

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

**«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ И.Т. ТРУБИЛИНА»**

Факультет прикладной информатики

Кафедра Компьютерных систем и технологий

КУРСОВАЯ РАБОТА

по дисциплине: Интеллектуальные системы и технологии

на тему: «АСК-анализ влияния морфометрических и массовых
характеристик раковины на пол и возраст морского ушка»

Выполнил студент группы: ИТ2441 Лебедь Арсений Алексеевич

Допущен к защите _____

Руководитель проекта д.э.н., к.т.н., профессор Луценко Е.В. (

(подпись, расшифровка подписи)



Защищен _____

(дата)

Оценка отлично

Краснодар
2026

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ И. Т. ТРУБИЛИНА»

Факультет прикладной информатики

**РЕЦЕНЗИЯ
на курсовую работу**

Студента Лебедь Арсений Алексеевич
курса 2 очной формы обучения группы ИТ2441
Направление подготовки 09.04.02 «Информационные системы и технологии»
Наименование темы «АСК-анализ влияния морфометрических и массовых
характеристик раковины на пол и возраст морского ушка»
Рецензент: Луценко Евгений Вениаминович, д.э.н., к.т.н., профессор
(Ф.И.О., ученое звание и степень, должность)

Оценка качества выполнения курсовой работы

№ п/п	Показатель	Оценка соответствия («неудовлетворительно», «удовлетворительно», «хорошо», «отлично»)
1	Степень полноты обзора состояния проблемы и корректность постановки цели и задач исследования	отлично
2	Уровень и корректность использования в работе различных методов исследований	отлично
3	Степень комплексности работы, применения в ней знаний общепрофессиональных и специальных дисциплин	отлично
4	Ясность, четкость, последовательность и обоснованность изложения	отлично
5	Применение современных технологий обработки информации	отлично
6	Качество оформления работы (общий уровень грамотности, стиль изложения, качество иллюстраций, соответствие требованиям по оформлению)	отлично
7	Уровень освоения компетенций в результате выполнения курсовой работы (проекта)	отлично
8	Ответы на вопросы при защите	отлично

Достоинства работы _____

Недостатки работы _____

Итоговая оценка при защите отлично

Рецензент  (Е. В. Луценко)

«» 2026 г.

РЕФЕРАТ

Курсовая работа содержит: 91 страница, 40 рисунков, 18 таблиц, 49 литературных источников.

Ключевые слова: СИСТЕМА ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА, AIDOS, КОГНИТИВНЫЙ АНАЛИЗ, МОДЕЛИ, ШКАЛЫ, КЛАССЫ.

Автоматизированный системно-когнитивный анализ (АСК-анализ) морфометрических характеристик абалона направлен на исследование факторов, определяющих пол и возраст морского ушка.

Целью работы является построение и верификация системно-когнитивной модели, позволяющей выявлять и количественно оценивать причинно-следственные связи между физическими параметрами раковины и организма (длиной, диаметром, высотой, весом) и ключевыми биологическими показателями (полом и количеством колец).

Для достижения поставленной цели требуется проанализировать и применить методы создания обобщенных представлений классов абалонов (например, по полу или возрастным группам) и решения задач идентификации особей по их морфологическим признакам. Это достигается путем применения методов принятия решений и изучения моделируемой предметной области через анализ и когнитивную визуализацию построенной модели в интеллектуальной системе «Эйдос».

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ СИСТЕМНО-КОГНИТИВНЫЙ АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ И МАССОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК РАКОВИНЫ НА ПОЛ И ВОЗРАСТ МОРСКОГО УШКА

Лебедь Арсений Алексеевич
Кубанский Государственный Аграрный университет имени И.Т.Трубилина, Краснодар, Россия

Морское ушко (абалон) является важным объектом морского промысла и аквакультуры, однако эффективное управление его популяциями и прогнозирование качества продукции требуют точных биологических данных. Однако определение пола и возраста абалона в полевых условиях затруднено необходимостью сложных лабораторных анализов или вскрытия моллюска, так как внешне особи часто практически идентичны. В ряде научных работ по малакологии и биометрии для анализа данных традиционно используются классические статистические методы и линейные модели. Эти подходы позволяют выявлять общие закономерности роста, но зачастую недостаточны для анализа сложных нелинейных взаимосвязей между большим количеством морфометрических и весовых параметров организма. В данной статье для анализа эмпирических данных об измерениях абалона предлагается использовать Автоматизированный системно-когнитивный анализ (АСК-анализ) и его программный инструментарий – интеллектуальную систему «Эйдос». Приводится подробный численный пример. Этот пример содержит много разнообразных наглядных табличных и графических выходных форм и может использоваться для обучения применению АСК-анализа и системы «Эйдос» для научных исследований в биологии и аквакультуре, для выработки практических рекомендаций по бесконтактной идентификации биологических характеристик моллюсков и обоснования научных положений о механизмах действия причинно-следственных связей в данной предметной области.

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

AUTOMATED SYSTEM-COGNITIVE ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF MORPHOMETRIC AND MASS CHARACTERISTICS OF THE SHELL ON THE SEX AND AGE OF THE ABALONE

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

Abalone is an important object of marine fisheries and aquaculture, but effective management of its populations and forecasting product quality require accurate biological data. However, determining the sex and age of an abalone in the field is difficult due to the need for complex laboratory tests or autopsy of the mollusk, since the individuals are often almost identical in appearance. A number of scientific papers on malacology and biometrics traditionally use classical statistical methods and linear models for data analysis. These approaches make it possible to identify general growth patterns, but are often insufficient to analyze complex nonlinear relationships between a large number of morphometric and weight parameters of an organism. In this article, it is proposed to use Automated System Cognitive Analysis (ASK analysis) and its software toolkit, the intelligent Eidos system, to analyze empirical data on abalone measurements. A detailed numerical example is given. This example contains many different visual tabular and graphical output forms and can be used to teach the use of ASK analysis and the Eidos system for scientific research in biology and aquaculture, to develop practical recommendations for the contactless identification of biological characteristics of mollusks and to substantiate scientific provisions on the mechanisms of causal relationships in this subject area.

Keywords: ASC-ANALYSIS, AUTOMATED SYSTEM-COGNITIVE ANALYSIS, INTELLIGENT SYSTEM "EIDOS"

СОДЕРЖАНИЕ

1. INTRODUCTION (ВВЕДЕНИЕ).....	7
1.1. ОПИСАНИЕ ИССЛЕДУЕМОЙ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ	7
1.2. ОБЪЕКТ И ПРЕДМЕТ ИССЛЕДОВАНИЯ	8
1.3. ПРОБЛЕМА, РЕШАЕМАЯ В РАБОТЕ И ЕЕ АКТУАЛЬНОСТЬ.....	8
1.4. ЦЕЛЬ РАБОТЫ.....	8
2. METHODS (МЕТОДЫ).....	8
2.1. ОБОСНОВАНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К МЕТОДУ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ	8
2.2. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР МЕТОДОВ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ, ИХ ХАРАКТЕРИСТИКА И ОЦЕНКА СТЕПЕНИ СООТВЕТСТВИЯ ОБОСНОВАННЫМ ТРЕБОВАНИЯМ	9
2.3. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ СИСТЕМНО-КОГНИТИВНЫЙ АНАЛИЗ (АСК-АНАЛИЗ) КАК МЕТОД РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ.....	9
2.4. СИСТЕМА «ЭЙДОС» – ИНСТРУМЕНТАРИЙ АСК-АНАЛИЗА.....	11
2.5. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ	18
3. RESULTS (РЕЗУЛЬТАТЫ).....	21
3.1. Задача-1. КОГНИТИВНАЯ СТРУКТУРИЗАЦИЯ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ. ДВЕ ИНТЕРПРЕТАЦИИ КЛАССИФИКАЦИОННЫХ И ОПИСАТЕЛЬНЫХ ШКАЛ И ГРАДАЦИЙ	21
3.1.1. Универсальная постановка задачи, не зависящая от предметной области	21
3.1.2. Конкретное решение задачи в данной работе	22
3.2. Задача-2. ФОРМАЛИЗАЦИЯ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ	22
3.2.1. Универсальная постановка задачи, не зависящая от предметной области	22
3.2.2. Конкретное решение задачи в данной работе	23
3.3. Задача-3. СИНТЕЗ СТАТИСТИЧЕСКИХ И СИСТЕМНО-КОГНИТИВНЫХ МОДЕЛЕЙ. МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ТИПИЗАЦИЯ И ЧАСТНЫЕ КРИТЕРИИ ЗНАНИЙ.....	29
3.3.1. Универсальная постановка задачи, не зависящая от предметной области	29
3.3.2. Конкретное решение задачи в данной работе	37
3.4. Задача-4. ВЕРИФИКАЦИЯ МОДЕЛЕЙ	41
3.4.1. Универсальная постановка задачи, не зависящая от предметной области	41
3.4.2. Конкретное решение задачи в данной работе	41
3.5. Задача-5. ВЫБОР НАИБОЛЕЕ ДОСТОВЕРНОЙ МОДЕЛИ	44
3.5.1. Универсальная постановка задачи, не зависящая от предметной области	44
3.5.2. Конкретное решение задачи в данной работе	44
3.6. Задача-6. СИСТЕМНАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ	46
3.6.1. Универсальная постановка задачи, не зависящая от предметной области	46
3.6.1.1. Интегральный критерий «Сумма знаний»	46
3.6.1.2. Интегральный критерий «Семантический резонанс знаний».....	47
3.6.1.3. Важные математические свойства интегральных критериев.....	48
3.6.2. Конкретное решение задачи идентификации и прогнозирования в данной работе в системе «Эйдос»	49
3.7. Задача-7. ПОДДЕРЖКА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ.....	52
3.7.1. Упрощенный вариант принятия решений как обратная задача прогнозирования, позитивный и негативный информационные портреты классов, SWOT-анализ.....	52
3.7.1.1. Универсальная постановка задачи, не зависящая от предметной области	52
3.7.1.2. Конкретное решение задачи идентификации и прогнозирования в данной работе в системе «Эйдос».....	53
3.7.2. Развитый алгоритм принятия решений в адаптивных интеллектуальных системах управления на основе АСК-анализа и системы «Эйдос»	54
3.7.2.1. Универсальная постановка задачи, не зависящая от предметной области	54
3.7.2.2. Конкретное решение задачи управления в данной работе в системе «Эйдос»	58
3.8. Задача-8. ИССЛЕДОВАНИЕ ОБЪЕКТА МОДЕЛИРОВАНИЯ ПУТЕМ ИССЛЕДОВАНИЯ ЕГО МОДЕЛИ	59
3.8.1. Инвертированные SWOT-диаграммы значений описательных шкал (семантические потенциалы).....	59
3.8.1.1. Универсальная постановка задачи, не зависящая от предметной области	59
3.8.1.2. Конкретное решение задачи в данной работе	59
3.8.2. Кластерно-конструктивный анализ классов.....	60

3.8.2.1. Универсальная постановка задачи, не зависящая от предметной области	60
3.8.2.2. Конкретное решение задачи в данной работе	60
3.8.3. Кластерно-конструктивный анализ значений описательных шкал	65
3.8.3.1. Универсальная постановка задачи, не зависящая от предметной области	65
3.8.3.2. Конкретное решение задачи в данной работе	65
3.8.4. Модель знаний системы «Эйдос» и нелокальные нейроны.....	69
3.8.4.1. Универсальная постановка задачи, не зависящая от предметной области	69
3.8.4.2. Конкретное решение задачи в данной работе	70
3.8.5. Нелокальная нейронная сеть.....	71
3.8.5.1. Универсальная постановка задачи, не зависящая от предметной области	71
3.8.5.2. Конкретное решение задачи в данной работе	71
3.8.6. 3D-интегральные когнитивные карты	72
3.8.6.1. Универсальная постановка задачи, не зависящая от предметной области	72
3.8.7. 2D-интегральные когнитивные карты содержательного сравнения классов (опосредованные нечеткие правдоподобные рассуждения).....	73
3.8.7.1. Универсальная постановка задачи, не зависящая от предметной области	73
3.8.7.2. Конкретное решение задачи в данной работе	73
3.8.8. 2D-интегральные когнитивные карты содержательного сравнения значений факторов (опосредованные нечеткие правдоподобные рассуждения).....	75
3.8.8.1. Универсальная постановка задачи, не зависящая от предметной области	75
3.8.8.2. Конкретное решение задачи в данной работе	75
3.8.9. Когнитивные функции	76
3.8.9.1. Универсальная постановка задачи, не зависящая от предметной области	76
3.8.9.2. Конкретное решение задачи в данной работе	77
3.8.10. Значимость описательных шкал и их градаций.....	79
3.8.10.1. Универсальная постановка задачи, не зависящая от предметной области	79
3.8.10.2. Конкретное решение задачи в данной работе	80
3.8.11. Степень детерминированности классов и классификационных шкал	84
3.8.11.1. Универсальная постановка задачи, не зависящая от предметной области	84
3.8.11.2. Конкретное решение задачи в данной работе	84
4. DISCUSSION (ОБСУЖДЕНИЕ)	85
5. CONCLUSIONS (ВЫВОДЫ)	87
REFERENCES (ЛИТЕРАТУРА)	88

1. INTRODUCTION (ВВЕДЕНИЕ)

1.1. Описание исследуемой предметной области

Данная работа является продолжением серии работ автора по применению Автоматизированного системно-когнитивного анализа (АСК-анализ) для исследования влияния различных факторов на эмерджентные свойства сложных систем в целом.

