3.0000000}	3	0,6020583	98,4545455
29	22	THALACH-2/3-{143.0000000, 162.0000000}	8	0,5986278	99,0531733
30	15	FBS-1/3-{0.0000000, 0.0000000}	6	0,2607204	99,3138937
31	17	FBS-3/3-{0.0000000, 1.0000000}	6	0,2607204	99,5746141
32	20	RESTECG-3/3-{1.0000000, 2.0000000}	7	0,2041166	99,7787307
33	10	TRESTBPS-2/3-{122.0000000, 138.0000000}	4	0,1423671	99,9210978
34	13	CHOL-2/3-{221.0000000, 263.0000000}	5	0,0789022	100,0000000
35	16	FBS-2/3-{0.0000000, 0.0000000}	6	0,0000000	100,0000000
36	25	EXANG-2/3-{0.0000000, 0.0000000}	9	0,0000000	100,0000000
37	32	SLOPE-3/3-{2.0000000, 2.0000000}	11	0,0000000	100,0000000
38	38	THAL-3/3-{3.0000000, 3.0000000}	13	0,0000000	100,0000000

Из рисунка 30 и таблицы 5 видно, что 46% наиболее ценных для решения задачи идентификации характеристик данных о риске возникновения сердечного приступа обуславливают 70% суммарной ценности, а 41% суммарной ценности обеспечиваются 23% наиболее ценных факторов риска возможности сердечного приступа.

Обращаем внимание, что наиболее ценным является тип боли в груди, а наименее ценным – уровень сахара в крови натощак в крови, причем наименее ценный фактор не является бессмысленным.

Из таблицы 5 видно, что наиболее сильное влияние на риск возникновения сердечного приступа оказывают значения факторов:

- CP-3/3-{2.0000000, 3.0000000};
- THAL-3/3-{3.0000000, 3.0000000};
- EXANG-3/3-{1.0000000, 1.0000000};
- SLOPE-3/3-{2.0000000, 2.0000000};
- CA-3/3-{1.0000000, 4.0000000};
- THALACH-3/3-{162.0000000, 202.0000000}.

А наиболее низкое влияние оказывает:

- OLDPEAK-2/3-{0.0000000, 1.4000000};
- AGE-3/3-{58.0000000, 77.0000000};
- SEX-1/2-F/M;
- RESTECG-3/3-{1.0000000, 2.0000000};
- TRESTBPS-3/3-{138.0000000, 200.0000000};
- CHOL-3/3-{265.0000000, 564.0000000};
- FBS-3/3-{0.0000000, 1.0000000}.

Ценность же характеристик данных о возможности сердечного приступа (всей описательной шкалы или фактора), для решения этих задач можно количественно оценивать, как среднее от ценности значений этого параметра (таблица 6).

Таблица 6 – Парето-таблица значимости описательных шкал, т.е. сила влияния факторов риска сердечного приступа на его итог в СК-модели INF3

№	Код	Название описательной шкалы	Значи_ мость, %	Значимость нарастающим итогом
1	3	CP	13,0232866	13,0232866
2	13	THAL	11,9651033	24,9883899
3	12	CA	11,6267496	36,6151395
4	9	EXANG	10,3562660	46,9714055
5	11	SLOPE	9,9416175	56,9130230
6	2	SEX	9,9117629	66,8247859
7	8	THALACH	8,8005043	75,6252902
8	10	OLDPEAK	8,0441849	83,6694751
9	1	AGE	5,6060506	89,2755257
10	7	RESTECG	4,4317655	93,7072912
11	4	TRESTBPS	2,9556160	96,6629072
12	5	CHOL	2,8328799	99,4957872
13	6	FBS	0,5042128	100,0000000

Из таблицы 6 видно, что наиболее сильное влияние на риск возникновения сердечного приступа оказывают тип боли и талассемия, а наиболее низкое – уровень холестерина в крови и уровень сахара в крови натощак.

4.3.9. Степень детерминированности класса (результата) возникновения сердечного приступа

Степень детерминированности (обусловленности) класса в системе «Эйдос» количественно оценивается **степенью вариабельности значений факторов** (градаций описательных шкал) в колонке матрицы модели, соответствующей риску возможности возникновения сердечного приступа (таблица 7).

В данной работе у нас классами являются итогами вероятности возникновения сердечного приступа, а значениями градаций описательных шкал – данные о факторах, влияющих на риск возникновения.

На рисунке 31 мы видим Парето-кривую степени детерминированности классов значениями характеристик нарастающим итогом.

