

УДК 004.8
09.03.02 - Информационные системы и технологии

UDC 004.8
09.03.02 – Information systems and technologies

Автоматизированный системно-когнитивный анализ достаточности сна студентов

Automated system-cognitive analysis of student sleep sufficiency

Васько Георгий Алексеевич
Студент Кубанского ГАУ
Факультета Прикладной информатики
Группа: ИТ2002
goshan16389@gmail.com
Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т.Трубилина, Краснодар, Россия

Vasko Georgiy Alekseevich -
KUBSAU student,
Faculty: Applied Informatics,
Group: IT2002
goshan16389@gmail.com
Kuban State Agrarian University named after I.T.Trubilin, Krasnodar, Russia

Целью данной работы является разработка интеллектуальных моделей, отражающих реально существующие причинно-следственные взаимосвязи между некоторыми характеристиками сна студентов и его достаточностью. Выявление этих зависимостей позволит определить наиболее влияющие факторы, препятствующие нормальному сну студентов. Данная работа не рассматривает индивидуальные физические и биохимические характеристики студентов. Для достижения поставленной цели применяется Автоматизированный системно-когнитивный анализ (АСК-анализ) и его программный инструментарий – интеллектуальная система «Эйдос».

The aim of this work is to develop intelligent models that reflect real-world causal relationship between some of the characteristics of sleep students and sufficiency. Identification of these relationships will determine the most influential factors affecting the normal sleep of students and, as a consequence, direct forces to eliminate them. This work does not consider the individual physical and biochemical characteristics of students. To achieve this goal, the Automated System-Cognitive Analysis (ASK-analysis) and its software tools - the intelligent system "Eidos" are used.

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

Keywords: AUTOMATED SYSTEM-COGNITIVE ANALYSIS, ASC-ANALYSIS, "AIDOS" SYSTEM, STUDENTS, SLEEP

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	2
ЗАДАЧА 1: КОГНИТИВНАЯ СТРУКТУРИЗАЦИЯ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ	6
ЗАДАЧА 2: ПОДГОТОВКА ИСХОДНЫХ ДАННЫХ И ФОРМАЛИЗАЦИЯ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ	7
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)	22
Подзадача 4.3. Исследование моделируемой предметной области путем исследования ее модели	26
4.3.1. Когнитивные диаграммы классов	26
4.3.2. Когнитивные диаграммы значений факторов	27
4.3.3. Агломеративная когнитивная кластеризация значений факторов	29
4.3.4. Нелокальные нейроны и нелокальные нейронные сети	30
4.3.5. 3d-интегральные когнитивные карты	32
4.3.6. Когнитивные функции	33

4.3.7. Сила и направление влияния значений характеристик и сила влияния самих характеристик сна на его достаточность.	37
4.3.8. Степень детерминированности достаточности сна значениями обуславливающих её факторов	40
ВЫВОДЫ	41
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	42

Введение

Целью данной работы является разработка интеллектуальных моделей, отражающих реально существующие причинно-следственные взаимосвязи между некоторыми характеристиками сна студентов и его достаточностью.

Выявление этих зависимостей позволит определить наиболее влияющие факторы, препятствующие нормальному сну студентов.

Данная работа не рассматривает индивидуальные физические и биохимические характеристики студентов.

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-Х++» (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 214, 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

решение 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 повторностей 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.

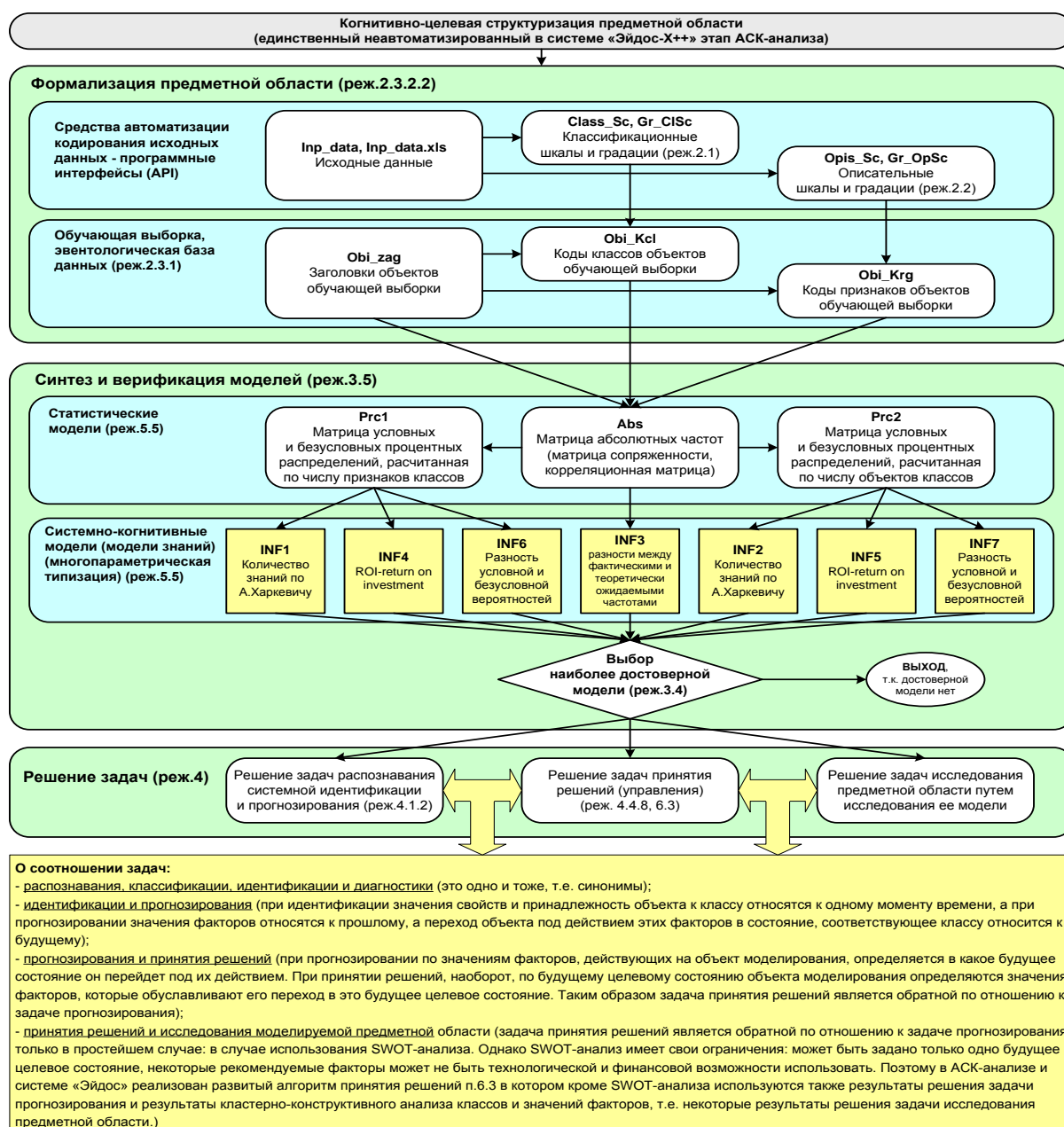
В чем сила подхода, реализованного в системе Эйдос? В том, что она реализует подход, эффективность которого не зависит от того, что мы думаем о предметной области и думаем ли вообще. Она формирует модели непосредственно на основе эмпирических данных, а не на основе наших представлений о механизмах реализации 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 ответ опрошенных студентов (таблица 1), а в качестве факторов, влияющих на него – количество часов сна и различные привычки студентов (таблица 2):

Таблица 1 – Классификационные шкалы

Код	Наименование
1	ENOUGH

Таблица 2 – Описательные шкалы

Код	Наименование
1	PHONER EACH
2	PHONET IME
3	TIRED

4	BREAKFAST
5	HOURS

ENOUGH – ответ на вопрос : «Как вы думаете, вы высыпаетесь?»

HOURS – ответ на вопрос : «В среднем, сколько часов вы спите в будний вечер?»

PHONEREACH – ответ на вопрос: «Во время сна телефон находится рядом с вами?»

PHONETIME – ответ на вопрос: «Используете ли вы телефон в течение 30 минут после того как легли спать?»

TIRED – ответ на вопрос: «Насколько вы устали в течение дня по шкале от 1 до 5? (1 – не устал, 5 – очень устал)»

BREAKFAST – ответ на вопрос: «Завтракали ли вы сегодня?»

Задача 2: подготовка исходных данных и формализация предметной области

Исходные данные для статьи (рисунок 2) взяты на сайте Kaggle. <https://www.kaggle.com/mlomuscio/sleepstudypilot?select=SleepStudyData.csv>

Таблица-1. Исходные данные для ввода в систему «Эйдос»

ID	PhoneReach	PhoneTime	Tired	Breakfast	Hours	Enough
1	Yes	Yes	3	Yes	8	Yes
2	Yes	Yes	3	No	6	No
3	Yes	Yes	2	Yes	6	Yes
4	Yes	Yes	4	No	7	No
5	Yes	Yes	2	Yes	7	No
6	Yes	Yes	4	No	7	No
7	Yes	Yes	3	Yes	7	Yes
8	Yes	Yes	3	Yes	7	No
9	No	Yes	2	Yes	4	No
10	Yes	Yes	3	Yes	6	No
11	Yes	Yes	4	No	10	No
12	Yes	Yes	2	Yes	7	No
13	Yes	Yes	3	No	7	Yes
14	Yes	Yes	2	No	8	Yes
15	No	Yes	3	Yes	7	Yes
16	Yes	Yes	3	No	8	Yes
17	Yes	Yes	4	Yes	6	Yes
18	Yes	Yes	3	Yes	8	Yes
19	Yes	Yes	3	Yes	9	No
20	Yes	Yes	3	No	8	Yes
21	Yes	Yes	5	No	2	No
22	Yes	Yes	2	Yes	4	No
23	Yes	No	3	Yes	5	No
24	Yes	No	3	Yes	7	No
25	Yes	Yes	2	No	5	No
26	No	Yes	5	No	7	No
27	Yes	Yes	3	No	6	No
28	Yes	Yes	2	No	6	No
29	Yes	No	2	Yes	7	Yes
30	No	No	2	Yes	9	Yes
31	Yes	Yes	2	Yes	8	Yes

32	No	Yes	3	Yes	8	No
33	Yes	Yes	4	No	6	No
34	No	No	3	No	6	No
35	No	Yes	3	Yes	7	No
36	Yes	Yes	3	Yes	7	No
37	No	No	2	Yes	7	Yes
38	No	Yes	2	Yes	9	Yes
39	Yes	No	5	No	5	No
40	Yes	Yes	2	No	7	No
41	No	Yes	1	Yes	8	Yes
42	No	Yes	4	Yes	7	No
43	Yes	Yes	3	No	5	No
44	Yes	Yes	3	Yes	6	No
45	No	No	5	No	4	No
46	Yes	Yes	4	No	7	No
47	Yes	Yes	1	Yes	9	Yes
48	No	No	5	Yes	5	No
49	No	Yes	3	Yes	6	No
50	Yes	Yes	2	Yes	4	No
51	Yes	No	3	No	5	No
52	Yes	Yes	3	Yes	8	No
53	No	Yes	4	Yes	7	No
54	Yes	Yes	2	No	5	No
55	Yes	Yes	3	Yes	7	No
56	No	Yes	2	Yes	5	No
57	Yes	Yes	3	No	6	No
58	No	Yes	5	No	9	No
59	Yes	No	4	Yes	9	No
60	Yes	Yes	2	No	7	Yes
61	Yes	Yes	3	No	6	No
62	Yes	Yes	3	Yes	7	No
63	No	No	5	No	2	No
64	Yes	Yes	5	No	8	No
65	Yes	Yes	4	Yes	7	No
66	Yes	No	3	Yes	0	No
67	Yes	No	1	No	7	Yes
68	Yes	Yes	3	Yes	7	No
69	Yes	No	3	No	7	Yes
70	Yes	Yes	3	Yes	6	No
71	No	Yes	4	Yes	6	Yes
72	Yes	Yes	4	Yes	5	No
73	Yes	Yes	4	No	5	No
74	No	Yes	5	Yes	6	No
75	Yes	Yes	4	Yes	7	Yes
76	No	Yes	4	No	6	No
77	Yes	Yes	4	Yes	8	No
78	Yes	Yes	4	No	6	Yes
79	Yes	Yes	3	Yes	6	No
80	Yes	Yes	4	No	7	No
81	Yes	Yes	3	No	6	Yes
82	Yes	Yes	3	No	6	No
83	No	No	4	No	5	No
84	No	No	2	Yes	8	Yes
85	No	Yes	1	Yes	8	Yes
86	Yes	Yes	3	No	6	No
87	No	Yes	5	Yes	9	No
88	Yes	No	4	Yes	5	No
89	Yes	No	2	Yes	6	No
90	No	Yes	3	Yes	8	Yes
91	No	Yes	4	Yes	7	No
92	No	Yes	2	Yes	0	Yes
93	No	Yes	2	Yes	7	Yes
94	No	No	2	Yes	9	Yes
95	Yes	Yes	4	No	8	Yes
96	No	Yes	2	Yes	7	Yes
97	Yes	Yes	4	Yes	7	No
98	Yes	Yes	2	No	7	Yes
99	Yes	Yes	3	No	6	No
100	Yes	Yes	2	Yes	7	No
101	No	Yes	3	Yes	7	No
102	Yes	Yes	3	Yes	8	Yes
103	Yes	Yes	2	Yes	7	Yes

104	Yes	Yes	3	Yes	6	Yes
-----	-----	-----	---	-----	---	-----

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. На рисунке 3 приведены реально использованные параметры.

2.3.2.2. Универсальный программный интерфейс импорта данных в систему "ЭЙДОС-X++"

Автоматическая формализация предметной области: генерация классификационных и описательных шкал и градаций, а также обучающей и распознаваемой выборки на основе базы исходных данных: "Inp_data"

Задайте тип файла исходных данных: "Inp_data":

XLS - MS Excel-2003 Стандарт XLS-файла

XLSX- MS Excel-2007(2010) Стандарт XLSX-файла

DBF - DBASE IV (DBF/NTX) Стандарт DBF-файла

CSV - CSV => DBF конвертер Стандарт CSV-файла

Задайте параметры:

Нули и пробелы считать ОТСУТСТВИЕМ данных

Нули и пробелы считать ЗНАЧЕНИЯМИ данных

Создавать БД средних по классам "Inp_davg.dbf"?