Популяции морского ушка (абалона), представляющие собой динамическое взаимодействие организмов с окружающей средой, пищевой цепью и условиями обитания, имеют высокий уровень сложности и системности. В качестве такой системы правильно рассматривать не отдельного моллюска как изолированный объект, а всю совокупность особей в конкретном регионе или на ферме за длительный промежуток времени.

Морское ушко является важным объектом промысла и аквакультуры, однако его эффективная добыча и разведение требуют глубоких понимания биологических характеристик. Определение пола и точного возраста абалона является ключевой задачей для управления популяциями и селекции. Однако этому препятствует сложность и нелинейность процессов роста и развития моллюсков, а также отсутствие ярко выраженных внешних половых признаков.

Биологический статус особи (ее пол и возрастная категория) является ярко-выраженным эмерджентным (системным) свойством, зависящим от множества факторов, в частности от линейных размеров раковины, общей массы, веса мяса и внутренностей, а также условий среды обитания.

В ряде научных работ по малакологии и биометрии для анализа данных традиционно используются классические статистические методы (например, корреляционный и регрессионный анализ) и детерминистические модели. Эти подходы позволяют выявлять общие закономерности роста, но зачастую недостаточны для анализа сложных нелинейных взаимосвязей между большим количеством разнородных морфометрических и весовых параметров.

В данной работе для анализа эмпирических данных об измерениях абалона предлагается использовать Автоматизированный системно-когнитивный анализ (АСК-анализ) и его программный инструментарий – интеллектуальную систему «Эйдос». Приводится подробный численный пример. Этот пример содержит много разнообразных наглядных табличных и графических выходных форм и может использоваться для обучения применению АСК-анализа и системы «Эйдос» для научных исследований в биологии и аквакультуре, для выработки практических рекомендаций по автоматизированной идентификации пола и возраста моллюсков и обоснования научных положений о механизмах действия причинно-следственных связей в данной предметной области.

1.2. Объект и предмет исследования

Объект исследования (моделирования) – морское ушко (абалон).

Предмет исследования – выявление причинно-следственных зависимостей пола и возраста абалона от его морфометрических и массовых характеристик.

1.3. Проблема, решаемая в работе и ее актуальность

Спецификой данной задачи является то, что зависимые переменные (результаты моделирования), такие как пол и возраст морского ушка, имеют очень низкую степень формализации (для пола) или являются дискретными количественными показателями (для возраста/колец), формализуемыми в разных типах шкал (категориальной и числовой). При этом независимые переменные (факторы), например, длина, диаметр, высота и различные весовые характеристики раковины, измеряются в непрерывной числовой шкале.

Таким образом, в работе решается проблема построения гибридной модели, включающей как номинальные (текстовые), так и числовые шкалы и обеспечивающей сопоставимость обработки данных разных типов, представленных (формализуемых) в разных типах шкал и разных единицах измерения.

Решение в данной работе проблемы сопоставимости при выявлении причинно-следственных зависимостей между числовыми морфометрическими факторами и разнотипными целевыми характеристиками (полом и возрастом), делает данную работу актуальной для задач автоматизированной классификации и мониторинга в аквакультуре и разработки более точных моделей идентификации биологических объектов.

1.4. Цель работы

Целью работы является решение поставленной проблемы.

Достижение поставленной цели обеспечивается решением ряда *задач* и подзадач, которые являются *этапами* достижения цели. Конкретная формулировка этих задач зависит от метода решения проблемы, поэтому обоснованно мы сформулируем их в конце раздела, т.е. после обоснованного выбора метода решения проблемы и его краткого описания.

2. METHODS (МЕТОДЫ)

2.1. Обоснование требований к методу решения проблемы

Из специфики поставленной проблемы сопоставимости обработки в одной модели исходных, представленных в разных типах шкал числовых и

текстовых (лингвистических) и в разных единицах измерения, вытекают следующие **требования** к методу решения проблемы:

1. Метод должен обеспечивать устойчивое выявление в сопоставимой форме силы и направления причинно-следственных зависимостей в неполных зашумленных (неточных) взаимозависимых (нелинейных) данных большой размерности числовой и не числовой природы, измеряемых в различных типах шкал (номинальных, порядковых и числовых) и в различных единицах измерения.

2. Метод решения проблемы не должен предъявлять чрезмерно жестких требований к исходным данным, которые практически невозможно выполнить, а должен обеспечивать обработку тех данных, которые реально есть.

3. Метод должен не теоретически, а реально на практике решать поставленную проблему, а значит, он должен иметь поддерживающий его программный инструментарий, находящийся в полном открытом бесплатном доступе.

2.2. Литературный обзор методов решения проблемы, их характеристика и оценка степени соответствия обоснованным требованиям

Поиск в Internet математических методов и реализующих их программных систем, **одновременно** удовлетворяющих всем требованиям, обоснованным в п.2.1 данной работы показал, что альтернатив Автоматизированному системно-когнитивному анализу и его программному инструментарии – системе «Эйдос» в настоящее время практически нет [1-4].

2.3. Автоматизированный системно-когнитивный анализ (АСК-анализ) как метод решения проблемы

Автоматизированный системно-когнитивный анализ (АСК-анализ) предложен *проф. Е.В. Луценко* в 2002 году в ряде статей 1997-2001 годов¹ и фундаментальной монографии [2].

Сам термин: «Автоматизированный системно-когнитивный анализ (АСК-анализ)» был предложен проф. Е.В. Луценко в 2001 году. На тот момент этот термин вообще не встречался в Internet. Сегодня по соответствующему запросу в Гугле находится около 23000 сайтов с этим сочетанием слов².

Примечание: Ниже приведено очень краткое описание АСК-анализа и системе «Эйдос». Это описание может выглядеть как нескромность и самовосхваление. Но автор просит читателей понять его правильно. Это сделано исключительно для тех довольно многочисленных читателей, которые впервые слышат об этом методе и системе.

¹ <http://lc.kubagro.ru/aidos/Sprab0802.pdf> (см. с публикации № 48).

² [https://yandex.ru/search/?text=Автоматизированный%2Всистемно-когнитивный%2Ванализ%2В\(АСК-анализ\)&lr=35&clid=2327117-18&win=360](https://yandex.ru/search/?text=Автоматизированный%2Всистемно-когнитивный%2Ванализ%2В(АСК-анализ)&lr=35&clid=2327117-18&win=360)

АСК-анализ включает:

- теоретические основы, в частности базовую формализуемую когнитивную концепцию;
- математическую модель, основанную на системном обобщении теории информации (СТИ);
- методику численных расчетов (структуры баз данных и алгоритмы их обработки);
- программный инструментарий, в качестве которого в настоящее время выступает универсальная когнитивная аналитическая система «Эйдос» (интеллектуальная система «Эйдос»).

Более подробно математический метод АСК-анализа описан в работе [3] и ряде других [5]. Около половины из 706 опубликованных автором научных работ посвящены теоретическим основам АСК-анализа и его практическим применениям в ряде предметных областей. На момент написания данной работы автором опубликовано 45 монографий, 27 учебных пособий, в т.ч. 3 учебных пособия с грифами УМО и Министерства, получено 34 патента РФ на системы искусственного интеллекта, 360 публикации в изданиях, входящих в перечень ВАК РФ и приравненных им (по данным [РИНЦ](#)), 17 публикаций в изданиях, входящих в ядро РИНЦ, 6 статей в журналах, входящих в [WoS](#), 7 публикаций в журналах, входящих в [Скопус](#)³ [5, 6, 7].

Три монографии включены в фонды библиотеки конгресса США⁴.

АСК-анализ и система "Эйдос" были успешно применены в 8 докторских диссертациях по экономическим, техническим, биологическим наукам и в 8 кандидатских диссертациях по экономическим, техническим, психологическим и медицинским наукам, еще несколько докторских и кандидатских диссертаций по техническим, экономическим, филологическим и медицинским наукам с применением АСК-анализа находятся в стадии выхода на защиту.

Автор является основателем междисциплинарной научной школы: «Автоматизированный системно-когнитивный анализ»⁵. Научная школа: "Автоматизированный системно-когнитивный анализ" является междисциплинарным научным направлением на пересечении, по крайней мере, трех научных специальностей (согласно недавно утвержденной новой номенклатуры научных специальностей ВАК РФ⁶). Основные научные специальности, которым соответствует научная школа:

- 5.12.4. Когнитивное моделирование;
- 1.2.1. Искусственный интеллект и машинное обучение;
- 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации.

³ <http://lc.kubagro.ru/aidos/Sprab0802.pdf>

⁴ <https://catalog.loc.gov/vwebv/search?searchArg=Lutsenko+E.V.> (и кликнуть: "Search")

⁵ <https://www.famous-scientists.ru/school/1608>

⁶ <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/400450248/>

Научная школа: "Автоматизированный системно-когнитивный анализ" включает следующие междисциплинарные научные направления:

- Автоматизированный системно-когнитивный анализ числовых и текстовых табличных данных [1-47];
- Автоматизированный системно-когнитивный анализ текстовых данных [32];
- Спектральный и контурный автоматизированный системно-когнитивный анализ изображений [31];
- Сценарный автоматизированный системно-когнитивный анализ временных и динамических рядов [44].

Приводить здесь ссылки на все эти работы здесь вряд ли целесообразно. Отметим лишь, что у автора есть личный сайт [5] и страничка в РесечГейт [6] и РИНЦ [7], на которых можно получить более полную информацию о методе АСК-анализа и системе «Эйдос». Краткая информация об АСК-анализе и системе «Эйдос» есть в материале: http://lc.kubagro.ru/aidos/Presentation_Aidos-online.pdf.

На сайте автора размещены тематические подборки публикаций по применению АСК-анализа и системы «Эйдос» в различных предметных областях [26-47].

Решение поставленной в работе проблемы сопоставимости в АСК-анализе и системе «Эйдос» обеспечивается *путем* метризации номинальных шкал, т.е. повышения их степени формализации до уровня числовых шкал [8]. Сама метризация номинальных шкал достигается *путем* вычисления количества информации, содержащегося в градациях номинальных шкал о получении той или иной урожайности [8]. Для работы с лингвистическими переменными применяются стандартные возможности АСК-анализа [5].