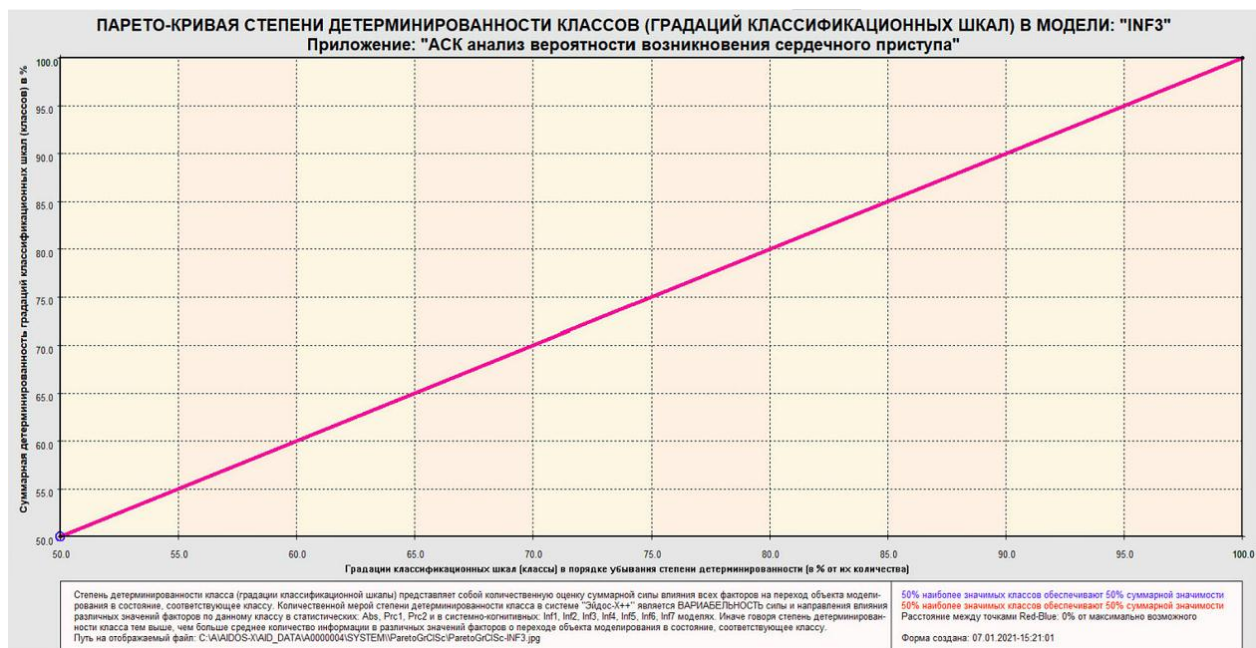


Рисунок 31 - Парето-кривая степени детерминированности классов

Таблица 7 – Парето-таблица степеней детерминированности (обусловленности) классов в СК-модели INF3

№	Код класса	Название класса	Значимость, %	Значимость нарастающим итогом
1	1	TARGET-1/2-No	20,0423299	50,0000000
2	2	TARGET-2/2-Yes	40,0846598	50,0000000

Из таблицы 7 мы видим, что значения характеристик наиболее сильно детерминируют (обуславливают) такой итог риска возникновения как отрицательный, а наиболее слабо – риск возникновения как положительный. При этом степень детерминированности наиболее и наименее детерминированных классов не отличается и равны в процентном соотношении.

Чем выше степень детерминированности результата риска возможности возникновения сердечного приступа значениями факторов, оказывающих влияния, тем легче определить этот итог по параметрам этих самых факторов.

7. Выводы

Как показывает анализ результатов численного эксперимента предложенное и реализованное в системе «Эйдос» решение поставленных задач является вполне эффективным, что позволяет обоснованно утверждать, что цель работы достигнута, поставленная проблема решена.

В результате проделанной работы, с помощью системы «Эйдос» были созданы 3 статистические и 7 системно-когнитивных моделей, в которых непосредственно на основе эмпирических данных сформированы обобщенные образы классов по различным классам итогов возникновения сердечного приступа, изучено влияние характеристик данных о рисках возникновения на эти классы, и, на основе этого, решены задачи идентификации, классификации и исследования моделируемой предметной области путем исследования ее модели.

Со всеми моделями, созданными в данной статье, можно ознакомиться установив облачное Эйдос-приложение №247 в режиме 1.3 системы «Эйдос».

Список литературы

1. Луценко Е.В. Автоматизированный системно-когнитивный анализ в управлении активными объектами (системная теория информации и ее применение в исследовании экономических, социально-психологических, технологических и организационно-технических систем): Монография (научное издание). – Краснодар: КубГАУ. 2002. – 605 с. <http://elibrary.ru/item.asp?id=18632909>

2. Луценко Е.В. Универсальный информационный вариационный принцип развития систем / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2008. – №07(041). С. 117 – 193. – Шифр Информрегистра: 0420800012\0091, IDA [article ID]: 0410807010. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2008/07/pdf/10.pdf>, 4,812 у.п.л.