Требования к файлу исходных данных

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

Применить спец. интерпретацию текстовых полей классов

Применить спец. интерпретацию текстовых полей признаков

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}")

Ok Cancel

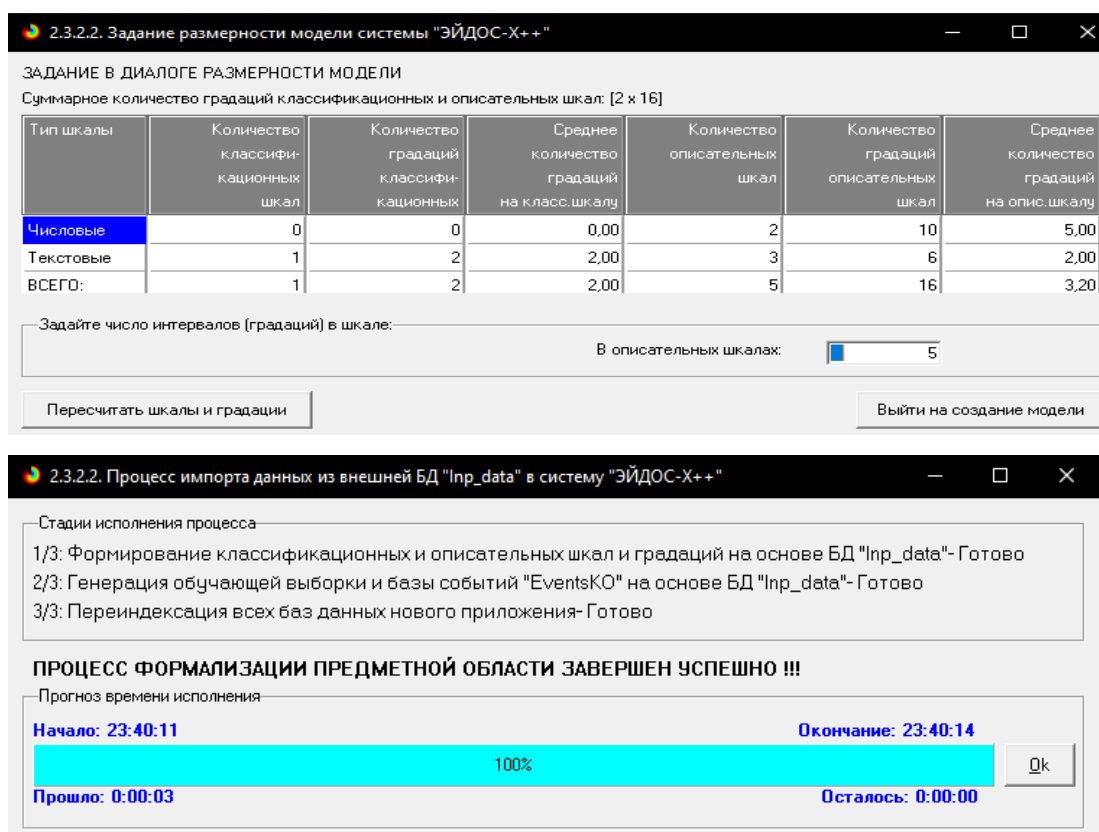


Рисунок 3. Экранная форма программного интерфейса (API) 2.3.2.2 системы «Эйдос» с внешними данными табличного типа¹⁾

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 5 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 рисунке 2 данные могут быть представлены как числовыми, так и текстовыми значениями.

¹ Все рисунки в статье приведены с достаточно высоким разрешением и при увеличении масштаба просмотра вполне читабельны



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 5 описательных шкал с суммарным числом градаций 16. С использованием классификационных и описательных шкал и градаций (таблицы 3 и 4) исходные данные (рисунок 2) были закодированы и в результате получена обучающая выборка (рисунок 5):

Таблица 3 - Классификационная шкала и градации (итоговый ответ опрошенных студентов)

Код	Название
1	Enough: YES
2	Enough: NO

Таблица 4 – Описательные шкалы и градации (привычки и количество часов сна студентов)

Код	Название
1	PHONEREACH: YES
2	PHONEREACH: NO
3	PHONETIME: YES
4	PHONETIME: NO
5	TIRED: 1/5- {1.0000000, 1.8000000}
6	TIRED: 2/5- {1.8000000, 2.6000000}

7	TIRED: 3/5-{2.6000000, 3.4000000}
8	TIRED: 4/5-{3.4000000, 4.2000000}
9	TIRED: 5/5-{4.2000000, 5.0000000}
10	BREAKFAST: YES
11	BREAKFAST: NO
12	HOURS: 1/5-{2,000000, 3.600000}
13	HOURS: 2/5-{3,600000, 5.200000}
14	HOURS: 3/5-{5,200000, 6.800000}
15	HOURS: 4/5-{6,800000, 8.400000}
16	HOURS: 5/5-{8,400000, 10.000000}

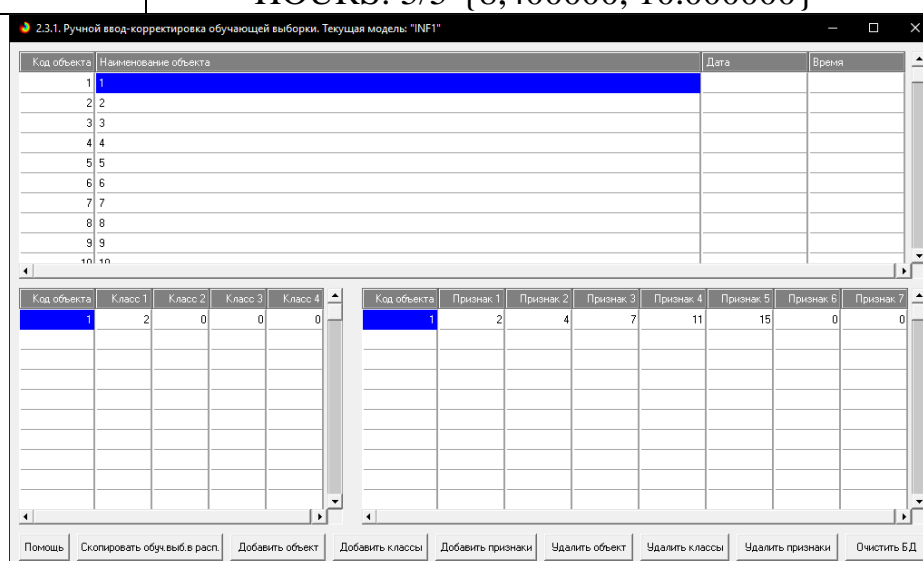


Рисунок 5. Фрагмент обучающей выборки

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). Сами эти модели описаны в ряде работ [1-8].

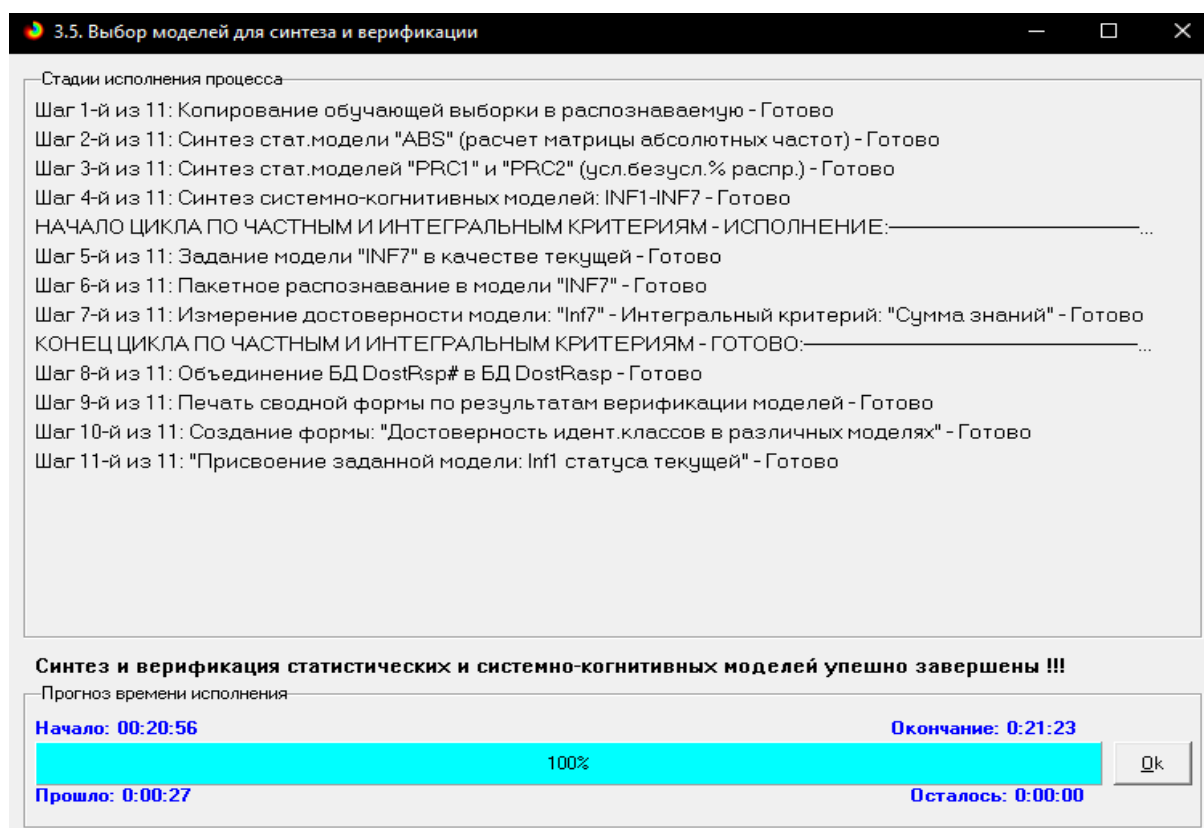
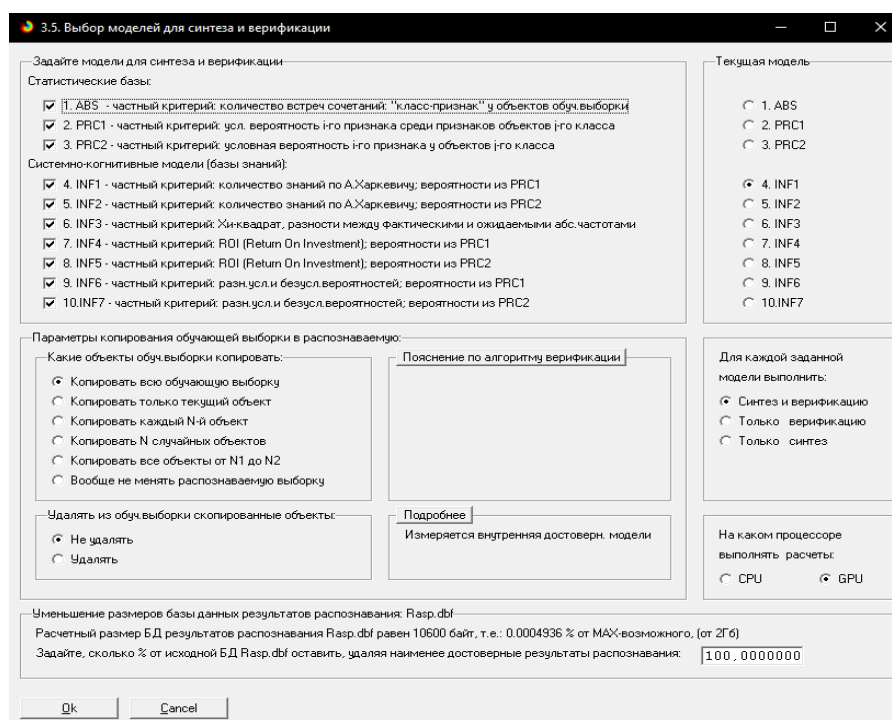


Рисунок 6. Экранная форма режима синтеза и верификации статистических и системно-когнитивных моделей системы «Эйдос»

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 27 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 в 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-моделей) приведены на рисунках 7, 8, 9:

Код признака	Наименование описательной шкалы и градации	1. ENOUGH NO	2. ENOUGH YES	Сумма	Среднее	Средн. квадр. откл.
1	PHONEREACH-No	19	13	32	16.00	4.24
2	PHONEREACH-Yes	49	23	72	36.00	18.38
3	PHONETIME-No	13	7	20	10.00	4.24
4	PHONETIME-Yes	55	29	84	42.00	18.38
5	TIRED-1/5-{1.0000000, 1.8000000}		4	4	2.00	2.83
6	TIRED-2/5-{1.8000000, 2.6000000}	12	15	27	13.50	2.12
7	TIRED-3/5-{2.6000000, 3.4000000}	28	12	40	20.00	11.31
8	TIRED-4/5-{3.4000000, 4.2000000}	18	5	23	11.50	9.19
9	TIRED-5/5-{4.2000000, 5.0000000}	10	10	10	5.00	7.07
10	BREAKFAST-No	30	11	41	20.50	13.44
11	BREAKFAST-Yes	38	25	63	31.50	9.19
12	HOURS-1/5-{2.0000000, 3.6000000}	2		2	1.00	1.41
13	HOURS-2/5-{3.6000000, 5.2000000}	16		16	8.00	11.31
14	HOURS-3/5-{5.2000000, 6.8000000}	18	6	24	12.00	8.49
15	HOURS-4/5-{6.8000000, 8.4000000}	26	25	51	25.50	0.71
16	HOURS-5/5-{8.4000000, 10.0000000}	5	4	9	4.50	0.71
	Сумма числа признаков	339	179	518		
	Среднее	21	11		16.19	
	Среднеквадратичное отклонение	16	10			12.92
	Сумма числа объектов обуч. выборки	68	36	104		

Рисунок 7. Матрица абсолютных частот

5.5. Модель: "4. INF1 - частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу; вероятности из PRC1"

Код признака	Наименование описательной шкалы и градации	1. ENOUGH NO	2. ENOUGH YES	Сумма	Среднее	Средн. квадр. откл.
1	PHONEREACH-No	-0.016	0.026	0.010	0.005	0.029
2	PHONEREACH-Yes	0.006	-0.013	-0.006	-0.003	0.013
3	PHONETIME-No	-0.001	0.002	0.001	0.000	0.002
4	PHONETIME-Yes	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	TIRED-1/5-{1.0000000, 1.8000000}		0.170	0.170	0.085	0.120
6	TIRED-2/5-{1.8000000, 2.6000000}	-0.062	0.076	0.014	0.007	0.097
7	TIRED-3/5-{2.6000000, 3.4000000}	0.011	-0.023	-0.012	-0.006	0.024
8	TIRED-4/5-{3.4000000, 4.2000000}	0.029	-0.074	-0.046	-0.023	0.073
9	TIRED-5/5-{4.2000000, 5.0000000}	0.068		0.068	0.034	0.048
10	BREAKFAST-No	0.018	-0.040	-0.023	-0.011	0.041
11	BREAKFAST-Yes	-0.013	0.022	0.009	0.005	0.025
12	HOURS-1/5-{2.0000000, 3.6000000}	0.068		0.068	0.034	0.048
13	HOURS-2/5-{3.6000000, 5.2000000}	0.068		0.068	0.034	0.048
14	HOURS-3/5-{5.2000000, 6.8000000}	0.022	-0.052	-0.030	-0.015	0.052
15	HOURS-4/5-{6.8000000, 8.4000000}	-0.040	0.056	0.016	0.008	0.068
16	HOURS-5/5-{8.4000000, 10.0000000}	-0.026	0.040	0.014	0.007	0.047
	Сумма	0.131	0.190	0.322		
	Среднее	0.008	0.012		0.010	
	Среднеквадратичное отклонение	0.037	0.057			0.047

Рисунок 8. Матрица информативностей INF1

5.5. Модель: "6. INF3 - частный критерий: Хи-квадрат, разности между фактическими и ожидаемыми абс.частота..."