2.4. Система «Эйдос» – инструментарий АСК-анализа

Конечно, на системе «Эйдос» как говорят «Свет клином не сошелся». Существует много очень достойных систем искусственного интеллекта. Чтобы лично убедиться в этом достаточно самостоятельно осуществить поиск в Internet, просто посмотреть файлы: [NCKR-1](#), [NCKR-2](#), [NCKR-3](#), [NCKR-4](#) или пройти по ссылкам: <https://learn.microsoft.com/ru-ru/dotnet/machine-learning/how-does-ml-dotnet-work>, <http://chat.openai.com/>, <https://poe.com/>, <https://neural-university.ru/>, <https://dzen.ru/a/ZCKZRKvrlEMBWOк8>, <https://ora.ai/>, <https://ora.ai/explore?path=trending>, <https://ora.ai/eugene-lutsenko/aidos>, <https://poe.com/Aidos-X>, <https://rudalle.ru/>, <https://bard.google.com/>, <https://chatbot.theb.ai/>, <https://problembo.com/ru/services> (может пригодиться - почта на 10 минут: <https://10minutemail.net/>), <https://poe.com/GPT-3.5-Turbo-Instruct>, <https://www.seaart.ai/home>, <https://ui.chatai.com/>.

И все же Универсальная когнитивная аналитическая система «Эйдос-Х++» отличается от большинства из этих систем, по крайней мере, некоторыми из следующих своих параметров:

- является универсальной и может быть применена во многих предметных областях, т.к. разработана в универсальной постановке, не зависящей от предметной области (<http://lc.kubagro.ru/aidos/index.htm>) и имеет 6 автоматизированных программных интерфейсов (API) ввода данных из внешних источников данных различных типов: таблиц, текстов и графики. Система «Эйдос» является автоматизированной системой, т.е. предполагает непосредственное участие человека в реальном времени в процессе создания моделей и их использования для решения задач идентификации, прогнозирования, принятия решений и исследования предметной области путем исследования ее модели (автоматические системы работают без такого участия человека);

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

- реально работает, 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);

- имеет «нулевой порог входа»:

- содержит большое количество интеллектуальных локальных (т.е. поставляемых с инсталляцией) и облачных учебных и научных Эйдос-приложений (в настоящее время их 31 и более 392, соответственно: http://lc.kubagro.ru/Source_data_applications/WebAppls.htm) (http://lc.kubagro.ru/aidos/Presentation_Aidos-online.pdf, http://lc.kubagro.ru/Presentation_LutsenkoEV.pdf);

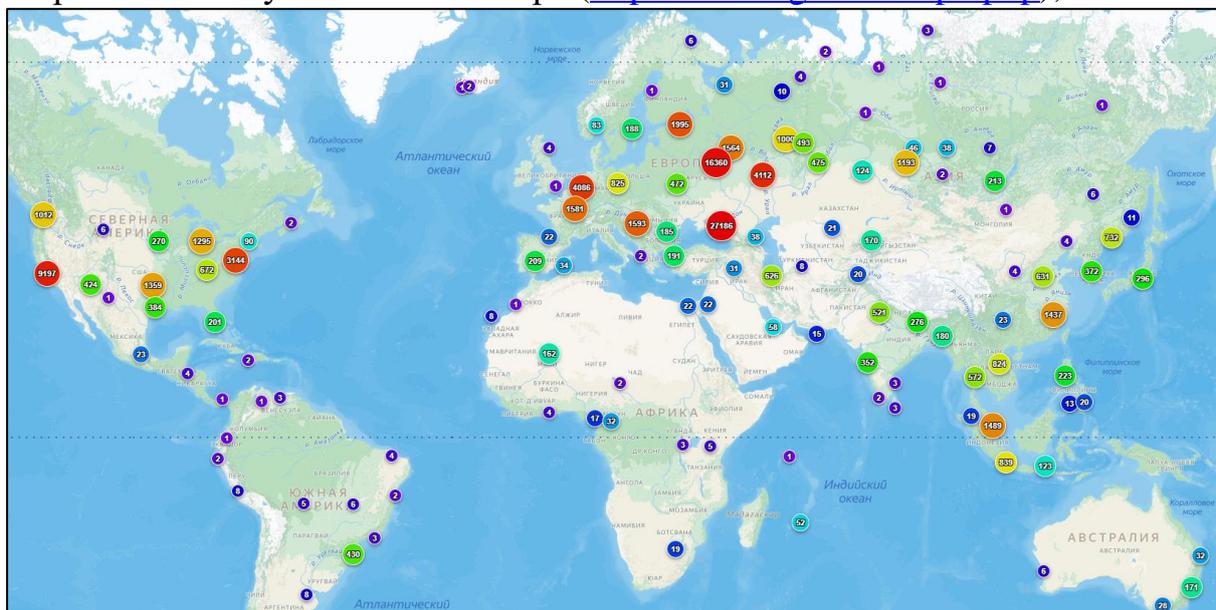
- находится в полном открытом бесплатном доступе (http://lc.kubagro.ru/aidos/_Aidos-X.htm), причем с актуальными исходными текстами (http://lc.kubagro.ru/_AidosALL.txt): открытая лицензия: [CC BY-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>), и это означает, что ей могут пользоваться все, кто пожелает, без какого-либо дополнительного разрешения со стороны первичного правообладателя – автора и разработчика системы «Эйдос» проф. Е.В.Луценко (отметим, что система «Эйдос» создана полностью с использованием только лицензионного инструментального программного обеспечения и на нее имеется 34 свидетельства РосПатента РФ);

- является «интерпретатором интеллектуальных моделей», т.е. с одной стороны является инструментальной оболочкой, позволяющей без какого-либо программирования создавать интеллектуальные приложения на основе

конфигуратора статистических и системно-когнитивных моделей, а с другой стороны является run-time системой или средой исполнения, обеспечивающей эксплуатацию этих интеллектуальных приложений в адаптивном режиме.

- чтобы самостоятельно освоить систему Эйдос достаточно скачать со страницы: <http://lc.kubagro.ru/aidos/index.htm> и установить полную версию систему, а затем в режиме 1.3 скачать и установить из Эйдос-облака одно из интеллектуальных облачных Эйдос-приложений (http://lc.kubagro.ru/Source_data_applications/WebAppls.htm) и выполнять его, следуя описанию приложения. Обычно это файл readme.pdf в папке: c:\Aidos-X\AID_DATA\Inp_data. Для изучения лучше выбирать самые новые приложения, автором которых является проф. Е.В. Луценко. Кроме того на странице: http://lc.kubagro.ru/aidos/How_to_make_your_own_cloud_Eidos-application.pdf есть более 300 полутора-часовых видео-занятий (на русском языке) и много других учебных материалов и примеров описания интеллектуальных-Эйдос-приложений.

- поддерживает on-line среду накопления знаний и обмена ими, широко используется во всем мире (<http://lc.kubagro.ru/map5.php>);



- обеспечивает мультиязычную 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, т.е. поддерживать язык OpenGL);

- обеспечивает преобразование исходных эмпирических данных в информацию, а ее в знания и решение с использованием этих знаний задач идентификации, прогнозирования, 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 и является инструментом познания: дает результаты анализа, понятные экспертам на основе их опыта, интуиции и профессиональной компетенции, если эти эксперты уже есть, а если их еще нет, то она все равно дает верные результаты познания, что будет признано будущими экспертами, когда они появятся;

- 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 те данные, которые есть, и, тем самым, преобразовать их в информацию, а затем преобразовать эту информацию в знания путем ее применения для достижения целей (т.е. для принятия решений и 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 экспертами на теоретическом уровне познания в содержательных научных законах.

[We are briefly describing a new innovative method of artificial intelligence: Automated system-cognitive analysis \(ASC-analysis\), which has its own software tools – intelligent system called "Eidos" \(open source software\).](#)

В разработке системы «Эйдос» были следующие этапы:

1-й этап, «подготовительный»: 1979-1992 годы. Математическая модель системы "Эйдос" разработана в 1979 и впервые прошла экспериментальную апробацию в 1981 году (первый расчет на компьютере

на основе модели). С 1981 по 1992 система "Эйдос" неоднократно реализовалась на платформе Wang (на компьютерах Wang-2200C). В 1987 году впервые получен [акт внедрения](#) на одну из ранних версий системы «Эйдос», реализованную в среде персональной технологической системы «Вега-М» разработки автора (см.2-й акт).

2-й этап, «эра IBM PC и MS DOS»: 1992-2012 годы. Для IBM-совместимых персональных компьютеров система "Эйдос" впервые реализована на языках CLIPPER-87 и CLIPPER-5.01 (5.02) в 1992 году, а в 1994 году уже были получены [свидетельства РосПатента](#), первые в Краснодарском крае и, возможно, в России на системы искусственного интеллекта (слева приведена титульная видеограмма финальной DOS-версии системы «Эйдос-12.5», июнь 2012 года). С тех пор и до настоящего времени система непрерывно совершенствуется на IBM PC.

3-й этап, «эра MS Windows xp, 8, 7»: 2012-2020 годы. С июня 2012 по 14.12.2020 система «Эйдос» развивалась на языке [Аляска-1.9](#) + [Экспресс++](#) + библиотека для работы с Internet xh2net. Система «Эйдос-X1.9» хорошо работала на всех версиях MS Windows кроме Windows-10, которая требовала специальной настройки. 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).

4-й этап, «эра MS Windows-10»: 2020-2021 годы. С 13.12.2020 года по настоящее время система «Эйдос» развивается на языке [Аляска-2.0](#) + [Экспресс++](#). Библиотека xh2net в ней больше не используется, т.к. все возможности работы с Internet входят в [базовые возможности языка программирования](#).

5-й этап, «эра Больших данных, информации и знаний»: 2022 год. С 2022 года автор и разработчик системы «Эйдос» проф. Е.В. Луценко вплотную занялся разработкой профессиональной версии системы «Эйдос» на языке xBase++eXpress++Advantage Database Server (ADS), обеспечивающей обработку больших данных, информации и знаний (Big Data, Big Information, Big Knowledge).

6-й этап, «эра Больших данных, информации и знаний»: с 2023 года по настоящее время. С 2023 развитие системы «Эйдос» будет осуществляться на языках Питон (Python), а также [Аляска-2.0](#) + [Экспресс++](#).

[Скачать и запустить систему «Эйдос-X++» \(самую новую на текущий момент версию\) или обновление системы до текущей версии.](#) Это наиболее полная на данный момент незащищенная от несанкционированного копирования портативная (portable) версия системы

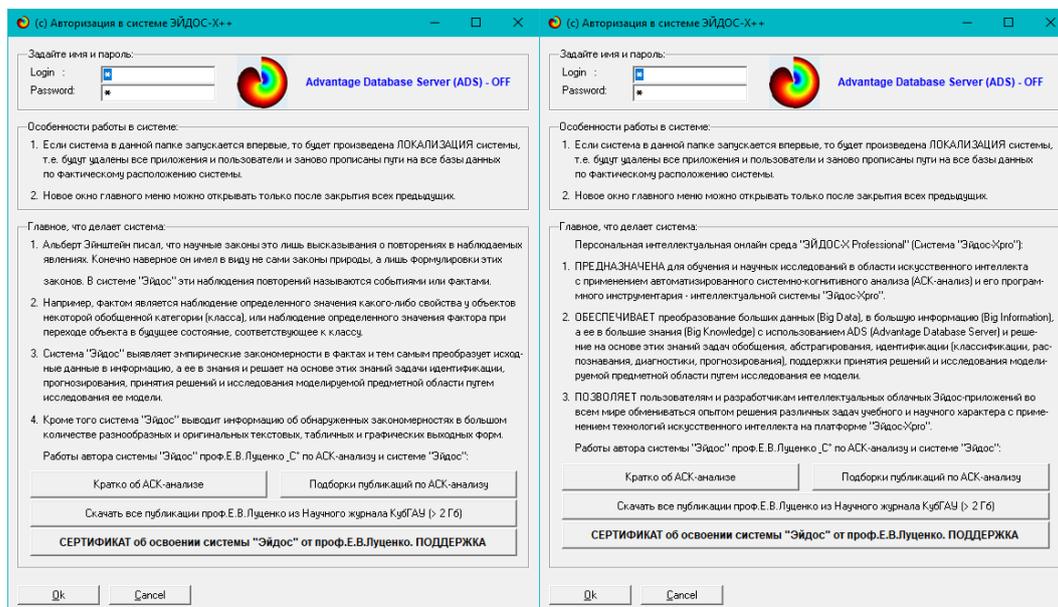
(не требующая инсталляции) с полными исходными текстами текущей версии (за исключением ключей доступа к ftp-серверу системы «Эйдос» и ключей лицензионного программного обеспечения), находящаяся в полном открытом бесплатном доступе (около 180 Мб). Обновление имеет объем около 10 Мб. Кредо. Лаборатория в ResearchGate по АСК-анализу и системе «Эйдос».