3. Lutsenko E. V. System analysis and decision-making (Automated system-cognitive analysis and solving problems of identification, decision-making and research of the simulated subject area): textbook / E. V. Lutsenko. - Krasnodar: ECSC "Eidos", 2020. - 1031 p. // August 2020, DOI: [10.13140/RG.2.2.27247.05289](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.27247.05289), License [CC BY-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/), https://www.researchgate.net/publication/343998862_SYSTEM_ANALYSIS_AND_DECISION_MAKING_Automated_system-cognitive_analysis_and_solving_problems_of_identification_decision-making_and_research_of_the_simulated_subject_area, см. учебный вопрос-2.8.5. Повышение уровня системности объекта управления как цель управления.

4. Lutsenko E.V. On higher forms of consciousness, the prospects of man, technology and society (selected works) // August 2019, DOI: [10.13140/RG.2.2.21336.24320](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.21336.24320), License [CC BY-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/), https://www.researchgate.net/publication/335057548_On_HIGHER_FORMS_of_CONSCIOUSNESS_the_PROSPECTS_of_MAN_TECHNOLOGY_AND_SOCIETY_selected_works

5. Lutsenko E.V. ABOUT THE INTERFACE: "SOUL-COMPUTER» (artificial intelligence: problems and solutions within the system information and functional paradigm of society development) // April 2019, DOI: [10.13140/RG.2.2.23132.85129](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.23132.85129), https://www.researchgate.net/publication/332464278_ABOUT_THE_INTERFACE_SOUL-COMPUTER_artificial_intelligence_problems_and_solutions_within_the_system_information_and_functional_paradigm_of_society_development

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. <http://elibrary.ru/item.asp?id=21358220>

7. Луценко Е.В. Количественные меры возрастания эмерджентности в процессе эволюции систем (в рамках системной теории информации) / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2006. – №05(021). С. 355 – 374. – Шифр Информрегистра: 04206000120089, IDA [article ID]: 0210605031. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2006/05/pdf/31.pdf>, 1,25 у.п.л.
8. Луценко Е.В. Существование, несуществование и изменение как эмерджентные свойства систем // Квантовая Магия, том 5, вып. 1, стр. 1215-1239, 2008. <http://quantmagic.narod.ru/volumes/VOL512008/p1215.html>
9. Луценко Е.В. Проблемы и перспективы теории и методологии научного познания и автоматизированный системно-когнитивный анализ как автоматизированный метод научного познания, обеспечивающий содержательное феноменологическое моделирование / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2017. – №03(127). С. 1 – 60. – IDA [article ID]: 1271703001. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2017/03/pdf/01.pdf>, 3,75 у.п.л.
10. Сайт проф.Е.В.Луценко: <http://lc.kubagro.ru/>
11. Страницка Е.В.Луценко: https://www.researchgate.net/profile/Eugene_Lutsenko
12. Луценко Е.В. Моделирование сложных многофакторных нелинейных объектов управления на основе фрагментированных зашумленных эмпирических данных большой размерности в системно-когнитивном анализе и интеллектуальной системе «Эйдос-Х++» / Е.В. Луценко, В.Е. Коржаков // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2013. – №07(091). С. 164 – 188. – IDA [article ID]: 0911307012. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2013/07/pdf/12.pdf>, 1,562 у.п.л.
13. ПАМЯТИ ПРОФЕССОРА О.Г. КУКОСЯНА // – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20266263>
14. Луценко Е.В. Формирование субъективных (виртуальных) моделей физической и социальной реальности сознанием человека и неоправданное приращение им онтологического статуса (гипостазирование) / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2015. – №09(113). С. 1 – 32. – IDA [article ID]: 1131509001. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2015/09/pdf/01.pdf>, 2 у.п.л.
15. Луценко Е.В. Принципы и перспективы корректной содержательной интерпретации субъективных (виртуальных) моделей физической и социальной реальности, формируемых сознанием человека / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2016. – №01(115). С. 22 – 75. – IDA [article ID]: 1151601003. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2016/01/pdf/03.pdf>, 3,375 у.п.л.
16. Луценко Е.В. Сценарный АСК-анализ как метод разработки на основе эмпирических данных базисных функций и весовых коэффициентов для разложения в ряд функции состояния объекта или ситуации по теореме А.Н.Колмогорова (1957) / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2020. – №07(161). С. 76 – 120. – IDA [article ID]: 1612007009. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2020/07/pdf/09.pdf>, 2,812 у.п.л.
17. 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.

18. Луценко Е.В. Количественный автоматизированный SWOT- и PEST-анализ средствами АСК-анализа и интеллектуальной системы «Эйдос-Х++» / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – №07(101). С. 1367 – 1409. – IDA [article ID]: 1011407090. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2014/07/pdf/90.pdf>, 2,688 у.п.л.

19. Луценко Е.В. Метод когнитивной кластеризации или кластеризация на основе знаний (кластеризация в системно-когнитивном анализе и интеллектуальной системе «Эйдос») / Е.В. Луценко, В.Е. Коржаков // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2011. – №07(071). С. 528 – 576. – Шифр Информрегистра: 0421100012\0253, IDA [article ID]: 0711107040. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2011/07/pdf/40.pdf>, 3,062 у.п.л.