Код признака	Наименование описательной шкалы и градации	1. ENOUGH NO	2. ENOUGH YES	Сумма	Среднее	Средн. квадр. откл.
1	PHONEREACH-No	-1.942	1.942			2.747
2	PHONEREACH-Yes	1.880	-1.880			2.659
3	PHONETIME-No	-0.089	0.089			0.126
4	PHONETIME-Yes	0.027	-0.027			0.038
5	TIRED-1/5-{1.0000000, 1.8000000}	-2.618	2.618			3.702
6	TIRED-2/5-{1.8000000, 2.6000000}	-5.670	5.670			8.018
7	TIRED-3/5-{2.6000000, 3.4000000}	1.822	-1.822			2.577
8	TIRED-4/5-{3.4000000, 4.2000000}	2.948	-2.948			4.169
9	TIRED-5/5-{4.2000000, 5.0000000}	3.456	-3.456			4.887
10	BREAKFAST-No	3.168	-3.168			4.480
11	BREAKFAST-Yes	-3.230	3.230			4.568
12	HOURS-1/5-{2.0000000, 3.6000000}	0.691	-0.691			0.977
13	HOURS-2/5-{3.6000000, 5.2000000}	5.529	-5.529			7.819
14	HOURS-3/5-{5.2000000, 6.8000000}	2.293	-2.293			3.243
15	HOURS-4/5-{6.8000000, 8.4000000}	-7.376	7.376			10.432
16	HOURS-5/5-{8.4000000, 10.0000000}	-0.890	0.890			1.259
	Сумма					
	Среднее					
	Среднеквадратичное отклонение	3.486	3.486			3.429

Рисунок 9. Модель INF3

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. 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, смягчающим и преодолевающим недостатки F-меры [3]. В режиме 3.4 системы «Эйдос» изучается достоверность каждой частной модели в соответствии с этими мерами достоверности (рисунок 10).

3.4. Обобщ.форма по достов.моделей при разн.инт.крит. Текущая модель: "INF1"

Наименование модели и частного критерия	Интегральный критерий	F-мера Ван Ризбергера	Сумма модел. уровней склад. истинно-полож. решений (STP)	Сумма модел. уровней склад. истинно-отриц. решений (STN)	Сумма модел. уровней склад. ложно-полож. решений (SFP)	Сумма модел. уровней склад. ложно-отрицат. решений (SFN)	S-Точность модели	S-Полнота модели	L1-мера проф. Е.В. Луценко	Средний модел. уровень склад. истинно-полож. решений	Средний модел. уровень склад. истинно-отрицат. решений	Средний модел. уровень ложно-решений
1. ABS - частный критерий: количество встреч сочетаний: "Улас...	Корреляция абс. частот с обр...	0,669	61,797	2,110	53,236	0,702	0,537	0,989	0,696	0,618	0,234	0,000
1. ABS - частный критерий: количество встреч сочетаний: "Улас...	Сумма абс. частот по призна...	0,667	73,255		58,408		0,556	1,000	0,715	0,704		0,000
2. PRC1 - частный критерий: усл. вероятность нго признака сред...	Корреляция усл.отн. частот с о...	0,669	61,797	2,110	53,236	0,702	0,537	0,989	0,696	0,618	0,234	0,000
2. PRC1 - частный критерий: усл. вероятность нго признака сред...	Сумма усл.отн. частот по при...	0,667	78,598		74,756		0,513	1,000	0,678	0,756		0,000
3. PRC2 - частный критерий: условная вероятность нго признака...	Корреляция усл.отн. частот с о...	0,669	61,797	2,110	53,236	0,702	0,537	0,989	0,696	0,618	0,234	0,000
3. PRC2 - частный критерий: условная вероятность нго признака...	Сумма усл.отн. частот по при...	0,667	78,728		74,824		0,513	1,000	0,678	0,757		0,000
4. INF1 - частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу; в...	Семантический резонанс зна...	0,540	13,565	39,924	2,351	20,737	0,852	0,395	0,540	0,308	0,449	0,000
4. INF1 - частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу; в...	Сумма знаний	0,540	20,791	17,319	7,693	6,812	0,730	0,753	0,741	0,320	0,255	0,000
5. INF2 - частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу; в...	Семантический резонанс зна...	0,540	13,557	39,965	2,346	20,748	0,852	0,395	0,540	0,308	0,449	0,000
5. INF2 - частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу; в...	Сумма знаний	0,540	20,877	17,503	7,609	6,827	0,733	0,754	0,743	0,321	0,257	0,000
6. INF3 - частный критерий: Уинквадрат; разности между фактн...	Семантический резонанс зна...	0,663	28,642	28,642	12,527	12,527	0,696	0,696	0,696	0,415	0,415	0,000
6. INF3 - частный критерий: Уинквадрат; разности между фактн...	Сумма знаний	0,663	28,599	28,599	12,527	12,527	0,695	0,695	0,695	0,414	0,414	0,000
7. INF4 - частный критерий: ROI (Return On Investment); вероятн...	Семантический резонанс зна...	0,440	10,349	43,325	0,660	23,903	0,940	0,302	0,457	0,334	0,442	0,000
7. INF4 - частный критерий: ROI (Return On Investment); вероятн...	Сумма знаний	0,645	17,846	9,125	6,737	3,316	0,726	0,843	0,780	0,251	0,155	0,000
8. INF5 - частный критерий: ROI (Return On Investment); вероятн...	Семантический резонанс зна...	0,440	10,346	43,361	0,659	23,913	0,940	0,302	0,457	0,334	0,442	0,000
8. INF5 - частный критерий: ROI (Return On Investment); вероятн...	Сумма знаний	0,645	17,916	9,219	6,671	3,325	0,729	0,843	0,782	0,252	0,156	0,000
9. INF6 - частный критерий: разн. усл. и безуслов. вероятностей; вер...	Семантический резонанс зна...	0,598	23,216	31,719	10,217	15,198	0,694	0,604	0,646	0,400	0,441	0,000
9. INF6 - частный критерий: разн. усл. и безуслов. вероятностей; вер...	Сумма знаний	0,648	22,521	16,301	14,052	7,310	0,616	0,755	0,678	0,326	0,255	0,000
10. INF7 - частный критерий: разн. усл. и безуслов. вероятностей; ве...	Семантический резонанс зна...	0,598	23,201	31,748	10,124	15,134	0,696	0,605	0,648	0,400	0,441	0,000
10. INF7 - частный критерий: разн. усл. и безуслов. вероятностей; ве...	Сумма знаний	0,648	22,586	16,540	13,883	7,287	0,619	0,756	0,681	0,327	0,258	0,000

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

Рисунок 10. Экранная форма с информацией о достоверности моделей по F-критерию Ван Ризбергера и L1- и L2-критериям проф. Е. В. Луценко [3]

Из рисунка 10 мы видим, что в данном интеллектуальном приложении по F-критерию Ван Ризбергера наиболее достоверной является модель PRC1 с интегральным критерием «Корреляция усл. отн. частот» ($F=0,669$ при максимуме 1,000), что неплохо, а по критерию L1 проф.Е.В.Луценко [3] наиболее достоверной является модель INF5, с

интегральным критерием «Сумма знаний» ($L1=0,782$ при максимуме 1,000), что является хорошим результатом.

Это подтверждает наличие и адекватное отражение в СК-модели сильной причинно-следственной взаимосвязи между некоторыми характеристиками сна студентов и его достаточностью.

На рисунке 11 приведено частотное распределение числа истинных и ложных положительных и отрицательных решений в СК-модели INF5 по данным обучающей выборки:

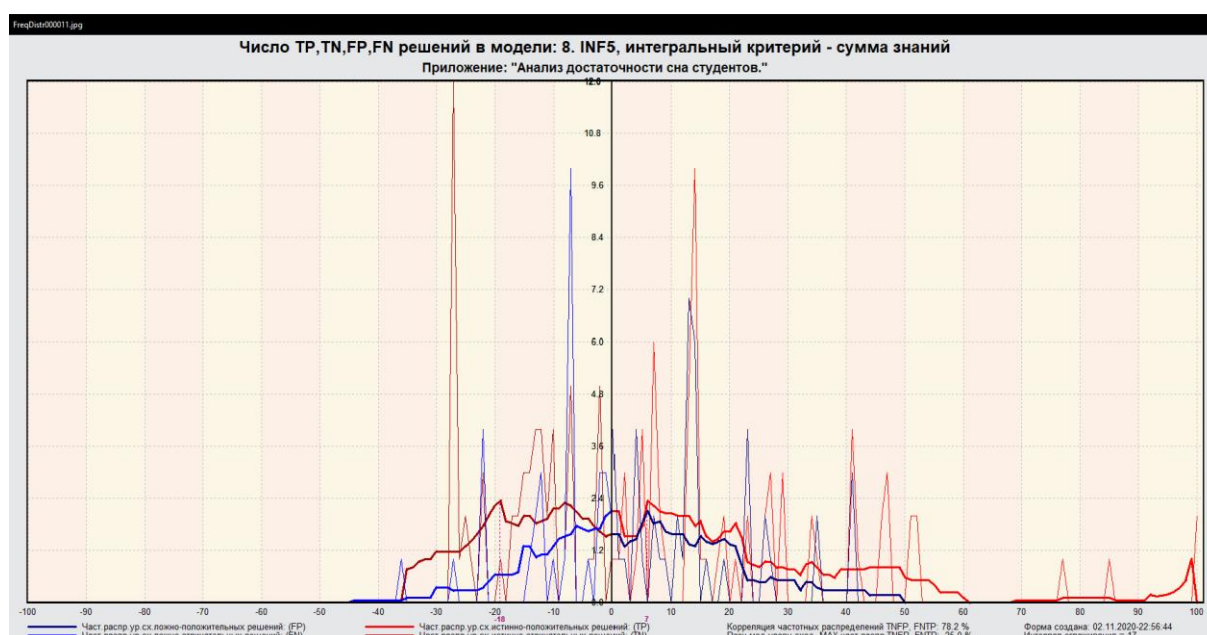


Рисунок 11. Частотные распределения числа истинных и ложных положительных и отрицательных решений и их разности в СК-модели INF5

Рисунок 11 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 ложные отрицательные и истинно-положительные решения.

Сдвиг этих распределений относительно друг друга и другие различия между ними и позволяют решать задачу прогнозирования и другие задачи.

Видно, что для отрицательных решений количество истинных решений всегда значительно превосходит количество ложных решений.

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

1) при уровнях сходства от 0% до примерно 50% есть и истинные и ложные положительные решения, но число истинных больше числа ложных и их доля возрастает при увеличении уровня сходства;

2) при уровнях сходства выше 50% встречаются только истинные положительные решения.

На рисунке 12 приведен Help по режиму 3.4, в котором описаны меры достоверности моделей, применяемые в системе «Эйдос»:

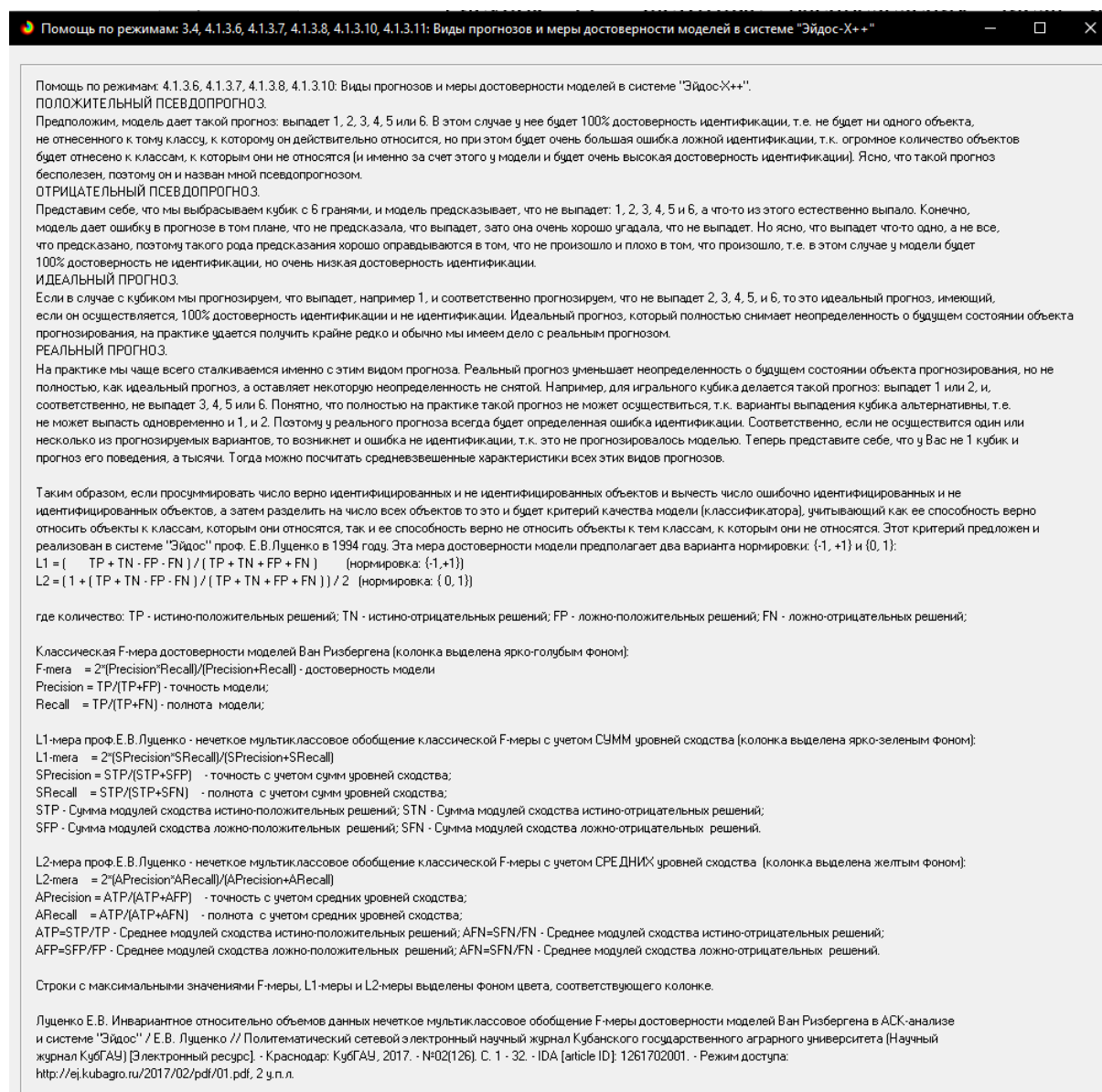


Рисунок 12. Экранная форма с информацией о достоверности моделей по F-критерию Ван Ризбергена и L1- и L2-критериям проф. Е. В. Луценко [3]

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 INF5 статус текущей модели. Для этого запустим режим 5.6 с параметрами, приведенными на экранной форме (рисунок 13):