Задание-инструкция для учащихся по разработке собственного интеллектуального облачного Эйдос-приложения⁷

На рисунке 1 приведена титульная видеोगрамма DOS-версии системы «Эйдос», а на рисунке 2 – титульные видеोगраммы текущей версии системы «Эйдос» (их в настоящее время 7 и они меняются по очереди при каждом запуске системы):

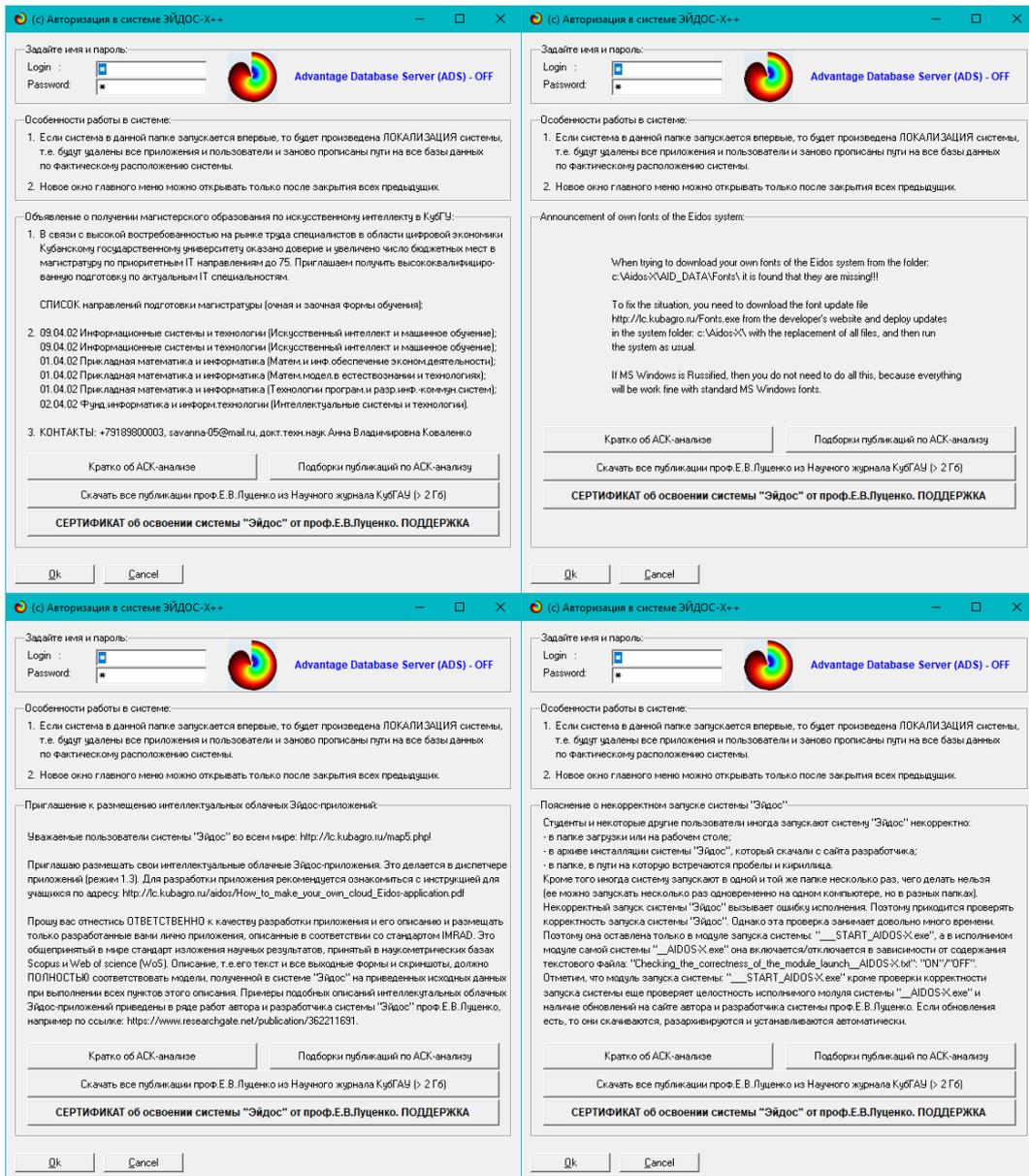


Рисунок 1. Титульная видеोगрамма DOS-версии системы «Эйдос» (до 2012 года)⁸



⁷ <http://lc.kubagro.ru/aidos/How to make your own cloud Eidos-application.pdf>

⁸ http://lc.kubagro.ru/pic/aidos_titul.jpg



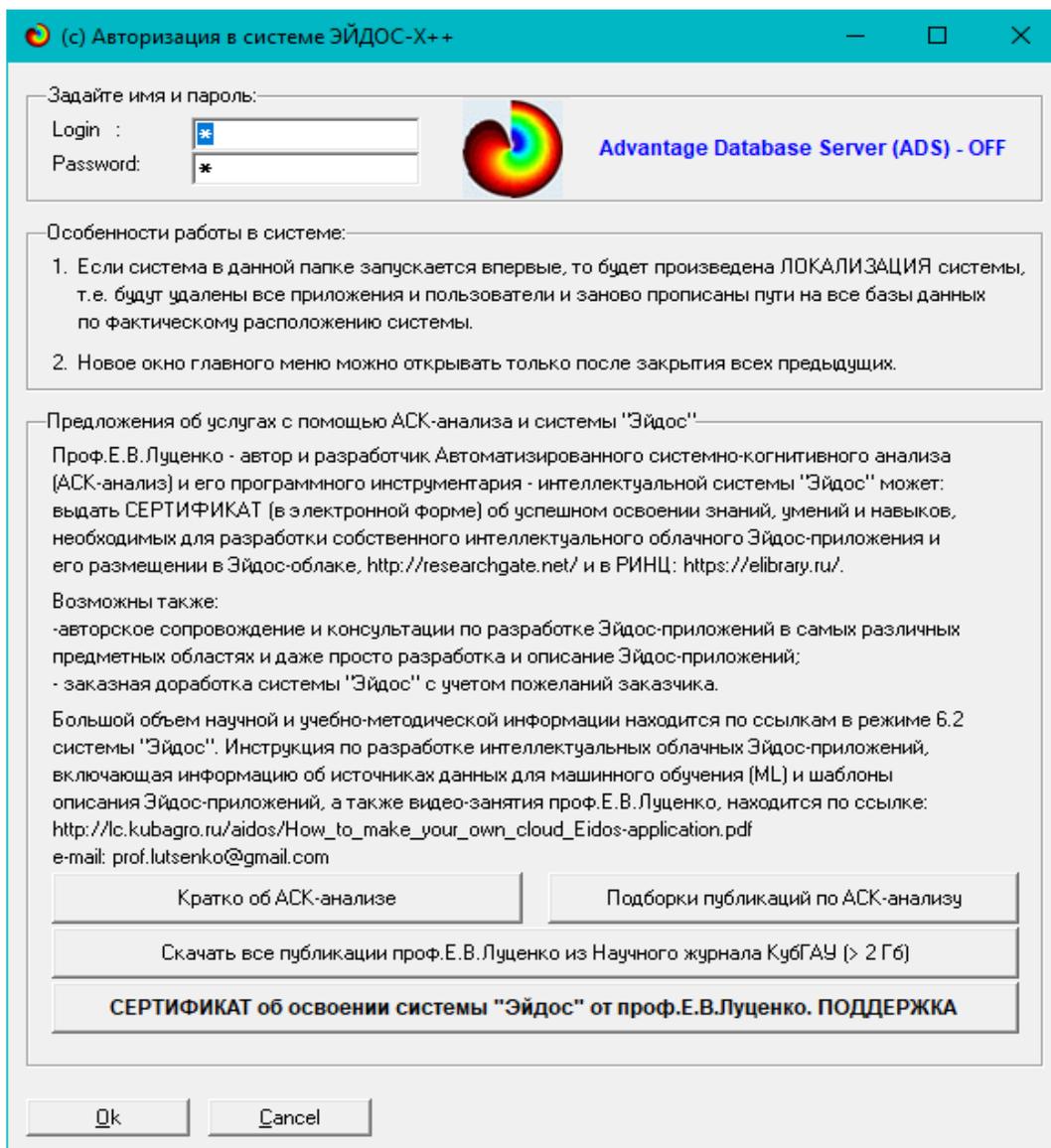


Рисунок 2. Титульные видеограммы версии системы «Эйдос» написанной на xBase++

2.5. Цель и задачи работы

Целью работы является решение поставленной проблемы.

Достижение поставленной цели в АСК-анализе обеспечивается решением следующих **задач** и подзадач, которые получаются в результате декомпозиции цели и являются **этапами** ее достижения:

Задача-1. Когнитивная структуризация предметной области.

Задача-2. Формализация предметной области.

Задача-3. Синтез статистических и системно-когнитивных моделей.

Многопараметрическая типизация и частные критерии знаний.

Задача-4. Верификация моделей.

Задача-5. Выбор наиболее достоверной модели.

Задача-6. Системная идентификация и прогнозирование.

Задача-7. Поддержка принятия решений (упрощенный вариант принятия решений как обратная задача прогнозирования, позитивный и негативный информационные портреты классов, SWOT-анализ; развитый алгоритм принятия решений в АСК-анализе).

Задача-8 исследование объекта моделирования путем исследования его модели, *включает ряд подзадач:*

8.1) инвертированные SWOT-диаграммы значений описательных шкал (семантические потенциалы);

8.2) кластерно-конструктивный анализ классов;

8.3) кластерно-конструктивный анализ значений описательных шкал;

8.4) модель знаний системы «Эйдос» и нелокальные нейроны;

8.5) нелокальная нейронная сеть;

8.6) 3d-интегральные когнитивные карты;

8.7) 2d-интегральные когнитивные карты содержательного сравнения классов (опосредованные нечеткие правдоподобные рассуждения);

8.8) 2d-интегральные когнитивные карты содержательного сравнения значений факторов (опосредованные нечеткие правдоподобные рассуждения);

8.9) когнитивные функции;

8.10) значимость описательных шкал и их градаций;

8.11) степень детерминированности классов и классификационных шкал).

Для данной работы особое значение имеет решение подзадачи 8.1, т.к. она позволяет детально исследовать влияние каждого значения каждого фактора на место возникновения землетрясения.

На рисунке 3 приведена последовательность преобразования исходных данных в информацию, а ее в знания и применения этих знаний для решения различных задач в системе «Эйдос»:

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

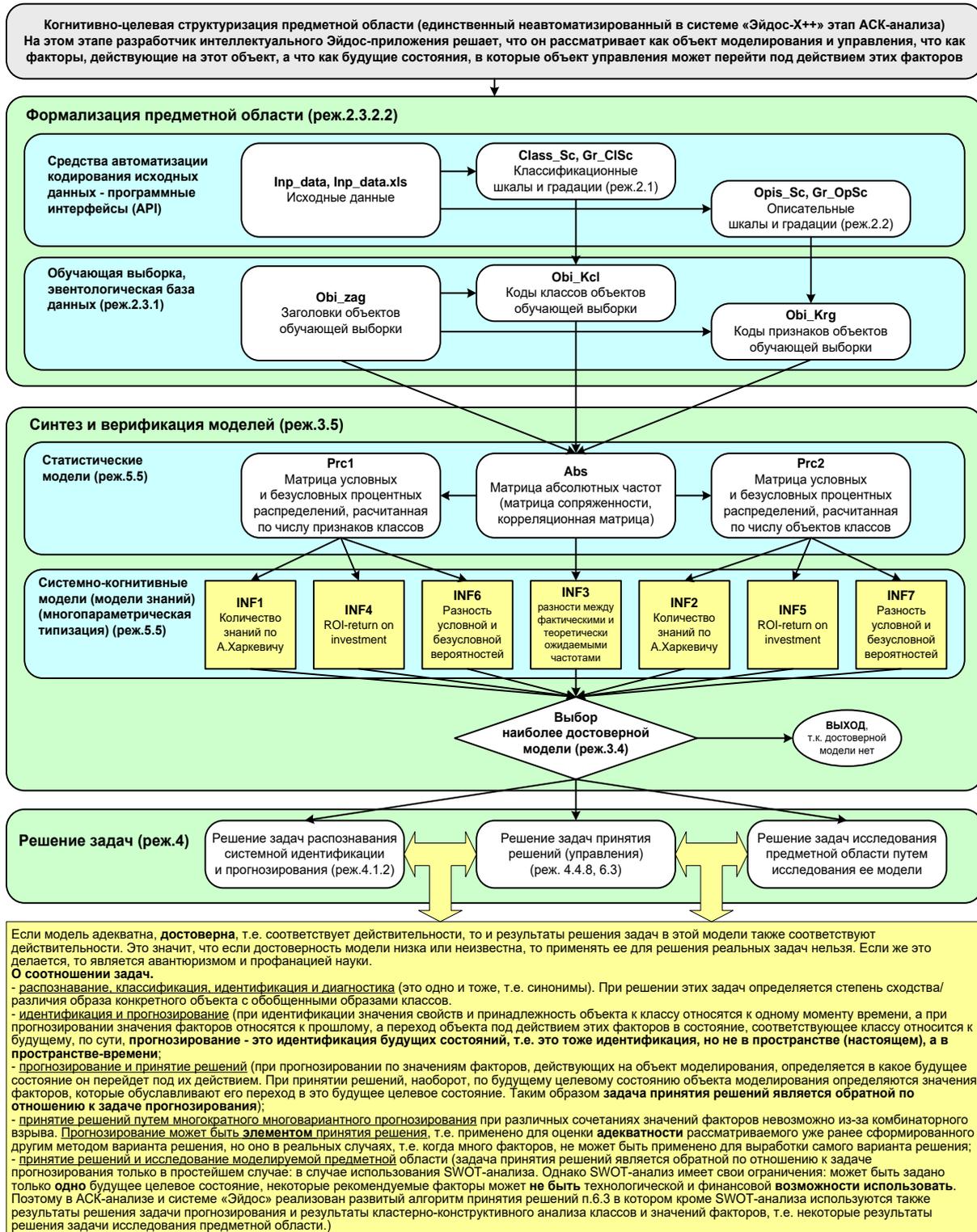


Рисунок 3. Последовательность преобразования исходных данных в информацию, а ее в знания и применения этих знаний для решения различных задач в системе «Эйдос» (этапы АСК-анализа)

3. RESULTS (РЕЗУЛЬТАТЫ)

3.1. Задача-1. Когнитивная структуризация предметной области. Две интерпретации классификационных и описательных шкал и градаций

3.1.1. Универсальная постановка задачи, не зависящая от предметной области

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

Описательные шкалы служат для формального описания факторов, а классификационные – результатов их действия на объект моделирования. Шкалы могут быть числовые и текстовые. Текстовые шкалы могут быть номинальные и порядковые.

Когнитивная структуризация предметной области является первым и единственным неавтоматизированным в системе «Эйдос» этапом АСК-анализа, т.е. все последующие этапы АСК анализа в ней полностью автоматизированы.

В АСК-анализе и системе «Эйдос» применяется две интерпретации классификационных и описательных шкал и градаций: *статичная и динамичная* и соответствующая терминология (обобщающая, статичная и динамичная). Есть также обобщающая интерпретация и соответствующая ей терминология.

Статичная интерпретация и терминология:

- градации классификационных шкал – это обобщающие категории видов объектов (классы);
- описательные шкалы – свойства объектов, градации описательных шкал – значения свойств (признаки) объектов.

Динамичная интерпретация и терминология:

- градации классификационных шкал – это обобщающие категории будущих состояний объекта моделирования (классы), описывающие результаты действия факторов на объект моделирования в натуральном и стоимостном выражении: например количество и качество продукции, прибыль и рентабельность;
- описательные шкалы – факторы, действующие на объект моделирования, градации описательных шкал – значения факторов, действующие на объект моделирования.

Обобщающая терминология:

- классификационные шкалы и градации;
- описательные шкалы и градации.

3.1.2. Конкретное решение задачи в данной работе

В данной работе в качестве объекта моделирования выступает морское ушко (абалон), в качестве факторов: самое длинное измерение раковины, диаметр раковины, высота (с мясом внутри), общий вес, вес мяса, вес внутренностей (после кровопускания), вес раковины (после сушки) (таблица 1), а в качестве результатов действия этих факторов: пол абалона и количество колец на раковине, определяющее возраст (таблица 2):

Таблица 1 – Описательные шкалы (факторы)

KOD_OPSC	NAME_OPSC
1	Longest shell measurement
2	Diameter
3	Height
4	Whole weight
5	Shucked weight
6	Viscera weight
7	Shell weight

Источник: c:\Aidos-X\AID_DATA\A0000001\System\Opis_Sc.xlsx

Таблица 2 – Классификационные шкалы (результаты действия факторов)

KOD_CLSC	NAME_CLSC
1	Gender
2	Number of shell rings; age

Источник: c:\Aidos-X\AID_DATA\A0000001\System\Class_Sc.xlsx

Для формирования xlsx-файлов, приведенных в таблицах 1 и 2, необходимо выполнить в системе "Эйдос" режим 5.12.

3.2. Задача-2. Формализация предметной области

3.2.1. Универсальная постановка задачи, не зависящая от предметной области

На этапе формализации предметной области разрабатываются классификационные и описательные шкалы и градации, а затем исходные данные кодируются с их использованием, в результате чего получается обучающая выборка. Обучающая выборка, по сути, представляет собой исходные данные, *нормализованные* с помощью классификационных и описательных шкал и градаций. Этим самым подготавливается все необходимое для выполнения следующего этапа АСК-анализа: синтеза и верификации статистических и системно-когнитивных моделей.

В системе «Эйдос» имеется большое количество разнообразных автоматизированных программных интерфейсов (API), обеспечивающих ввод в систему внешних данных различных типов: текстовых, табличных и графических, а также других, которые могут быть представлены в этом

виде, например аудио или данные электроэнцефалограммы (ЭЦГ) или кардиограммы (ЭКГ).

Этим обеспечивается возможность комфортного для пользователя применения системы «Эйдос» для проведения научных исследований и решения практических задач в самых различных предметных областях и направлениях науки, практически везде, где человек применяет естественный интеллект [48, 49].

3.2.2. Конкретное решение задачи в данной работе

В качестве *источника исходных данных* в данной работе используем таблицу 4 из работы [25] (таблица 3):

Таблица 3 – Исходные данные по влиянию различных факторов на возникновение землетрясений по разным координатам

Gender: M = Male, F = Female, I = Infant	Number of shell rings; age	Longest shell measure ment	Diameter	Height	Whole weight	Shucked weight	Viscera weight	Shell weight
M	15	0.455	0.365	0.095	0.514	0.2245	0.101	0.15
M	7	0.35	0.265	0.09	0.2255	0.0995	0.0485	0.07
F	9	0.53	0.42	0.135	0.677	0.2565	0.1415	0.21
M	10	0.44	0.365	0.125	0.516	0.2155	0.114	0.155
I	7	0.33	0.255	0.08	0.205	0.0895	0.0395	0.055
I	8	0.425	0.3	0.095	0.3515	0.141	0.0775	0.12
F	20	0.53	0.415	0.15	0.7775	0.237	0.1415	0.33
F	16	0.545	0.425	0.125	0.768	0.294	0.1495	0.26
M	9	0.475	0.37	0.125	0.5095	0.2165	0.1125	0.165
F	19	0.55	0.44	0.15	0.8945	0.3145	0.151	0.32

Используя стандартные возможности MS Excel, *исходные данные из таблицы 3 представим в виде, стандартном для системы «Эйдос»* (таблица 4):

Таблица 4 – Excel-таблица исходных данных в стандарте системы «Эйдос»

Gender: M = Male, F = Female, I = Infant	Number of shell rings; age	Longest shell measure ment	Diameter	Height	Whole weight	Shucked weight	Viscera weight	Shell weight
M	15	0.455	0.365	0.095	0.514	0.2245	0.101	0.15
M	7	0.35	0.265	0.09	0.2255	0.0995	0.0485	0.07
F	9	0.53	0.42	0.135	0.677	0.2565	0.1415	0.21
M	10	0.44	0.365	0.125	0.516	0.2155	0.114	0.155
I	7	0.33	0.255	0.08	0.205	0.0895	0.0395	0.055
I	8	0.425	0.3	0.095	0.3515	0.141	0.0775	0.12
F	20	0.53	0.415	0.15	0.7775	0.237	0.1415	0.33
F	16	0.545	0.425	0.125	0.768	0.294	0.1495	0.26
M	9	0.475	0.37	0.125	0.5095	0.2165	0.1125	0.165
F	19	0.55	0.44	0.15	0.8945	0.3145	0.151	0.32

Таблица 4 имеет следующую структуру:

– каждая строка описывает одно наблюдение с определенным сочетанием значений факторов (морфометрических и весовых параметров) и определенным полом и количеством колец (возрастом), всего 2000 наблюдений;

– каждое наблюдение описывается одновременно двумя способами: с одной стороны значениями факторов, действующих на объект моделирования (числовые переменные, градации описательных шкал, бесцветный фон в таблице 4), а с другой стороны результатами действия этих факторов, т.е. полом и возрастом (количеством колец) абалона, выраженными в текстовых и числовых шкалах в разных единицах измерения (желтый фон). Такая структура описания наблюдений в технологиях искусственного интеллекта называется *«онтологией»* и модели представлений знаний Марвина Мински (1975) называется *«фрейм-экземпляр»*;

– колонки 1-я и 2-я – это классификационные шкалы – это шкалы текстового и числового типа, описывающие результаты действия факторов в различных единицах измерения (таблица 4). В общем случае в исходных данных может быть значительно больше классификационных шкал, описывающих результаты действия факторов на объект моделирования в натуральном и стоимостном выражении: например количество и качество продукции, прибыль и рентабельность. В системе «Эйдос» существует очень жесткое ограничение на суммарное количество градаций классификационных шкал: их должно быть не более 2032;

– остальные колонки (со 3-й по 9-ю) – это описательные шкалы, формализующие факторы, действующие на объект моделирования (таблица 4). Эти шкалы имеют числовой тип и их градациями являются значения длины, диаметра, высоты и весовых характеристик абалона.

– при вводе данных в систему «Эйдос» нули и пробелы в исходных данных могут рассматриваться как значащие или как отсутствие данных. 2-й вариант и будет использован в данной работе.

Математическая модель системы «Эйдос» обеспечивает устойчивое выявление в сопоставимой форме силы и направления причинно-следственных зависимостей в неполных (фрагментированных) 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.