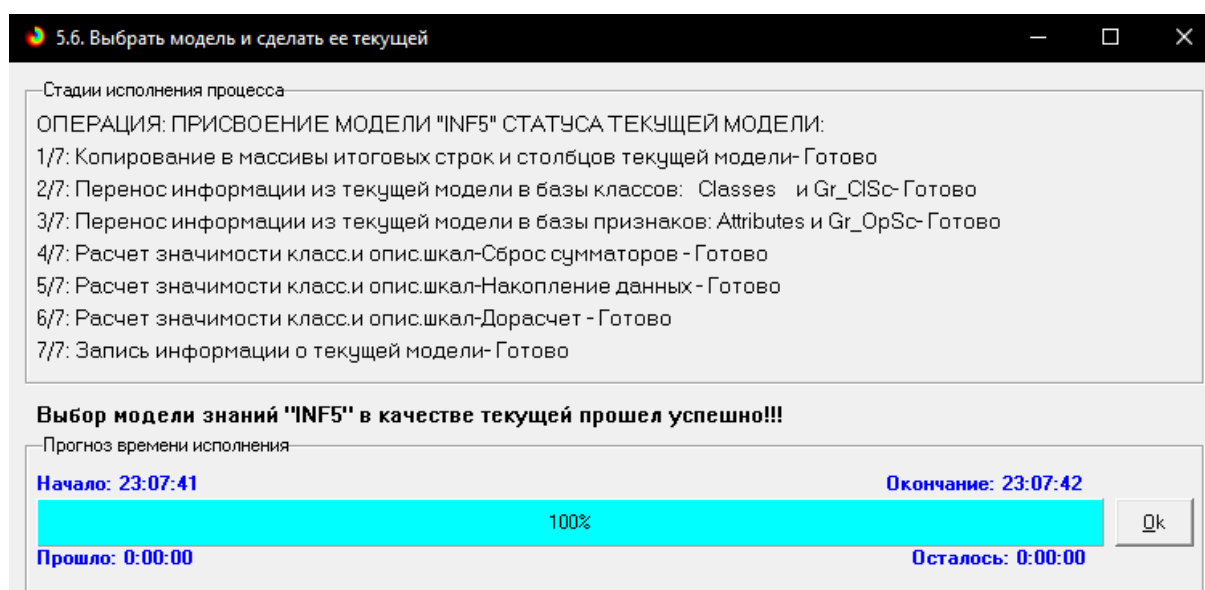
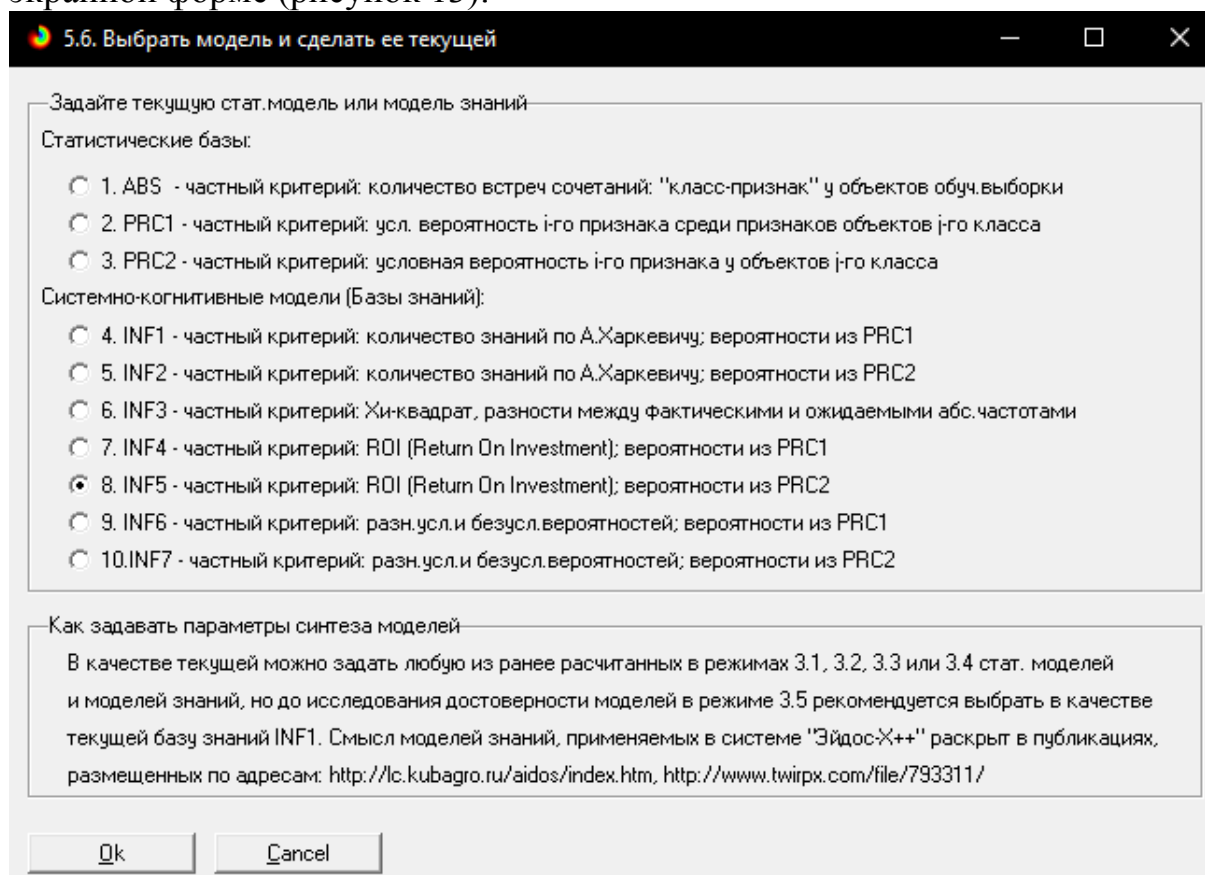
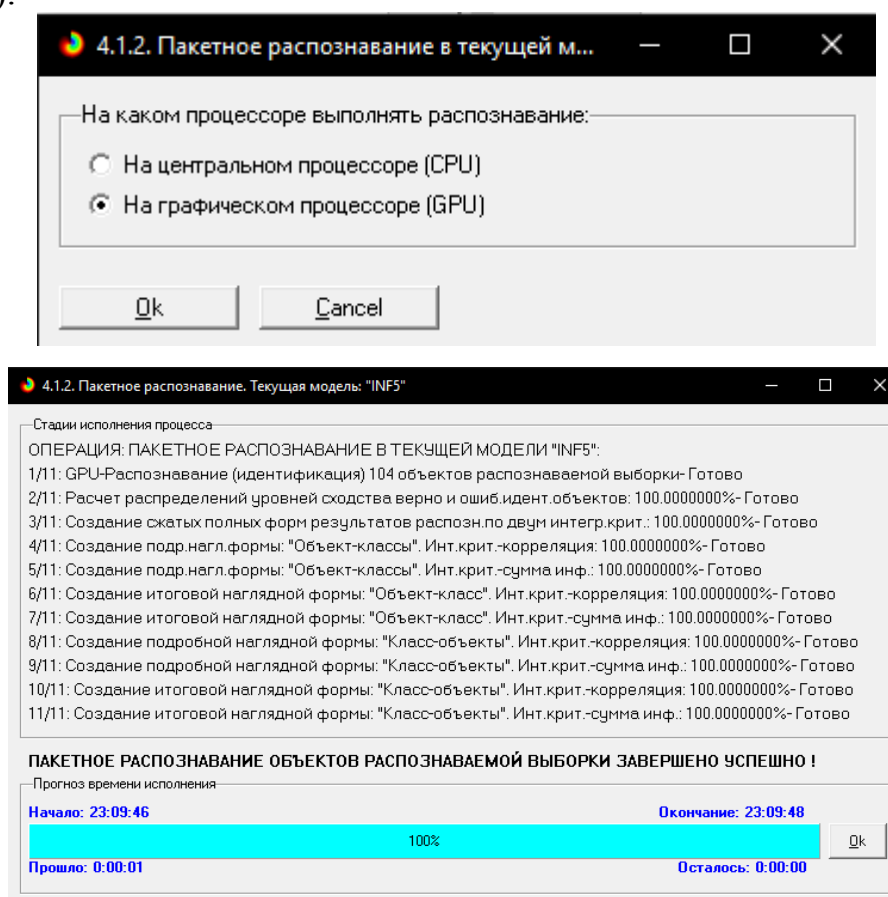


Рисунок 13. Экранные формы придания наиболее достоверной по L2-критерию СК-модели INF5 статуса текущей модели

Задача 4: решение различных задач в наиболее достоверной модели

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

Решим задачу системной идентификации, т.е. определения достаточности сна студентов на основе обучающей выборки в наиболее достоверной СК-модели INF5 на GPU. Для этого запустим режим 4.1.2 (рисунок 14).



4.1.3. Вывод результатов распознавания	4.1.3.1. Подробно наглядно: "Объект - классы"	
	4.1.3.2. Подробно наглядно: "Класс - объекты"	
	4.1.3.3. Итоги наглядно: "Объект - класс"	
	4.1.3.4. Итоги наглядно: "Класс - объект"	
	4.1.3.5. Подробно сжато: "Объекты - классы"	
	4.1.3.6. Обобщ.форма по достов.моделей при разных интегральных крит.	
	4.1.3.7. Обобщ.стат.анализ результатов идент. по моделям и инт.крит.	
	4.1.3.8. Стат.анализ результ. идент. по классам, моделям и инт.крит.	
	4.1.3.9. Достоверность идент.объектов при разных моделях и инт.крит.	
	4.1.3.10. Достоверность идент.классов при разных моделях и инт.крит.	
4.1.3.11. Объединение в одной БД строк по самым достоверным моделям		

Рисунок 14. Экранные формы отображения процесса решения задачи системной идентификации в текущей модели

Из рисунка 14 видно, что процесс идентификации занял 1 секунду.

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 15).

Код	Наименование класса	Сходство	Ф...	Сходство
2	ENOUGH-Yes	19,49...	v	
1	ENOUGH-No	-93,11...		

Код	Наименование класса	Сходство	Ф...	Сходство
2	ENOUGH-Yes	45,99...	v	
1	ENOUGH-No	-24,35...		

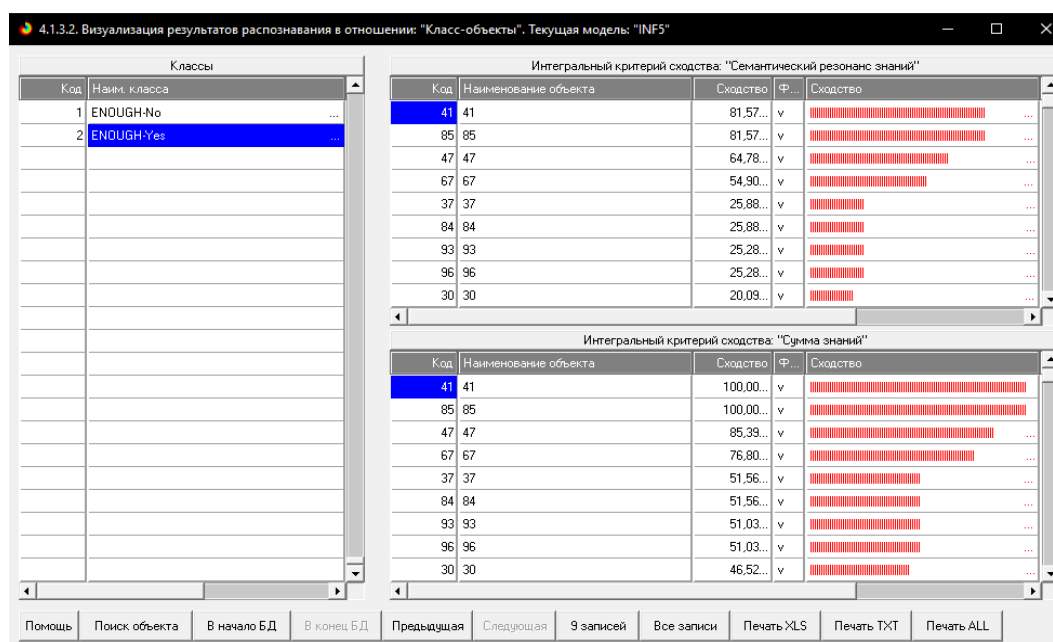


Рисунок 15. Выходные формы по результатам идентификации достаточности сна студентов на основе характеристик их сна

Символ «✓» стоит против тех результатов прогнозирования, которые подтвердились на опыте, т.е. соответствуют факту. Из рисунка 15 видно, что результаты прогнозирования являются очень хорошими, естественно при учете информации из рисунка 11 о том, что достоверные прогнозы в данной модели имеют уровень сходства выше 50%, 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 [4].

Применительно к задаче, решаемой в данной работе, SWOT-анализ показывает степень влияния различных характеристик сна студентов на достаточность их сна.

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. На рисунках 16 приведены SWOT-диаграммы, наглядно отражающие силу и направление влияния характеристик сна студентов на его достаточность.

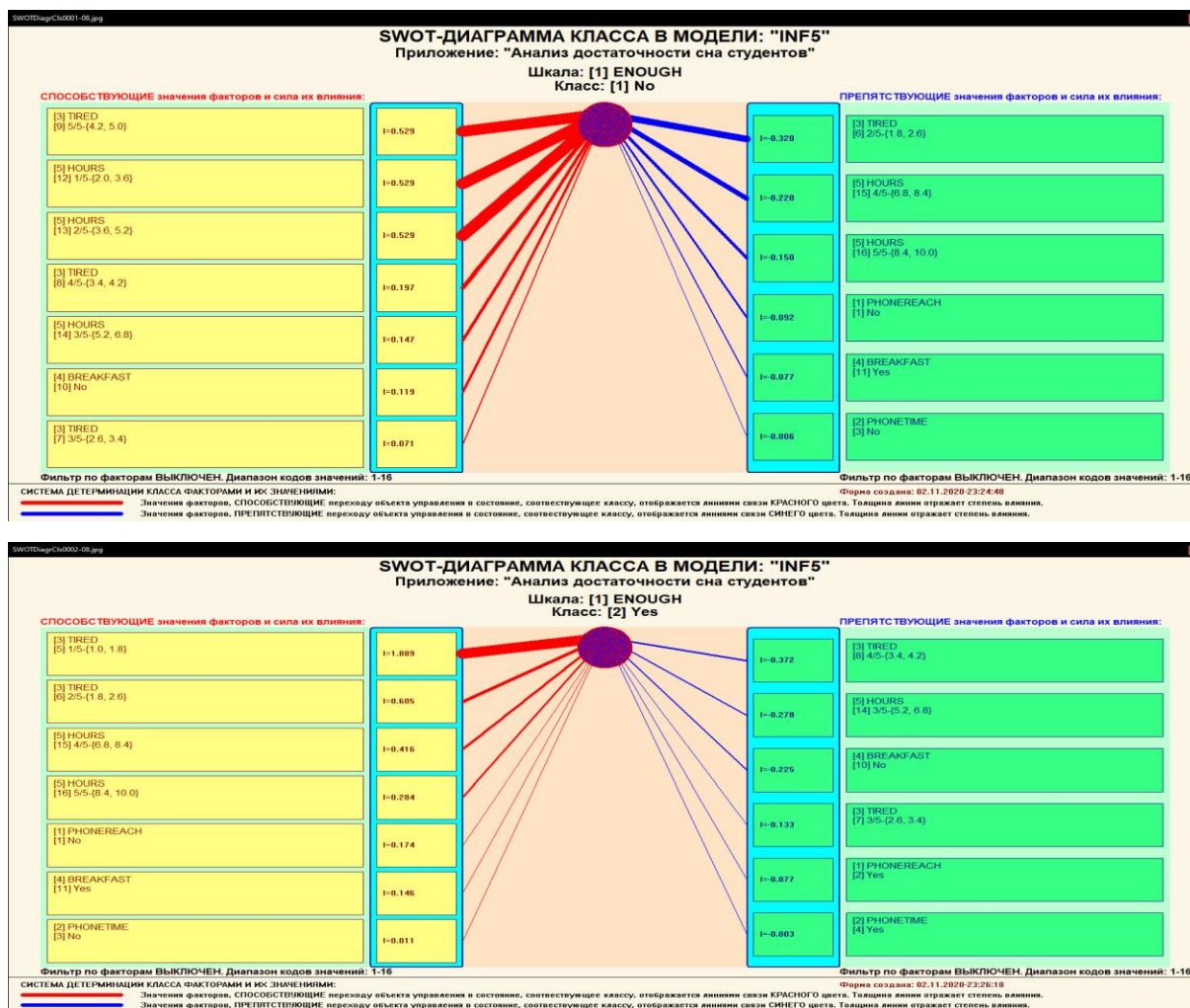




Рисунок 16. SWOT-диаграммы детерминации характеристик оружия

Эти диаграммы наглядно показывают, какие значения различных характеристик сна студентов с какой силой способствуют или препятствуют достаточности их сна.