Таким образом, система «Эйдос» не предъявляет чрезмерно жестких практически невыполнимых требований к исходным данным, а обрабатывает те данные, которые реально есть, например подобные представленным в таблице 4.

В системе «Эйдос» есть 6 основных автоматизированных программных интерфейсов (API), обеспечивающих ввод в систему и интеллектуальную обработку числовых, текстовых и графических данных, представленных в виде таблиц и файлов. Возможна обработка и других видов данных (например, данных землетрясений, ЭЭГ, ЭКГ, аудио и видео), которые возможно представить в этих форматах (рисунок 4).

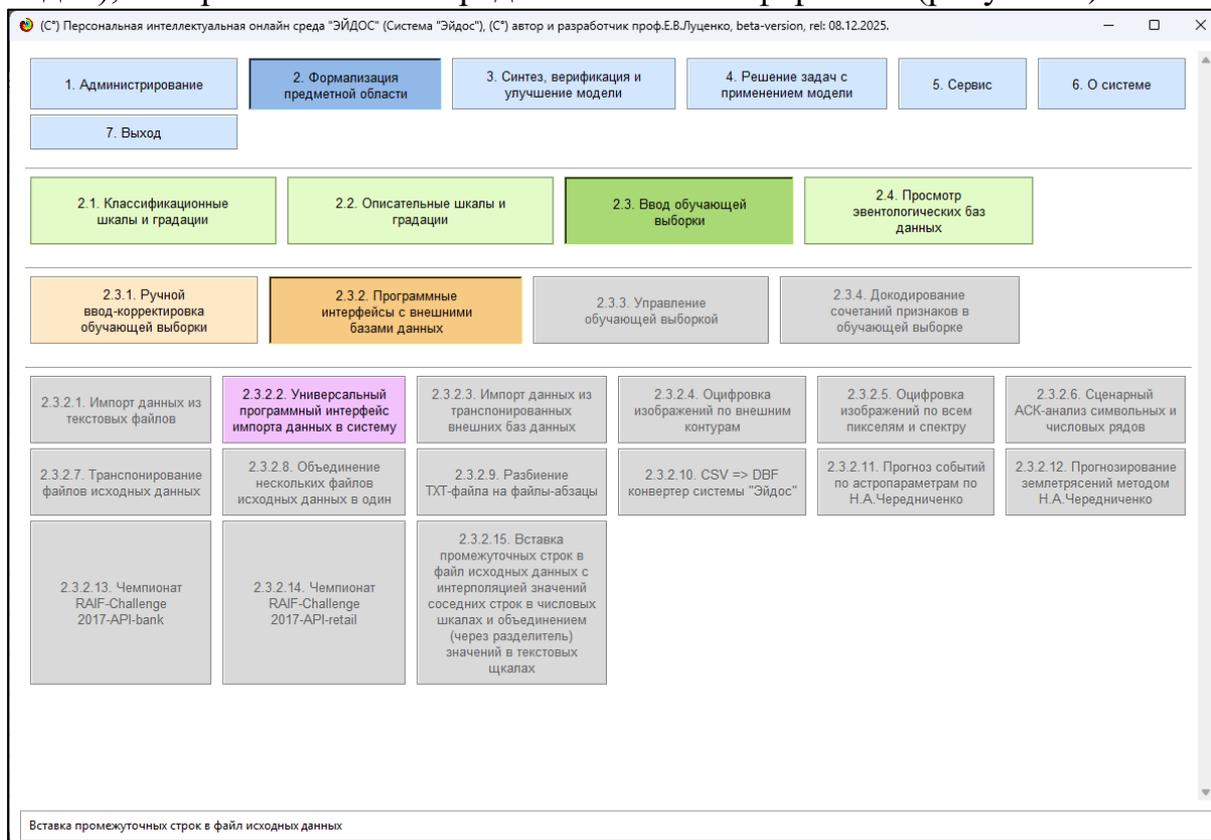


Рисунок 4. Автоматизированные программные интерфейсы (API) системы «Эйдос»

Для ввода исходных данных, представленных в таблице 4, в систему «Эйдос», используется один из ее автоматизированных программных интерфейсов (API), а именно универсальный автоматизированный программный интерфейс ввода данных из файлов MS Excel (API-2.3.2.2).

Требования API-2.3.2.2 к исходным данным подробно описаны в хелпах этого режима (рисунок 5):

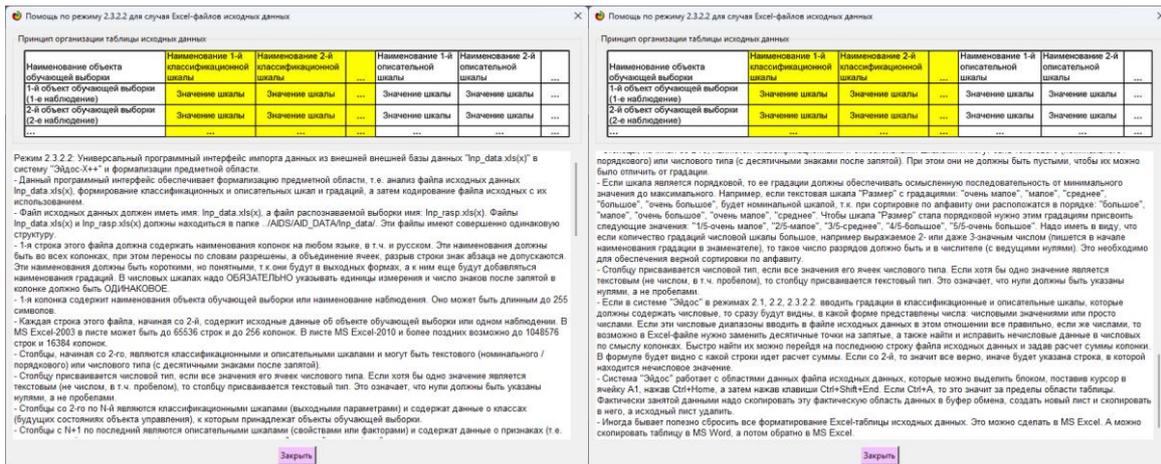


Рисунок 5. Хелпы API-2.3.2.2 системы «Эйдос»

Экранные формы управления API-2.3.2.2 системы «Эйдос» с *реальными параметрами*, использованными в данной работе, приведены на рисунках 6:

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

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 XLS-файла

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

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_davr.dbf"?

Требования к файлу исходных данных

Задайте диапазон столбцов классификационных шкал:

Начальный столбец:

Конечный столбец:

Задайте диапазон столбцов описательных шкал:

Начальный столбец:

Конечный столбец:

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 ТХТ-полей классов:
Значения полей текстовых классификационных шкал файла исходных данных "Inp_data" рассматриваются как целое

Интерпретация ТХТ-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-(59873.000000, 178545.6666667)")

Только наименования интервальных числовых значений (например: "Минимальное")

И интервальные числовые значения, и их наименования (например: "Минимальное: 1/3-(59873.000000, 178545.6666667)")

Старт **Выход**

2.3.2.2. Параметры классификационных и описательных шкал и градаций

ЗАДАНИЕ В ДИАЛОГЕ РАЗМЕРНОСТИ МОДЕЛИ: (равные интервалы)
 Количество градаций классификационных и описательных шкал в модели, т.е.: [8 классов x 35 признаков]

Тип	Количество	Суммарное количество	Среднее количество	Количество	Суммарное	Среднее
Числовые	1	5	5.00	7	35	5.00
Текстовые	1	3	3.00	0	0	0.00
ВСЕГО:	2	8	4.00	7	35	5.00

Задайте количество числовых диапазонов (интервалов, градаций) в шкалах: В классификационных шкал: 5 В описательных шкал: 5

ПАРАМЕТРЫ КЛАССИФИКАЦИОННЫХ И ОПИСАТЕЛЬНЫХ ШКАЛ И ГРАДАЦИЙ

ПАРАМЕТРЫ КЛАССИФИКАЦИОННЫХ И ОПИСАТЕЛЬНЫХ ШКАЛ И ГРАДАЦИЙ
ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ: В шкалах обнаружены интервалы с нулевым числом наблюдений (показаны красным цветом).
 Встретилось 1 градаций с отсутствием наблюдений.
 Рекомендуется уменьшить число интервалов в числовых шкалах.

ПАРАМЕТРЫ ШКАЛ И ГРАДАЦИЙ С АДАПТИВНЫМИ ГРАНИЦАМИ И ПРИМЕРНО РАВНЫМ КОЛИЧЕСТВОМ НАБЛЮДЕНИЙ ПО ГРАДАЦИЯМ
 с коррекцией ошибки округления числа наблюдений по интервалу градации при переходе к следующей градации

КЛАССИФИКАЦИОННАЯ ШКАЛА: код: [1], наим.: "GENDER: M = MALE, F = FEMALE, I = INFANT", тип/число градаций в шкале: "равные интервалы"/3
 1 Наим.градации: 1/3-Г, факт.число наблюдений на градации: 612
 2 Наим.градации: 2/3-Г, факт.число наблюдений на градации: 651
 3 Наим.градации: 3/3-М, факт.число наблюдений на градации: 736

КЛАССИФИКАЦИОННАЯ ШКАЛА: код: [2], наим.: "NUMBER OF SHELL RINGS; AGE ", тип/число градаций в шкале: "равные интервалы"/5
 4 Наим.градации: 1/5-{ 1.0000000, 6.6000000}, размер интервала= 5.6000000, расч./факт.число наблюдений на градации: 399/225
 5 Наим.градации: 2/5-{ 6.6000000, 12.2000000}, размер интервала= 5.6000000, расч./факт.число наблюдений на градации: 399/1444
 6 Наим.градации: 3/5-{ 12.2000000, 17.8000000}, размер интервала= 5.6000000, расч./факт.число наблюдений на градации: 399/257
 7 Наим.градации: 4/5-{ 17.8000000, 23.4000000}, размер интервала= 5.6000000, расч./факт.число наблюдений на градации: 399/71
 8 Наим.градации: 5/5-{ 23.4000000, 29.0000000}, размер интервала= 5.6000000, расч./факт.число наблюдений на градации: 399/2

ОПИСАТЕЛЬНАЯ ШКАЛА: код: [1], наим.: "LONGEST SHELL MEASUREMENT", набл.на шкалу (всего):1999, тип шкалы/число градаций в шкале: "равные интервалы"/5
 9 Наим.градации: 1/5-{ 0.0750000, 0.2230000}, размер интервала= 0.1480000, расч./факт.число наблюдений на градации: 399/37
 10 Наим.градации: 2/5-{ 0.2230000, 0.3710000}, размер интервала= 0.1480000, расч./факт.число наблюдений на градации: 399/230

Пересчитать шкалы и градации Записать TXT Выйти на создание модели

Операция завершена

1/7 - Конвертация и ввод файла исходных данных	100%
2/7 - Создание нового интеллектуального приложения	100%
3/7 - Анализ файла исходных данных	100%
4/7 - Формирование классификационных шкал и градаций	100%
5/7 - Формирование описательных шкал и градаций	100%
6/7 - Кодирование обучающей выборки	100%
7/7 - Формирование базы событий	100%

Общий прогресс: 

Начало: 03.03.2026 23:29:32 Окончание: 03.03.2026 23:31:14
 Прошло: 00:01:41 Осталось: 00:00:00

Сообщения

```
[23:30:43 INFO]: 5. формирование описательных шкал и градаций
[23:30:44 INFO]: Сформировано 7 описательных шкал и 35 градаций.

[23:30:44 INFO]: 6. Кодирование обучающей выборки
[23:31:09 INFO]: Таблицы obi_zag, obi_kc1, obi_kpr успешно заполнены для 1999 объектов.

[23:31:09 INFO]: 7. формирование базы событий
[23:31:14 INFO]: База событий eventsko успешно заполнена. Записано 1999 объектов.

[23:31:14 SUCCESS]: Операция успешно завершена.
```

Записать лог в CSV Выход

Рисунок 6. Экранные формы управления API-2.3.2.2 системы «Эйдос»

В таблицах 5, 6, 7 приведены классификационные и описательные шкалы и градации, а также обучающая выборка, сформированные API-2.3.2.2 при параметрах, показанных на рисунках 6.

Отметим, что суммарное количество градаций на 2-м рисунке 6 и в таблице 6 может не совпадать, если в некоторых описательных шкалах есть градации «Пробел» или нули, которые в соответствии с параметрами на 1-м рисунке 6 рассматриваются не как значащие, а как **отсутствие данных**.

Под несбалансированностью данных понимается неравномерность распределения значений свойств объекта моделирования или действующих на него факторов по диапазону изменения значений числовых шкал и между шкалами, как числовыми, так и текстовыми. Математическая модель АСК-анализа позволяет корректно преодолеть несбалансированность данных путем перехода от абсолютных частот к относительным и к количественным мерам знаний в системно-когнитивных моделях (мы увидим это ниже).

Таблица 5 – Классификационные шкалы и градации (полностью)

kod_cls	name_cls
1	[1]-GENDER: M = MALE, F = FEMALE, I = INFANT-[1]-F
2	[1]-GENDER: M = MALE, F = FEMALE, I = INFANT-[2]-I
3	[1]-GENDER: M = MALE, F = FEMALE, I = INFANT-[3]-M
4	[2]-NUMBER OF SHELL RINGS; AGE -[4]-1/5-{1.0000000, 6.6000000}
5	[2]-NUMBER OF SHELL RINGS; AGE -[5]-2/5-{6.6000000, 12.2000000}
6	[2]-NUMBER OF SHELL RINGS; AGE -[6]-3/5-{12.2000000, 17.8000000}
7	[2]-NUMBER OF SHELL RINGS; AGE -[7]-4/5-{17.8000000, 23.4000000}
8	[2]-NUMBER OF SHELL RINGS; AGE -[8]-5/5-{23.4000000, 29.0000000}

Источник: c:\Aidos-X\AID_DATA\A0000001\System\Classes.xlsx

Таблица 6 – Описательные шкалы и градации (неполностью)

kod_attr	name_attr
1	[1]-LONGEST SHELL MEASUREMENT-[1]-1/5-{0.0750000, 0.2230000}
2	[1]-LONGEST SHELL MEASUREMENT-[2]-2/5-{0.2230000, 0.3710000}
3	[1]-LONGEST SHELL MEASUREMENT-[3]-3/5-{0.3710000, 0.5190000}
4	[1]-LONGEST SHELL MEASUREMENT-[4]-4/5-{0.5190000, 0.6670000}
5	[1]-LONGEST SHELL MEASUREMENT-[5]-5/5-{0.6670000, 0.8150000}
6	[2]-DIAMETER-[6]-1/5-{0.0550000, 0.1740000}
7	[2]-DIAMETER-[7]-2/5-{0.1740000, 0.2930000}
8	[2]-DIAMETER-[8]-3/5-{0.2930000, 0.4120000}
9	[2]-DIAMETER-[9]-4/5-{0.4120000, 0.5310000}
10	[2]-DIAMETER-[10]-5/5-{0.5310000, 0.6500000}

Источник: c:\Aidos-X\AID_DATA\A0000001\System\Attributes.xlsx

Таблица 7 – Обучающая выборка (неполностью)

name_obj	[1]- Gender: M = Male, F = Female, I = Infant	[2]- Number of shell rings; age	[1]- Longest shell measurement	[2]- Diameter	[3]- Height	[4]- Whole weight	[5]- Shucked weight	[6]- Viscera weight	[7]- Shell weight
M	3	6	3	8	11	16	21	26	31
M	3	5	2	7	11	16	21	26	31
F	1	5	4	9	12	17	21	26	32
M	3	5	3	8	12	16	21	26	31
I	2	5	2	7	11	16	21	26	31
I	2	5	3	8	11	16	21	26	31
F	1	7	4	9	12	17	21	26	32
F	1	6	4	9	12	17	21	26	32
M	3	5	3	8	12	16	21	26	31
F	1	7	4	9	12	17	22	26	32

Источник: c:\Aidos-X\AID_DATA\A0000001\System\EventsKO.xlsx

Отметим, что в системе «Эйдос» обычно используются базы данных с расширением «dbf». Они открываются в MS Excel или могут быть конвертированы в файлы xlsx с помощью онлайн-сервисов или в режиме 5.12 (этот режим системы «Эйдос» написан на Питоне).

3.3. Задача-3. Синтез статистических и системно-когнитивных моделей. Многопараметрическая типизация и частные критерии знаний

3.3.1. Универсальная постановка задачи, не зависящая от предметной области

Математические модели, на основе которых рассчитываются статистические и системно-когнитивные модели автоматизированного системно-когнитивного анализа (АСК-анализ) и интеллектуальной системы «Эйдос», подробно описаны в ряде монографий и статей автора [1-4]. Поэтому в данной работе мы рассмотрим эти вопросы очень кратко, акцентируя внимание лишь на математической взаимосвязи коэффициента возврата инвестиций (ROI) с мерой χ -квадрат Карла Пирсона и с семантической мерой целесообразности информации Александра Харкевича.

Отметим, что модели системы «Эйдос» основаны на матрице абсолютных частот, отражающей число встреч градаций описательных шкал по градациям классификационных шкал (фактов). Но для решения всех задач используется не непосредственно сама эта матрица, а матрицы

условных и безусловных процентных распределений и системно-когнитивные модели, которые рассчитываются на ее основе и отражают какое количество информации содержится в факте наблюдения определенной градации описательной шкалы о том, что объект моделирования перейдет в состояние, соответствующее определенной градации классификационной шкалы (классу).

Математическая модель АСК-анализа и системы «Эйдос» основана на системной нечеткой интервальной математике [1-7] и обеспечивает сопоставимую обработку больших объемов фрагментированных и зашумленных взаимозависимых (нелинейных) данных, представленных в различных типах шкал (дихотомических, номинальных, порядковых и числовых) и различных единицах измерения.

Суть математической модели АСК-анализа состоит в следующем.

Непосредственно на основе эмпирических данных рассчитывается матрица абсолютных частот (таблица 8):

Таблица 8 – Матрица абсолютных частот (статистическая модель ABS)

		Классы					Сумма
		1	...	j	...	W	
Значения факторов	1	N_{11}		N_{1j}		N_{1W}	
	...						
	i	N_{i1}		N_{ij}		N_{iW}	$N_{i\Sigma} = \sum_{j=1}^W N_{ij}$
	...						
	M	N_{M1}		N_{Mj}		N_{MW}	
Суммарное количество признаков по классу			$N_{\Sigma j} = \sum_{i=1}^M N_{ij}$			$N_{\Sigma\Sigma} = \sum_{i=1}^W \sum_{j=1}^M N_{ij}$	
Суммарное количество объектов обучающей выборки по классу			$N_{\Sigma j}$			$N_{\Sigma\Sigma} = \sum_{j=1}^W N_{\Sigma j}$	

На основе таблицы 8 рассчитываются матрицы условных и безусловных процентных распределений (таблица 9).

Таблица 9 – Матрица условных и безусловных процентных распределений (статистические модели PRC1 и PRC2)

		Классы					Безусловная вероятность признака
		1	...	j	...	w	
Значения факторов	1	P_{11}		P_{1j}		P_{1w}	
	...						
	i	P_{i1}		$P_{ij} = \frac{N_{ij}}{N_{\Sigma j}}$		P_{iw}	$P_{i\Sigma} = \frac{N_{i\Sigma}}{N_{\Sigma\Sigma}}$
	...						
	m	P_{m1}		P_{mj}		P_{mw}	
Безусловная вероятность класса				$P_{\Sigma j}$			

Отметим, что в АСК-анализе и его программном инструментарии интеллектуальной системе «Эйдос» используется два способа расчета матриц условных и безусловных процентных распределений:

1-й способ: в качестве $N_{\Sigma j}$ используется суммарное количество признаков по классу;

2-й способ: в качестве $N_{\Sigma j}$ используется суммарное количество объектов обучающей выборки по классу.

На практике часто встречается существенная **несбалансированность** данных, под которой понимается сильно отличающееся количество наблюдений объектов обучающейся выборки, относящихся к различным градациям одной классификационной или описательной шкалы. Поэтому решать задачу на основе непосредственно матрицы абсолютных частот (таблица 8) было бы очень неразумно (за исключением меры взаимосвязи хи-квадрат) и переход от абсолютных частот к условным и безусловным относительным частотам (частостям) (таблица 9) является весьма обоснованным и логичным.

Этот переход полностью снимает проблему **несбалансированности** данных, т.к. в последующем анализе используется не матрица абсолютных частот (таблица 8), а матрицы условных и безусловных процентных распределений (таблица 9), а также матрицы системно-когнитивных моделей, рассчитываемые на основе матрица абсолютных частот и матрицы условных и безусловных процентных распределений. Этот подход снимает также проблему обеспечения сопоставимости обработки в одной модели исходных данных, представленных в различных видах шкал

(дихотомических, номинальных, порядковых и числовых) и в разных единицах измерения [8]. В системе «Эйдос» этот подход применяется всегда при решении любых задач.

Затем на основе таблиц 8 и 9 с использованием частных критериев, знаний, приведенных в таблице 10, рассчитываются матрицы 7 системно-когнитивных моделей (таблица 11).

В таблице 10 приведены формулы:

- для сравнения фактических и теоретических абсолютных частот;
- для сравнения условных и безусловных относительных частот («вероятностей»).

И это *сравнение* в таблицах 8 и 9 осуществляется двумя возможными способами: путем *вычитания* и путем *деления*.

Таблица 10– Различные аналитические формы частных критериев знаний, применяемые в АСК-анализе и системе «Эйдос»