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 16, 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: `c:\Aidos-X\AID_DATA\A0000003\System\SWOTcls####Inf5.DBF`, где: «####» – код класса с ведущими нулями. Эти базы открываются в MS Excel.

Отметим также, что система «Эйдос» обеспечивала решение этой *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.

У Т В Е Р Ж Д А Ю		У Т В Е Р Ж Д А Ю	
Заведующий Краснодарским сектором ИСИ АН СССР, к.ф.н. <u>А.А. Хагуров</u> 1987г.		Директор Северо-Кавказского филиала ВНИЦ "АИУС-агроресурсы", к.э.н. <u>Э.М. Трахов</u> 1987г.	
А К Т			

Настоящий акт составлен комиссией в составе: Кириченко М.М., Ляшко Г.А., Самсонов Г.А., Коренец В.И., Луценко В.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:	От СКФ ВНИЦ "АИУС-агроресурсы":
Мл.научный сотрудник	Зав.отделом аэрокосмических и тематических исследований №4, к.э.н.
<u>Кириченко</u> М.М. Кириченко	<u>Самсонов</u> Г.А. Самсонов
<u>19.05</u> 1987г.	<u>19.05</u> 1987г.
Мл.научный сотрудник	Главный конструктор проекта
<u>Ляшко</u> Г.А. Ляшко	<u>Коренец</u> В.И. Коренец
<u>19.05</u> 1987г.	<u>19.05.87</u> 1987г.
	Главный конструктор проекта
	<u>Луценко</u> В.В. Луценко
	<u>19.05.87</u> 1987г.

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

На рисунке 17 приведены примеры инвертированных SWOT-диаграмм, отражающих силу и направление влияния различных характеристик сна студентов на достаточность их сна:

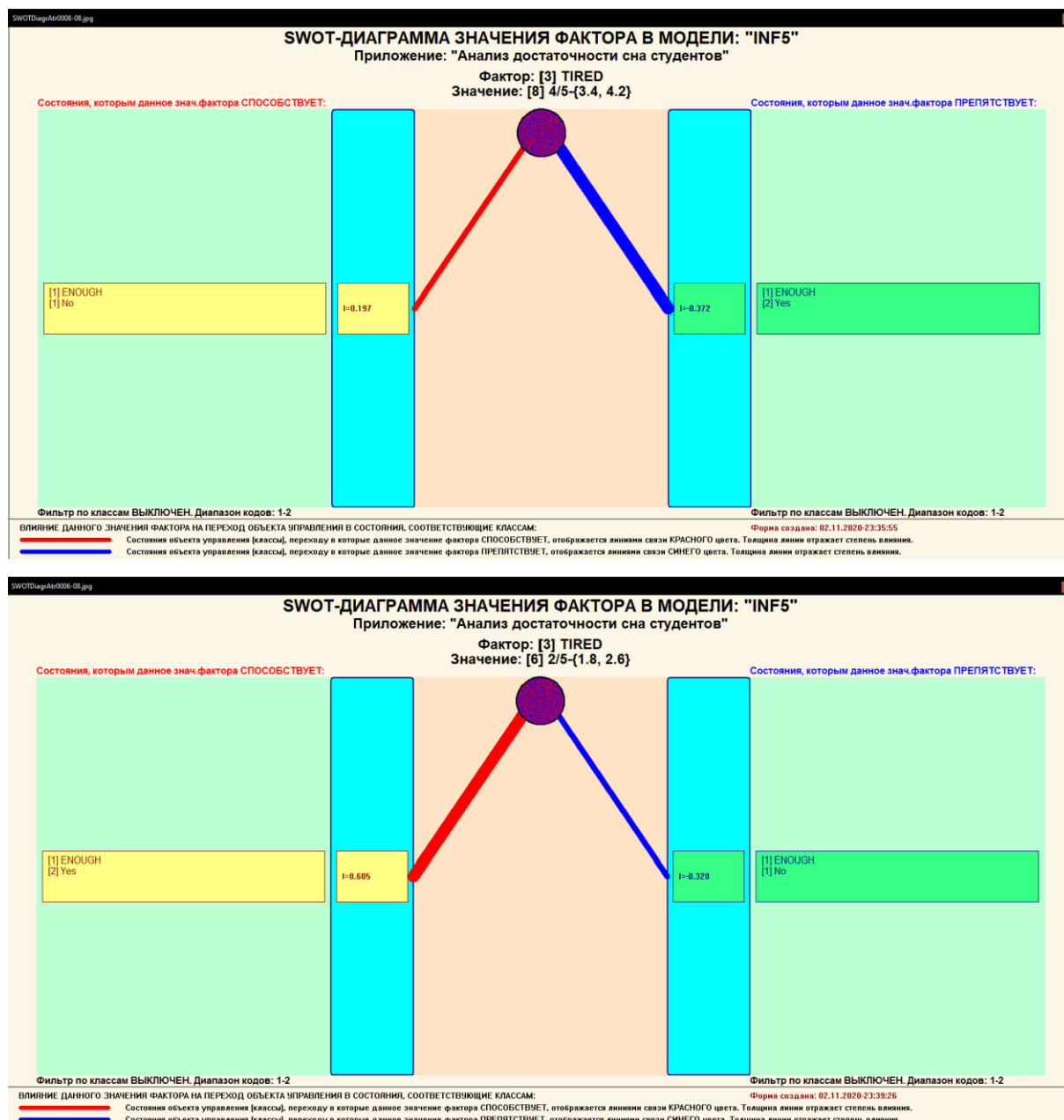


Рисунок 17. Примеры SWOT-диаграмм, отражающих силу и направление влияния различных характеристик сна студентов на его достаточность.

Из рисунка 17 видно, как усталость (по шкале от 1 до 5) студента влияет на достаточность его сна.

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» [4, 9, 10].

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 18).

Отметим также, что на когнитивной диаграмме, приведенной на рисунке 18, показаны *количественные* оценки сходства/различия достаточности сна студентов, 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.

В системе «Эйдос» есть возможность управлять параметрами формирования и вывода изображения, приведенного на рисунке 18. Для этого используется диалоговое окно, приведенное на рисунке 19.

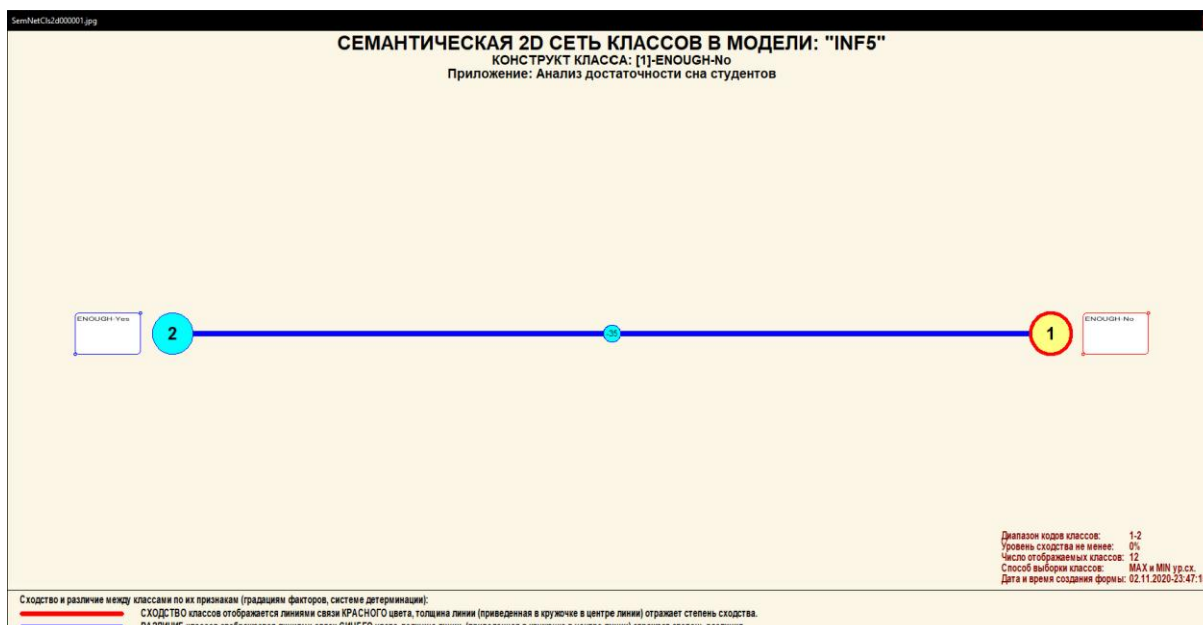


Рисунок 18. Когнитивная диаграмма классов, отражающая сходство/различие достаточности сна студентов по системе детерминирующих (обуславливающих) их значений характеристик сна студентов.

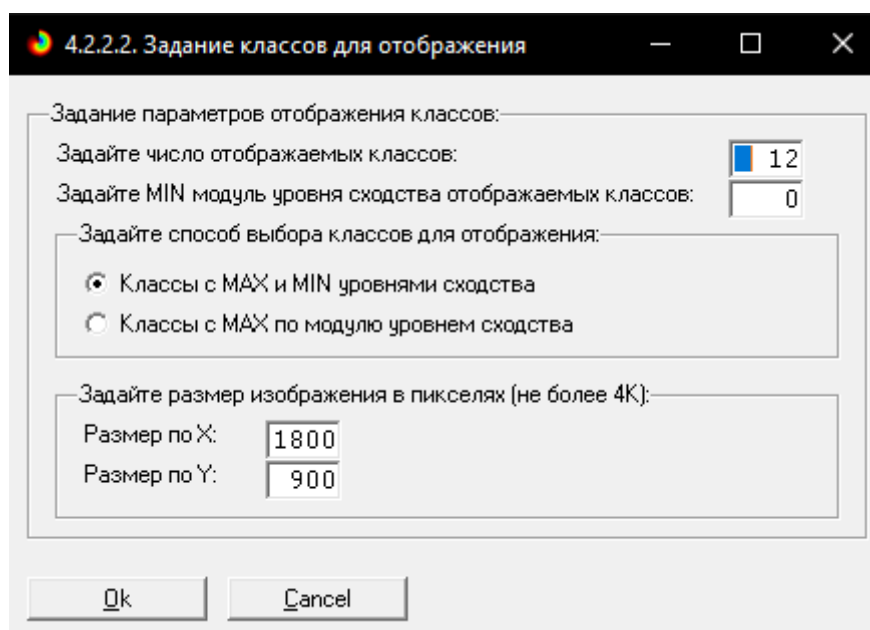


Рисунок 19. Диалоговое окно управления параметрами формирования и вывода изображения когнитивной диаграммы классов

4.3.2. Когнитивные диаграммы значений факторов

Эти диаграммы отражают сходство/различие характеристик сна студентов по их смыслу, т.е. по содержащейся в них информации о достаточности сна студентов с этими характеристиками. Эти диаграммы мы получаем в режимах 4.3.2.1 и 4.3.2.2 (рисунок 20).

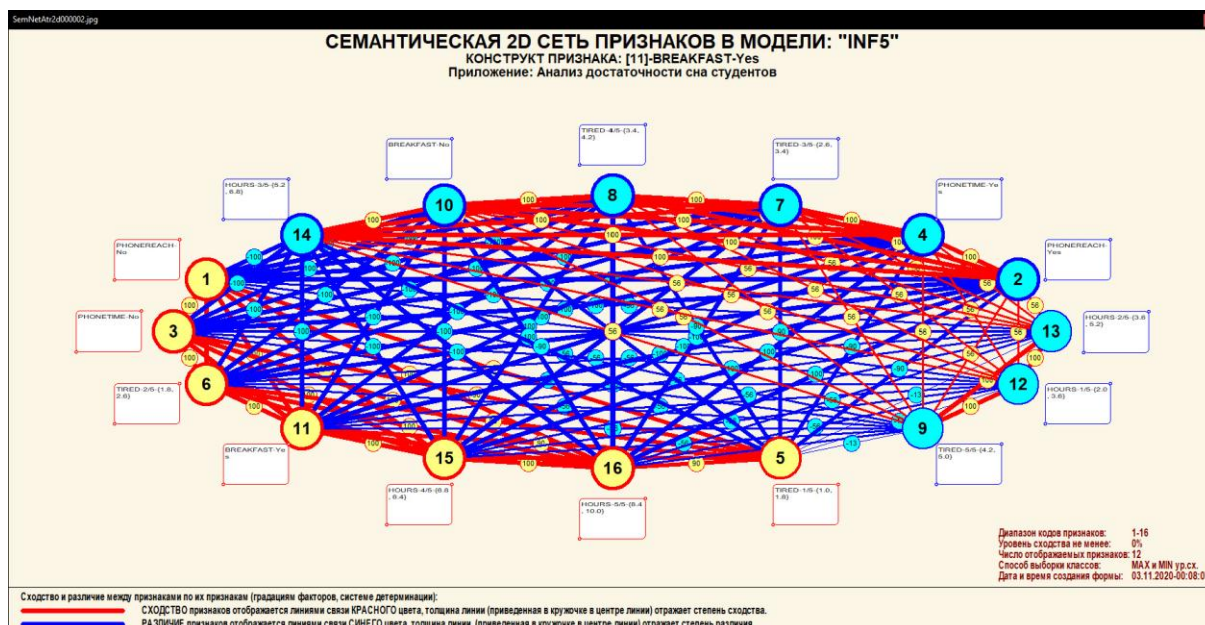


Рисунок 20. Когнитивная диаграмма и конструкт значений сходства/различия характеристик сна студентов по их смыслу, т.е. по содержащейся в них информации о достаточности сна студентов с этими характеристиками.

Из рисунка 20 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 20, 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 20, получена при параметрах, приведенных на рисунке 21.

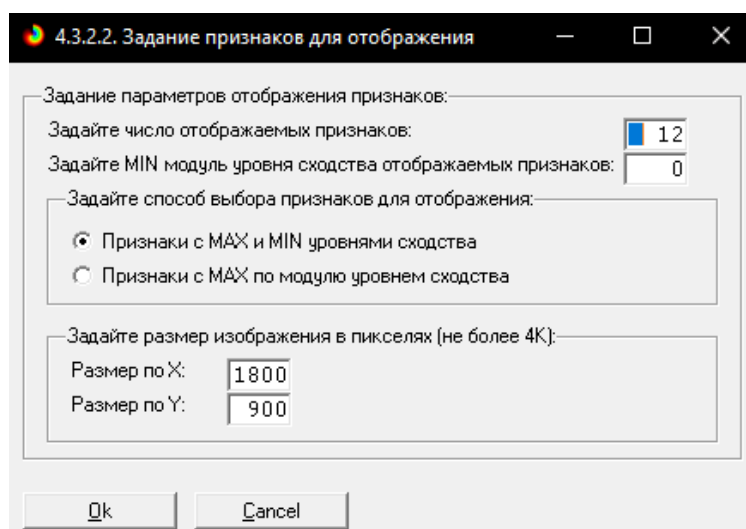


Рисунок 21. Параметры отображения когнитивной диаграммы, приведенной на рисунке 20

4.3.3. Агломеративная когнитивная кластеризация значений факторов

На рисунке 22 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 20.

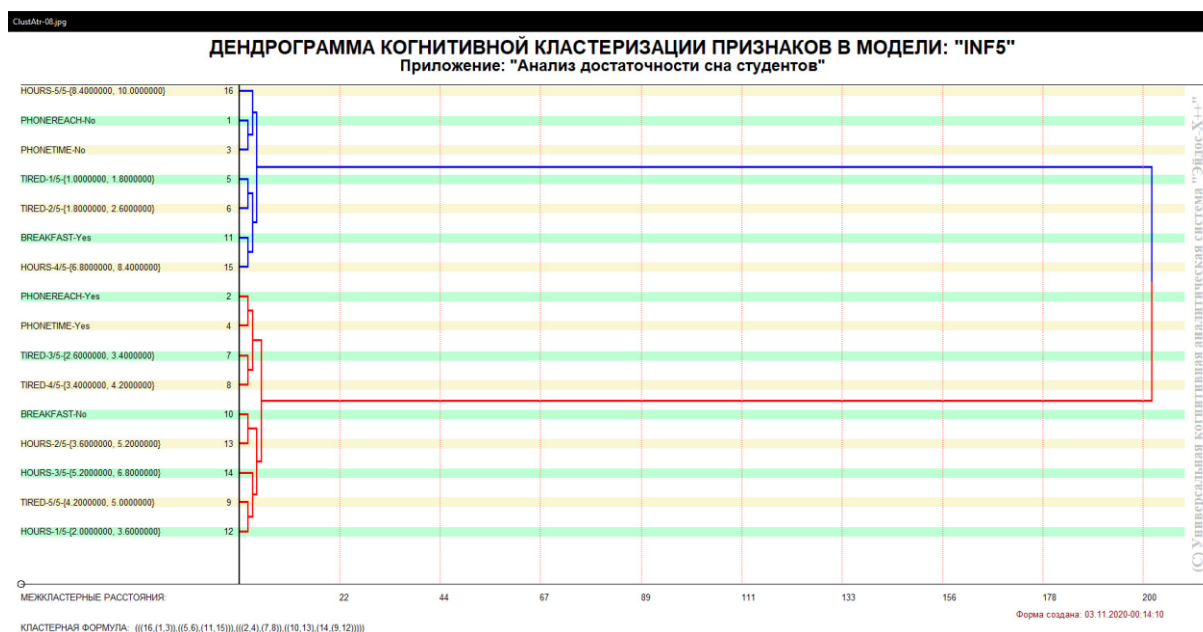


Рисунок 22. Дендрограмма агломеративной когнитивной кластеризации характеристик сна студентов по их смыслу, т.е. по сходству/различию содержащейся в них информации о достаточности сна студентов с этими характеристиками.

Из дендрограммы на рисунке 22 мы видим, что все значения факторов образуют 2 четко выраженных кластера, объединенных в полюса конструкта (показаны синими и красным цветами).

Хорошо видна группировка значений характеристик сна по детерминируемой ими достаточностью сна студентов. **Значения факторов на полюсах конструкта факторов (рисунок 22) обуславливают переход объекта моделирования в состояния, соответствующие классам, представленным на полюсах конструкта классов.**

На рисунке 23 приведен график межкластерных расстояний значений характеристик сна студентов.

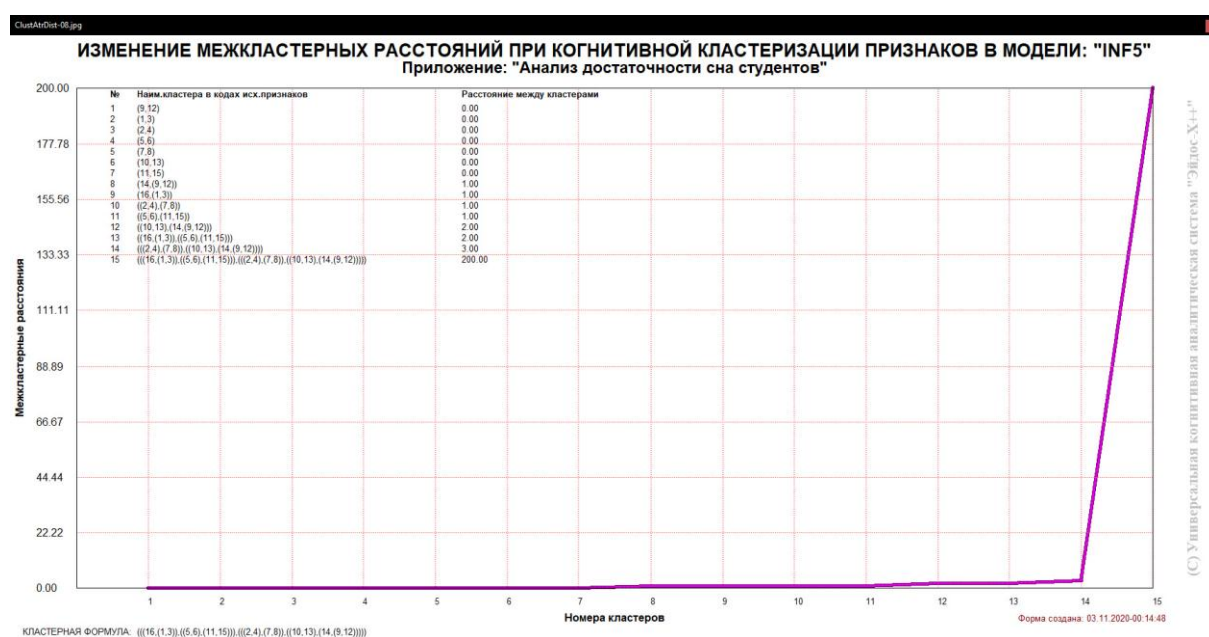


Рисунок 23. График изменения межкластерных расстояний при когнитивной кластеризации значений факторов.

4.3.4. Нелокальные нейроны и нелокальные нейронные сети

На рисунке 24 приведен пример нелокального нейрона, а на рисунке 25 фрагмент одного слоя нелокальной нейронной сети:

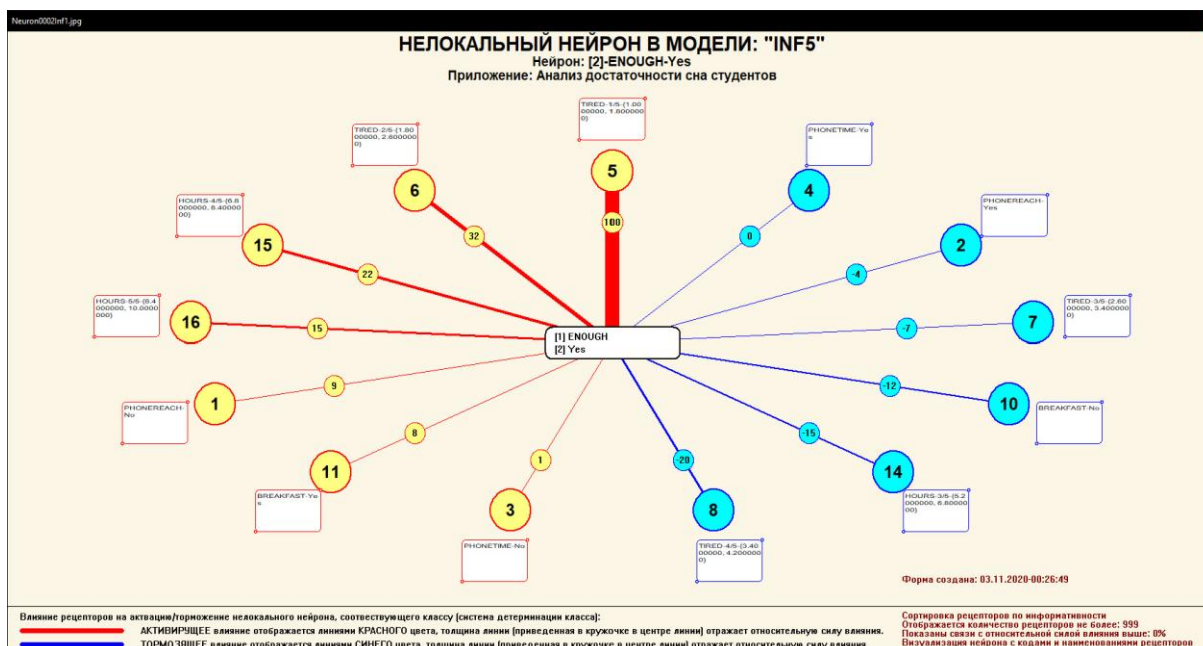


Рисунок 24. Пример нелокального нейрона, отражающего силу и направление влияния значений характеристик сна студентов на достаточный сон студентов.

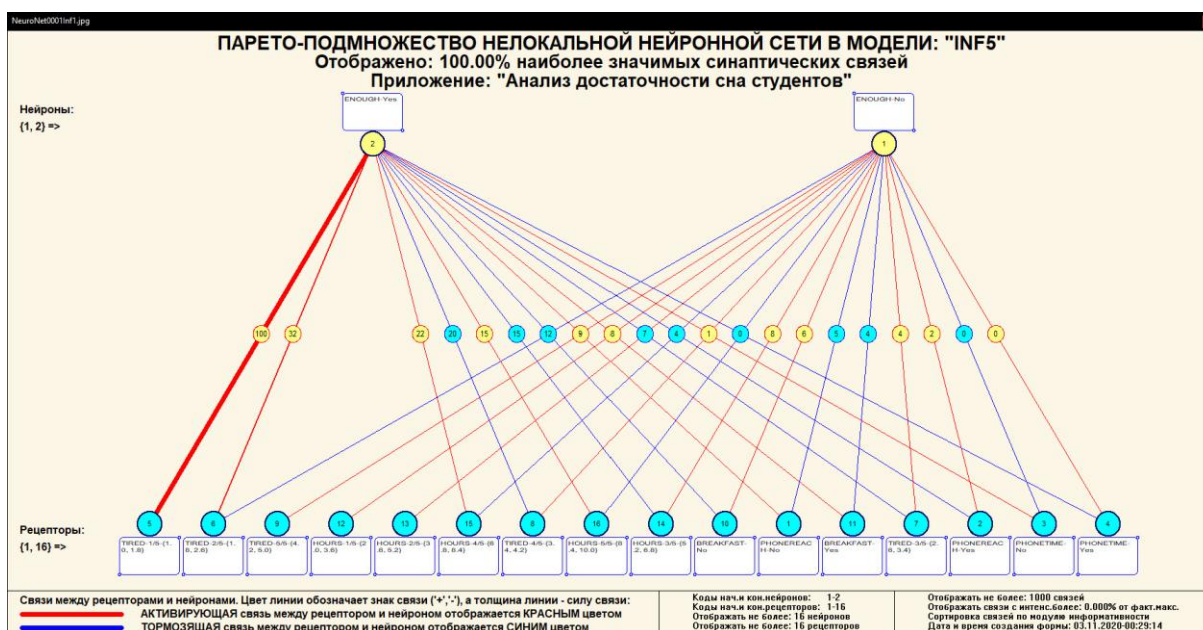


Рисунок 25. Один слой нелокальной сети, отражающий силу и направление влияния значений характеристик сна студентов на его достаточность.

В приведенном фрагменте слоя нейронной сети нейроны соответствуют достаточности сна студентов, а рецепторы – характеристикам сна студентов. Нейроны расположены слева на право в порядке убывания силы детерминации, т.е. слева находятся результаты, наиболее жестко обусловленные обуславливающими их факторами, а с права – менее жестко обусловленные.

Модель знаний системы «Эйдос» относится к *нечетким декларативным* гибридным моделям и объединяет в себе некоторые особенности нейросетевой [6] и фреймовой моделей представления знаний [11]. 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 [6]:

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».

4.3.5. 3d-интегральные когнитивные карты

На рисунке 26 приведен фрагмент 3d-интегральной когнитивной карты, отражающей СК-модель INF5.

3d-интегральная когнитивная карта является отображением на одном рисунке когнитивных диаграмм классов и значений факторов, отображенных соответственно на рисунках 18 и 20, и одного слоя нейронной сети, приведенного на рисунке 25.

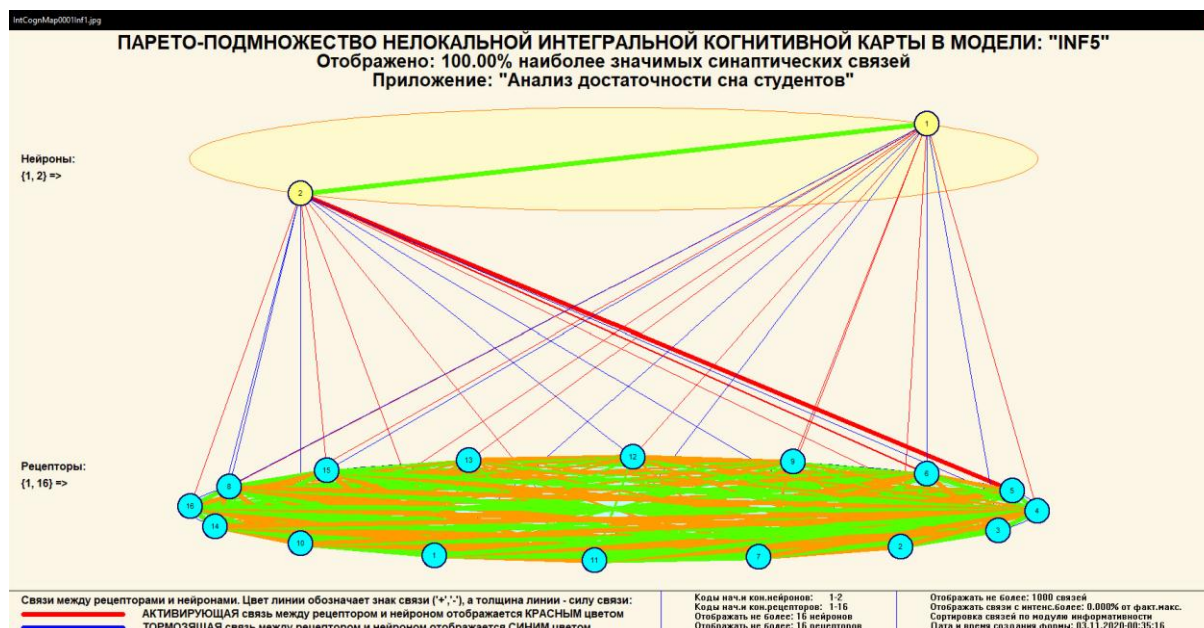


Рисунок 26. 3d-интегральная когнитивная карта в СК-модели INF5

4.3.6. Когнитивные функции

Вместо описания того, что представляют собой когнитивные функции, приведем help соответствующего режима системы «Эйдос» (рисунок 27) и сошлемся на работу, в которой это описано [7].

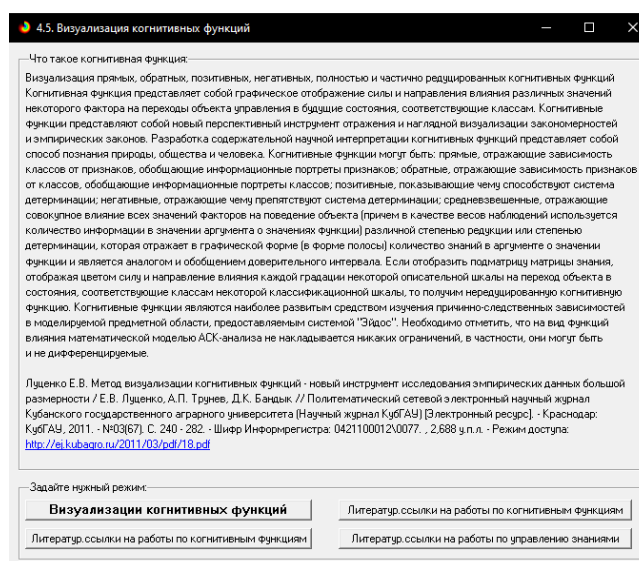


Рисунок 27. Help режима визуализации когнитивных функций

Когнитивная функция представляет собой графическое отображение силы и направления влияния различных значений некоторого фактора на переходы объекта управления в будущие состояния, соответствующие классам.

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; негативные, отражающие чему препятствуют система детерминации; 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) количество знаний в аргументе о значении функции и является аналогом и обобщением доверительного интервала.

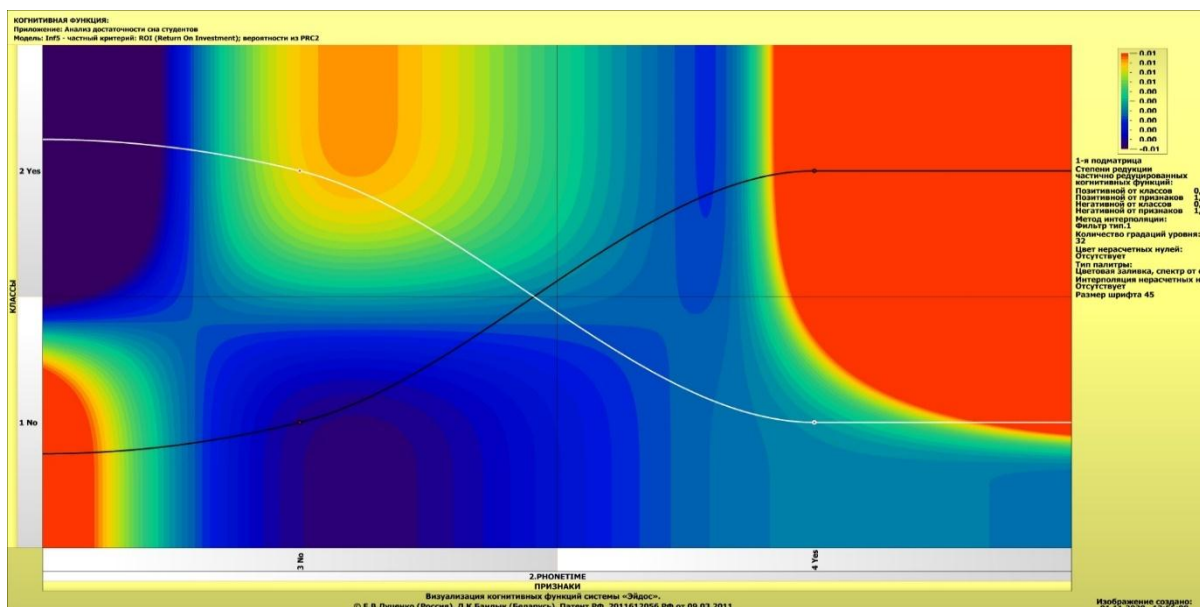
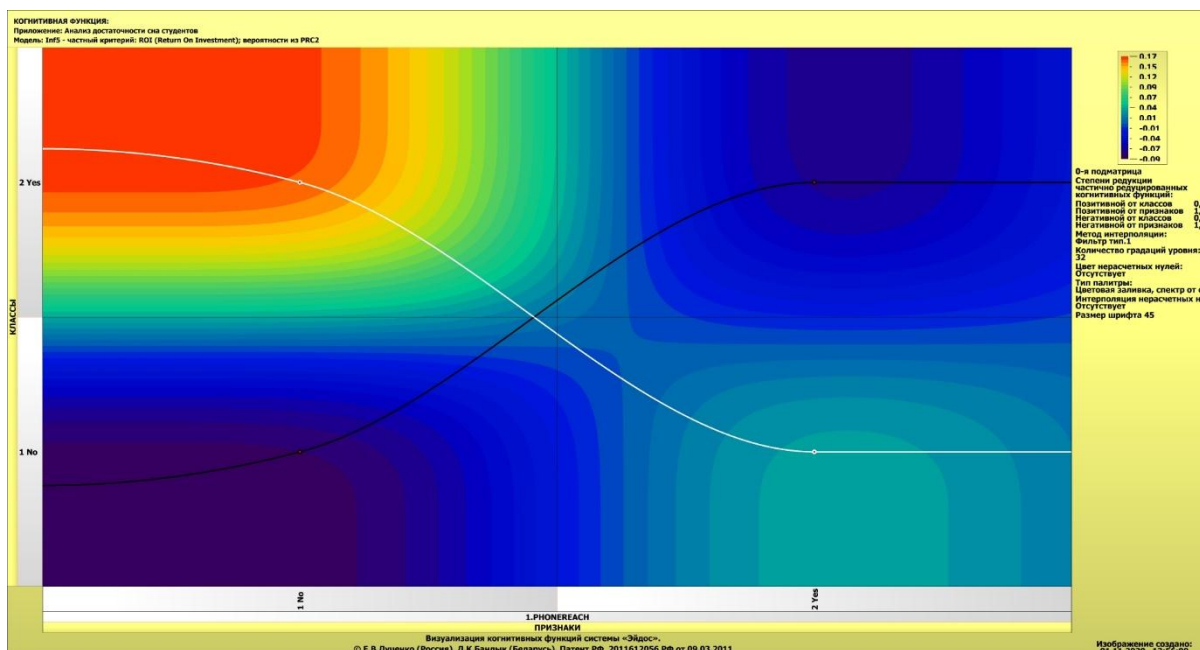
Если отобразить подматрицу матрицы знания, отображая цветом силу и направление влияния каждой градации некоторой описательной шкалы на переход объекта в состояния, соответствующие классам некоторой классификационной шкалы, то получим нередуцированную когнитивную функцию.

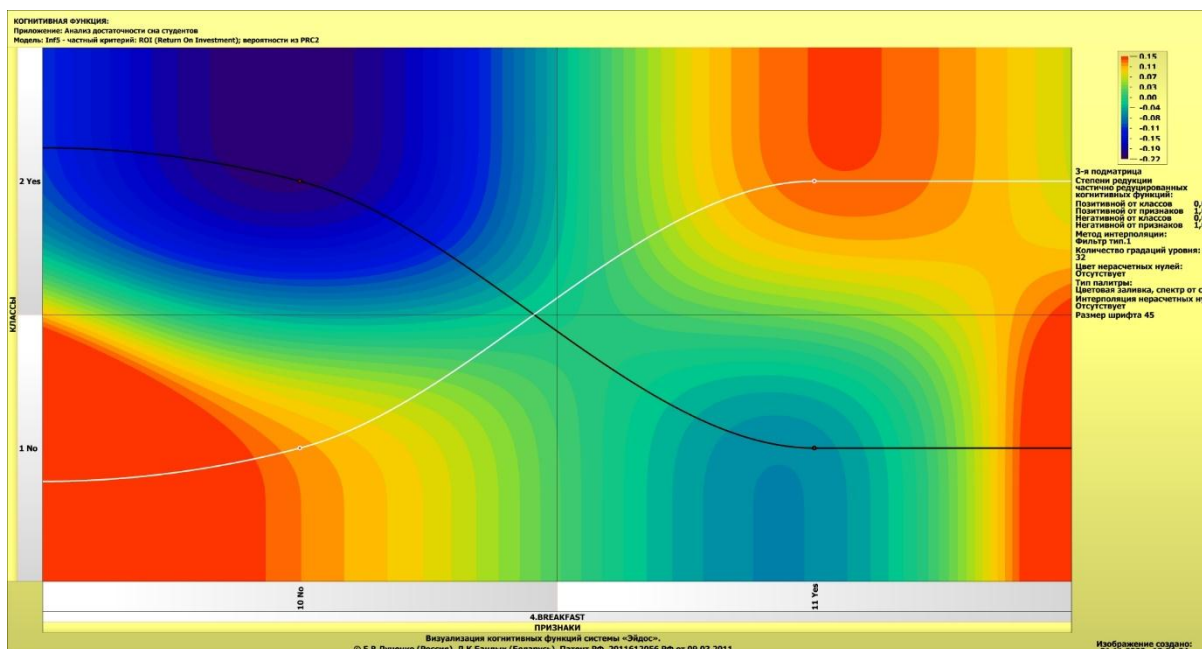
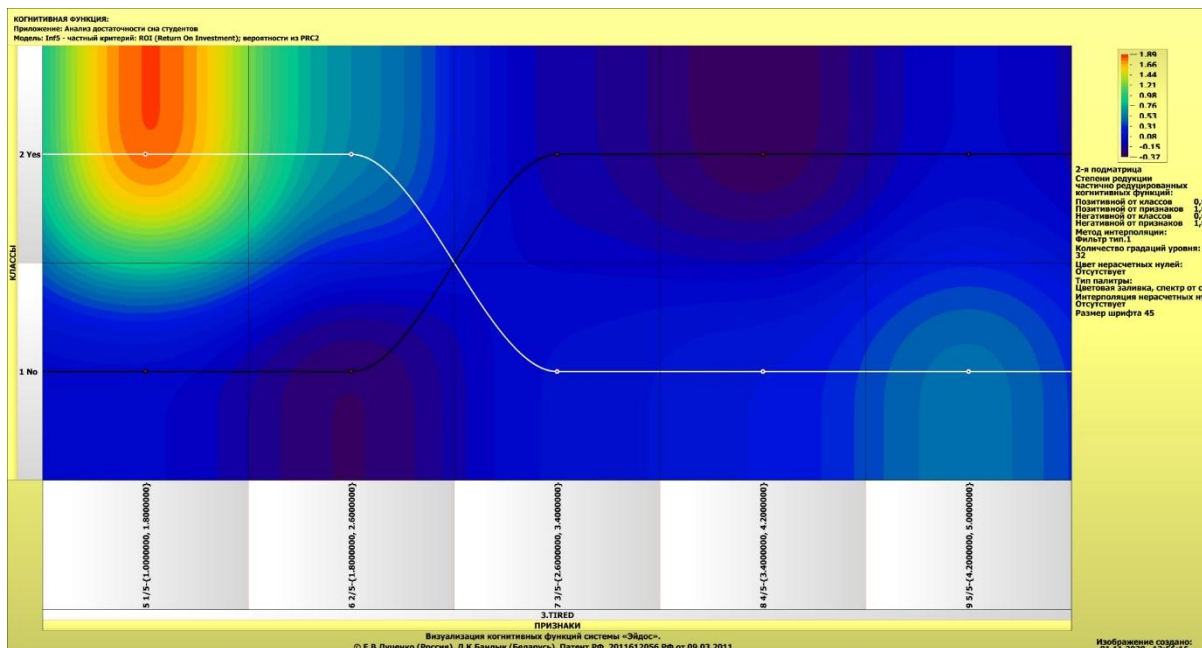
Когнитивные функции являются наиболее развитым средством изучения причинно-следственных зависимостей в моделируемой предметной области, предоставляемым системой "Эйдос".

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 28² приведены примеры некоторых когнитивных функций, наглядно отражающих силу и направление влияния значений (т.е. степени выраженности) характеристик сна студентов на его достаточность.

² При увеличении масштаба просмотра когнитивные функции вполне читабельны





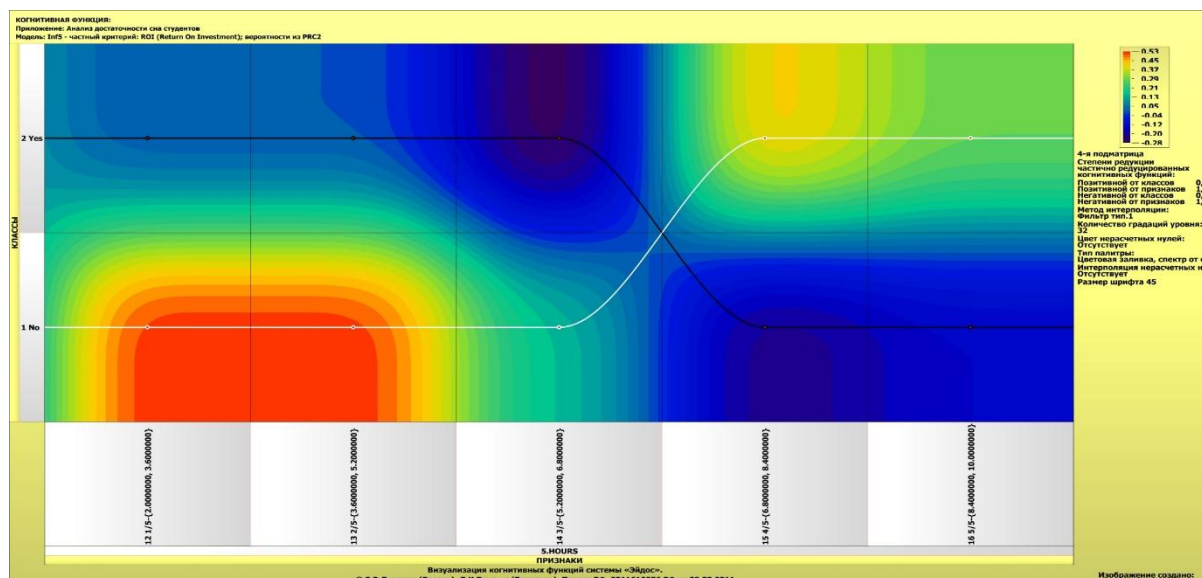


Рисунок 28. Примеры когнитивных функций, отражающих силу и направление влияния значений характеристик сна студентов на его достаточность.

Из когнитивных функций, приведённых на рисунке 28, хорошо видно, что *зависимости между значениями характеристик оружия и его классом в основном имеют довольно предсказуемый характер.*

4.3.7. Сила и направление влияния значений характеристик и сила влияния самих характеристик сна на его достаточность.

На рисунках 7, 8, 9 приведены фрагменты некоторых статистических и системно-когнитивных моделей, отражающих моделируемую предметную область.

Строки матриц моделей соответствуют значениям факторов, т.е. степени выраженности различных характеристик сна студентов (градации описательных шкал).

Колонки матриц моделей соответствуют различным классам, отражающим достаточность сна студентов (градации классификационных шкал).

Числовые значения в ячейках матриц моделей, находящихся на пересечении строк и колонок, отражают направление (знак) и силу влияния конкретного значения характеристики сна студента, соответствующего строке, на достаточность сна студента, соответствующую колонке.

Если какое-то значение характеристики сна студентов слабо влияет на достаточность сна, 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 характеристики сна студентов способствует некоторой достаточности сна студента, то в соответствующей этому результату ячейке матрицы модели будут положительные значения, если же понижает – то и значения будут отрицательные.

Из этого понятно, что суммарную силу влияния того или иного значения характеристики сна студентов на его достаточность можно количественно оценивать *степенью вариабельности значений* в строке матрицы модели, соответствующей этому значению характеристики.

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, 9 содержит количественную оценку вариабельности значений строки модели (среднеквадратичное отклонение), которая и представляет собой ценность значения характеристики, соответствующей строке.

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 29, рисунок 30).

Ценность же характеристики (всей описательной шкалы или фактора), для решения этих задач можно количественно оценивать как среднее от ценности значений этой характеристики (рисунок 31).

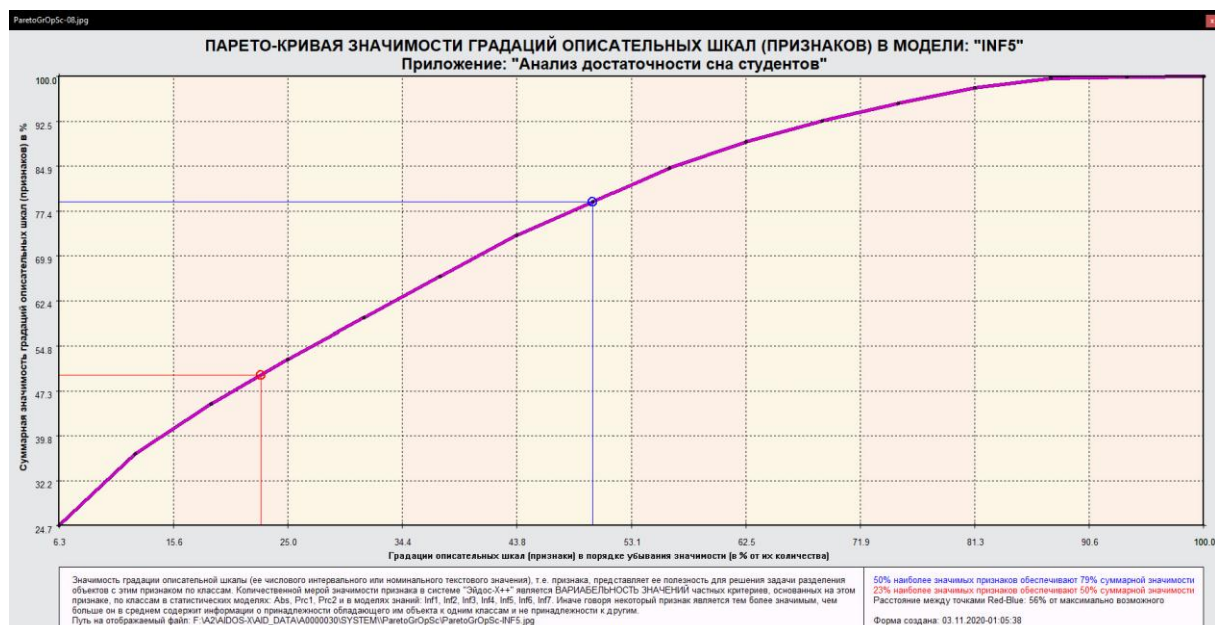


Рисунок 29. Парето-кривая значимости градаций описательных шкал

№	Код	Наименование значения характеристики	Код характеристики	Значимость значения характеристики	Значимость значения характеристики нарастающим итогом	Значимость значения характеристики (%)	Значимость значения характеристики нарастающим итогом (%)
1	5	TIRED-1/5-{1.0000000, 1.8000000}	3	1,3356461	1,3356461	24,7134474	24,7134474
2	6	TIRED-2/5-{1.8000000, 2.6000000}	3	0,6542150	1,9898611	12,1049341	36,8183815
3	15	HOURS-4/5-{6.8000000, 8.4000000}	5	0,4500182	2,4398793	8,3266826	45,1450641
4	8	TIRED-4/5-{3.4000000, 4.2000000}	3	0,4022813	2,8421606	7,4434072	52,5884713
5	9	TIRED-5/5-{4.2000000, 5.0000000}	3	0,3743507	3,2165113	6,9266075	59,5150788
6	12	HOURS-1/5-{2.0000000, 3.6000000}	5	0,3743507	3,5908620	6,9266075	66,4416863
7	13	HOURS-2/5-{3.6000000, 5.2000000}	5	0,3743507	3,9652127	6,9266075	73,3682939
8	16	HOURS-5/5-{8.4000000, 10.0000000}	5	0,3070805	4,2722932	5,6819076	79,0502015
9	14	HOURS-3/5-{5.2000000, 6.8000000}	5	0,3004049	4,5726981	5,5583891	84,6085906
10	10	BREAKFAST-No	4	0,2432547	4,8159528	4,5009395	89,1095301
11	1	PHONEREACH-No	1	0,1877530	5,0037058	3,4739920	92,5835221
12	11	BREAKFAST-Yes	4	0,1583086	5,1620144	2,9291826	95,5127046
13	7	TIRED-3/5-{2.6000000, 3.4000000}	3	0,1441943	5,3062087	2,6680258	98,1807304
14	2	PHONEREACH-Yes	1	0,0834458	5,3896545	1,5439969	99,7247273
15	3	PHONETIME-No	2	0,0120162	5,4016707	0,2223356	99,9470629
16	4	PHONETIME-Yes	2	0,0028610	5,4045317	0,0529371	100,0000000

Рисунок 30. Парето-таблица значимости градаций описательных шкал, т.е. сила влияния характеристик сна студентов на его достаточность в СК-модели INF5

№	Код	Наименование значения характеристики	Значимость значения характеристики	Значимость значения характеристики нарастающим итогом	Значимость значения характеристики (%)	Значимость значения характеристики нарастающим итогом (%)
1	3	TIRED	0,5821375	0,5821375	45,2251642	45,2251642
2	5	HOURS	0,3612410	0,9433785	28,0641318	73,2892961
3	4	BREAKFAST	0,2007817	1,1441602	15,5983515	88,8876476
4	1	PHONEREACH	0,1355994	1,2797596	10,5344616	99,4221092
5	2	PHONETIME	0,0074386	1,2871982	0,5778908	100,0000000

Рисунок 31. Парето-таблица значимости описательных шкал, т.е. сила влияния характеристик сна студентов на его достаточность в СК-модели INF5

Из рисунка 29 видно, что 50% наиболее ценных для решения задачи идентификации характеристик сна студентов обуславливают 79 % суммарной ценности, а 50 % суммарной ценности обеспечиваются 23 % наиболее ценных характеристик сна.

Обращаем внимание, что наиболее ценным является самая низкая усталость, а наименее ценным – использование телефона, причём наименее ценный фактор является бессмысленным.

Из рисунка 30 видно, что наиболее сильное влияние на достаточность сна студента оказывают такие значения характеристик как:

TIRED-1/5-{1.0000000, 1.8000000}

TIRED-2/5-{1.8000000, 2.6000000}

HOURS-4/5-{6.8000000, 8.4000000}

TIRED-4/5-{3.4000000, 4.2000000}

а наименьшее:

TIRED-3/5-{2.6000000, 3.4000000}

PHONEREACH-Yes

PHONETIME-No

PHONETIME-Yes

Из рисунка 31 видно, что наиболее сильное влияние на достаточность сна студентов оказывают их усталость и количество часов, а наиболее низкое – использование телефона

4.3.8. Степень детерминированности достаточности сна значениями обуславливающих её факторов

Степень детерминированности (обусловленности) класса в системе «Эйдос» количественно оценивается *степенью варибельности значений факторов* (градаций описательных шкал) в колонке матрицы модели, соответствующей данному классу (рисунок 33).

В данной работе у нас классом является достаточность сна студентов, а значениями градаций описательных шкал – его характеристики.

На рисунке 32 мы видим Парето-кривую степени детерминированности классов значениями характеристик нарастающим итогом.

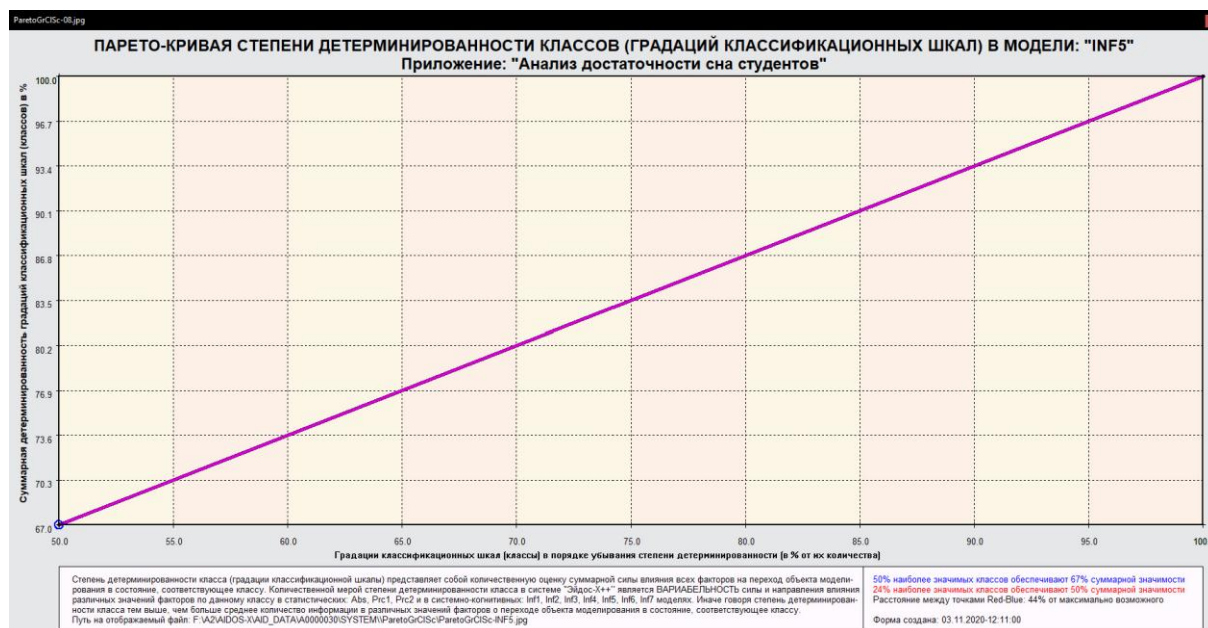


Рисунок 32. Парето-кривая степени детерминированности классов

№	Код	Наименова	Код шкалы	Степень детерминированности	Сумма детерминированности	Степень детерминированности(%)	Сумма степени детерминированности(%)
1	2	ENOUGH-Ye	1	0,5264949	0,5264949	67,0409067	67,0409067
2	1	ENOUGH-N	1	0,2588389	0,7853338	32,9590933	100,0000000

Рисунок 33. Парето-таблица степеней детерминированности (обусловленности) классов в СК-модели INF5, т.е. достаточности сна студентов

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, 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 достаточности сна студентов, изучено влияние значений характеристик сна студентов, и, на основе этого, решены задачи идентификации, принятия решений и исследования моделируемой предметной области путем исследования ее модели.

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. 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.
3. Луценко Е.В. Инвариантное относительно объемов данных нечеткое мультиклассовое обобщение F-меры достоверности моделей Ван Ризбергена в АСК-анализе и системе «Эйдос» / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2017. – №02(126). С. 1 – 32. – IDA [article ID]: 1261702001. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2017/02/pdf/01.pdf>, 2 у.п.л.
4. 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.
5. 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.
6. Луценко Е.В. Системная теория информации и нелокальные интерпретируемые нейронные сети прямого счета / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ)

[Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2003. – №01(001). С. 79 – 91. – IDA [article ID]: 0010301011. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2003/01/pdf/11.pdf>, 0,812 у.п.л.

7. 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>

8. Луценко Е.В. Системно-когнитивное моделирование влияния агротехнологий на урожайность и качество пшеницы и решение задач прогнозирования, поддержки принятия решений и исследования предметной области / Е.В. Луценко, Е.К. Печурина // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2019. – №03(147). С. 62 – 128. – IDA [article ID]: 1471903015. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2019/03/pdf/15.pdf>, 4,188 у.п.л.

9. Луценко Е.В., Открытая масштабируемая интерактивная интеллектуальная on-line среда «Эйдос» («Эйдос-online»). Свид. РосПатента РФ на программу для ЭВМ, Заявка № 2017618053 от 07.08.2017, Гос.рег.№ 2017661153, зарегистр. 04.10.2017. – Режим доступа: <http://lc.kubagro.ru/aidos/2017661153.jpg>, 2 у.п.л.

10. Луценко Е.В. Открытая масштабируемая интерактивная интеллектуальная on-line среда для обучения и научных исследований на базе АСК-анализа и системы «Эйдос» / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2017. – №06(130). С. 1 – 55. – IDA [article ID]: 1301706001. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2017/06/pdf/01.pdf>, 3,438 у.п.л. http://lc.kubagro.ru/aidos/Presentation_Aidos-online.pdf

11. Луценко Е. В., Лойко В. И., Лаптев В. Н. Системы представления и приобретения знаний : учеб. пособие / Е. В. Луценко, В. И. Лойко, В. Н. Лаптев. – Краснодар : Экоинвест, 2018. – 513 с. ISBN 978-5-94215-415-8. <https://elibrary.ru/item.asp?id=35641755>

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. Лойко В.И. Подходы к автоматизации процессов управления производством продукции растениеводства / В.И. Лойко, С.А. Курносов,

В.В. Ткаченко, Н.А. Ткаченко // Экономико-правовые аспекты реализации стратегии модернизации России: поиск модели эффективного социохозяйственного развития: сб. стат. междунар. науч.-практ. конф., Сочи, 5-9 октября 2016 г. – М.: НИИ ЭИП2016. С. 128-132.