Наименование модели знаний и частный критерий	Выражение для частного критерия	
	Через относительные частоты	Через абсолютные частоты
ABS , матрица абсолютных частот, N_{ij} - фактическое число встреч i -го признака у объектов j -го класса; \bar{N}_{ij} - теоретическое число встреч i -го признака у объектов j -го класса; N_i - суммарное количество признаков в i -й строке; N_j - суммарное количество признаков или объектов обучающей выборки в j -м классе; N - суммарное количество признаков по всей выборке (таблица 7)	N_{ij} - фактическая частота, $N_i = \sum_{j=1}^W N_{ij}; N_j = \sum_{i=1}^M N_{ij}; N = \sum_{i=1}^W \sum_{j=1}^M N_{ij};$ $\bar{N}_{ij} = \frac{N_i N_j}{N}$ - теоретическая частота.	
PRC1 , матрица условных P_{ij} и безусловных P_i процентных распределений, в качестве N_j используется суммарное количество признаков по классу	---	$P_{ij} = \frac{N_{ij}}{N_j}; P_i = \frac{N_i}{N}$
PRC2 , матрица условных P_{ij} и безусловных P_i процентных распределений, в качестве N_j используется суммарное количество объектов обучающей выборки по классу	---	$P_{ij} = \frac{N_{ij}}{N_j}; P_i = \frac{N_i}{N}$
INF1 , частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу, 1-й вариант расчета вероятностей: N_j - суммарное количество признаков по j -му классу. Вероятность того, что если у объекта j -го класса обнаружен признак, то это i -й признак	$I_{ij} = \Psi \times \text{Log}_2 \frac{P_{ij}}{P_i}$	$I_{ij} = \Psi \times \text{Log}_2 \frac{N_{ij}}{\bar{N}_{ij}} = \Psi \times \text{Log}_2 \frac{N_{ij} N}{N_i N_j}$
INF2 , частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу, 2-й вариант расчета вероятностей: N_j - суммарное количество объектов по j -му классу. Вероятность того, что если предъявлен объект j -го класса, то у него будет обнаружен i -й признак.	$I_{ij} = \Psi \times \text{Log}_2 \frac{P_{ij}}{P_i}$	$I_{ij} = \Psi \times \text{Log}_2 \frac{N_{ij}}{\bar{N}_{ij}} = \Psi \times \text{Log}_2 \frac{N_{ij} N}{N_i N_j}$
INF5 , частный критерий: Хи-квадрат: разности между фактическими и теоретически ожидаемыми абсолютными частотами	---	$I_{ij} = N_{ij} - \bar{N}_{ij} = N_{ij} - \frac{N_i N_j}{N}$
INF4 , частный критерий: ROI - Return On Investment, 1-й вариант расчета вероятностей: N_j - суммарное количество признаков по j -му классу	$I_{ij} = \frac{P_{ij}}{P_i} - 1 = \frac{P_{ij} - P_i}{P_i}$	$I_{ij} = \frac{N_{ij}}{\bar{N}_{ij}} - 1 = \frac{N_{ij} N}{N_i N_j} - 1$
INF5 , частный критерий: ROI - Return On Investment, 2-й вариант расчета вероятностей: N_j - суммарное количество объектов по j -му классу	$I_{ij} = \frac{P_{ij}}{P_i} - 1 = \frac{P_{ij} - P_i}{P_i}$	$I_{ij} = \frac{N_{ij}}{\bar{N}_{ij}} - 1 = \frac{N_{ij} N}{N_i N_j} - 1$
INF6 , частный критерий: разность условной и безусловной вероятностей, 1-й вариант расчета вероятностей: N_j - суммарное количество признаков по j -му классу	$I_{ij} = P_{ij} - P_i$	$I_{ij} = \frac{N_{ij}}{N_j} - \frac{N_i}{N} = \frac{N_{ij} N - N_i N_j}{N_j N}$
INF7 , частный критерий: разность условной и безусловной вероятностей, 2-й вариант расчета вероятностей: N_j - суммарное количество объектов по j -му классу	$I_{ij} = P_{ij} - P_i$	$I_{ij} = \frac{N_{ij}}{N_j} - \frac{N_i}{N} = \frac{N_{ij} N - N_i N_j}{N_j N}$

Обозначения к таблице:*i* – значение прошлого параметра;*j* – значение будущего параметра;*N_{ij}* – количество встреч *j*-го значения будущего параметра при *i*-м значении прошлого параметра;*M* – суммарное число значений всех прошлых параметров;*W* – суммарное число значений всех будущих параметров.*N_i* – количество встреч *i*-м значения прошлого параметра по всей выборке;*N_j* – количество встреч *j*-го значения будущего параметра по всей выборке;*N* – количество встреч *j*-го значения будущего параметра при *i*-м значении прошлого параметра по всей выборке.*I_{ij}* – частный критерий знаний: количество знаний в факте наблюдения *i*-го значения прошлого параметра о том, что объект перейдет в состояние, соответствующее *j*-му значению будущего параметра;*Ψ* – нормировочный коэффициент (Е.В.Луценко, 2002), преобразующий количество информации в формуле А.Харкевича в биты и обеспечивающий для нее соблюдение принципа соответствия с формулой Р.Хартли;*P_i* – безусловная относительная частота встречи *i*-го значения прошлого параметра в обучающей выборке;*P_{ij}* – условная относительная частота встречи *i*-го значения прошлого параметра при *j*-м значении будущего параметра.**Таблица 11 – Матрица системно-когнитивной модели**

		Классы					Значимость фактора
		1	...	<i>j</i>	...	<i>W</i>	
Значения факторов	1	<i>I₁₁</i>		<i>I_{1j}</i>		<i>I_{1W}</i>	$\sigma_{1\Sigma} = \sqrt{\frac{1}{W-1} \sum_{j=1}^W (I_{1j} - \bar{I}_1)^2}$
	...						
	<i>i</i>	<i>I_{i1}</i>		<i>I_{ij}</i>		<i>I_{iW}</i>	$\sigma_{i\Sigma} = \sqrt{\frac{1}{W-1} \sum_{j=1}^W (I_{ij} - \bar{I}_i)^2}$
	...						
	<i>M</i>	<i>I_{M1}</i>		<i>I_{Mj}</i>		<i>I_{MW}</i>	$\sigma_{M\Sigma} = \sqrt{\frac{1}{W-1} \sum_{j=1}^W (I_{Mj} - \bar{I}_M)^2}$
Степень редукции класса		$\sigma_{\Sigma 1}$		$\sigma_{\Sigma j}$		$\sigma_{\Sigma W}$	$H = \sqrt{\frac{1}{(W \cdot M - 1)} \sum_{j=1}^W \sum_{i=1}^M (I_{ij} - \bar{I})^2}$

Количество частных критериев знаний и основанных на них системно-когнитивных моделей (таблица 10), применяемых в настоящее время в системе «Эйдос» равно 7 определяется тем, что они получаются путем всех возможных вариантов сравнения фактических и теоретических абсолютных частот, условных и безусловных относительных частот путем вычитания и путем деления, и при этом *N_j* рассматривается как суммарное количество или признаков, или объектов обучающей выборки в *j*-м классе, а **нормировка к нулю** (для аддитивных интегральных критериев), если нет связи между наличием признака и принадлежностью объекта к классу, осуществляется либо логарифмированием, либо вычитанием единицы (таблица 12).

Таблица 12– Конфигуратор системно-когнитивных моделей АСК-анализа и интеллектуальной системы «Эйдос»

	Способ сравнения	Нормировка не требуется	Нормировка к 0 путем взятия логарифма	Нормировка к 0 путем вычитания 1
Сравнение фактических и теоретических абсолютных частот	Путем деления	---	INF1, INF2, Александра Харкевича	INF4, INF5, Коэффициент возврата инвестиций ROI
	Путем вычитания	INF5, χ -квадрат Карла Пирсона	---	---
Сравнение условных и безусловных относительных частот	Путем деления	---	INF1, INF2, Александра Харкевича	INF4, INF5, Коэффициент возврата инвестиций ROI
	Путем вычитания	INF6, INF7	---	---

Обратим особое внимание на то, что сравнение фактических и теоретических абсолютных частот путем деления приводит при нормировках к нулю (что нужно для применения аддитивных интегральных критериев) путем взятия логарифма и путем вычитания 1 к *тем же самым* моделям, что и сравнение условных и безусловных относительных частот путем деления с теми же самыми способами нормировки. Таким образом, если на основе матрицы абсолютных частот рассчитать матрицы условных и безусловных процентных распределений, а затем сравнить фактические абсолютные частоты с теоретическими путем вычитания и деления, а также сравнить условные и безусловные относительные частоты также путем вычитания и деления и провести нормировку к 0 путем взятия логарифма и путем вычитания 1, то получается 3 статистических модели: матрица абсолютных частот и две матрицы относительных частот, т.е. условных и безусловных процентных распределений, а также всего 7 системно-когнитивных моделей. Других же системно-когнитивных моделей, рассчитываемых на основе приведенных статистических моделей просто нет. Это и есть конфигуратор статистических и когнитивных моделей в смысле В.А.Лефевра. *Под конфигуратором В.А.Лефевр понимал минимальный полный набор понятийных шкал или конструктов, т.е. понятий, достаточный для адекватного описания предметной области* [4]⁹. Необходимо отметить, что все эти модели рассчитываются в интеллектуальной системе «Эйдос».

Когда мы сравниваем фактические и теоретические абсолютные частоты путем вычитания у нас получается частный критерий знаний: «хи-квадрат» (СК-модель INF5), когда же мы сравниваем их путем деления, то у нас получается частный критерий: «количество информации по А.Харкевичу» (СК-модели INF1, INF2) или «коэффициент возврата

9 См. 1.2.1.2.1.1. Определение понятия конфигуратора, http://lc.kubagro.ru/aidos/aidos06_lec/index.htm

инвестиций ROI» - Return On Investment (СК-модели INF4, INF5) в зависимости от способа нормировки.

Когда же мы сравниваем условные и безусловные относительные частоты путем вычитания у нас получается частный критерий знаний: «коэффициент взаимосвязи» (СК-модели INF6, INF7), когда же мы сравниваем их путем деления, то у нас получается частный критерий: «количество информации по А.Харкевичу» (СК-модели INF1, INF2).

Таким образом, мы видим, что все частные критерии знаний тесно взаимосвязаны друг с другом. Особенно интересна связь знаменитого критерия хи-квадрат К.Пирсона с замечательной мерой количества информации А.Харкевича и с известным в экономике коэффициентом ROI.

Вероятность рассматривается как предел, к которому стремится относительная частота (отношение количества благоприятных исходов к числу испытаний) при неограниченном увеличении количества испытаний. Ясно, что вероятность – это математическая абстракция, которая никогда не встречается на практике (также как и другие математические и физические абстракции, типа математической точки, материальной точки, бесконечно малой и т.п.). На практике встречается только относительная частота. Но она может быть весьма близкой к вероятности. Например, при 480 наблюдений различие между относительной частотой и вероятностью (погрешность) составляет около 5%, при 1250 наблюдениях – около 2.5%, при 10000 наблюдениях – 1%.

Суть этих методов в том, что вычисляется количество информации в значении фактора о том, что объект моделирования перейдет под его действием в определенное состояние, соответствующее классу. Это позволяет сопоставимо и корректно обрабатывать разнородную информацию о наблюдениях объекта моделирования, представленную в различных типах измерительных шкал и различных единицах измерения [8].

На основе системно-когнитивных моделей, представленных в таблице 11 (отличаются частыми критериями, приведенными в таблице 10), решаются задачи идентификации (классификации, распознавания, диагностики, прогнозирования), поддержки принятия решений (обратная задача прогнозирования), а также задача исследования моделируемой предметной области путем исследования ее системно-когнитивной модели.

Отметим, что как значимость значения фактора, степень детерминированности класса и ценность или качество модели в АСК-анализе рассматривается варибельность значений частных критериев этого значения фактора, класса или модели в целом (таблица 13).

Таблица 13 – Уточнение терминологии АСК-анализа

№	Традиционные термины (синонимы)	Новый термин	Формула
1	1. Значимость значения фактора (признака). 2. Дифференцирующая мощность значения фактора (признака). 3. Ценность значения фактора (признака) для решения задачи идентификации и других задач	Корень из информационной мощности значения фактора	$\sigma_{i\Sigma} = \sqrt[2]{\frac{1}{W-1} \sum_{j=1}^W (I_{ij} - \bar{I}_i)^2}$
2	1. Степень детерминированности класса. 2. Степень обусловленности класса.	Корень из информационной мощности класса	$\sigma_{\Sigma j} = \sqrt[2]{\frac{1}{M-1} \sum_{i=1}^M (I_{ij} - \bar{I}_j)^2}$
3	1. Качество модели. 2. Ценность модели. 3. Степень сформированности модели. 4. Количественная мера степени выраженности закономерностей в моделируемой предметной области	Корень из информационной мощности модели	$H = \sqrt[2]{\frac{1}{(W \cdot M - 1)} \sum_{j=1}^W \sum_{i=1}^M (I_{ij} - \bar{I})^2}$

Численно эта вариабельность может измеряться разными способами, например средним отклонением модулей частных критериев от среднего, дисперсией или среднеквадратичным отклонением или его квадратом. В системе «Эйдос» принят последний вариант, т.к. эта величина совпадает с мощностью сигнала, в частности мощностью информации, а в АСК-анализе все модели рассматриваются как источник информации об объекте моделирования. Поэтому есть все основания уточнить традиционную терминологию АСК-анализа (таблица 13):

Итак, в разделе раскрывается простая Математическая взаимосвязь меры χ -квадрат Карла Пирсона с коэффициентом возврата инвестиций (ROI) и с семантической мерой целесообразности информации Александра Харкевича. Эта взаимосвязь обнаруживается, если на основе матрицы абсолютных частот рассчитать матрицы условных и безусловных процентных распределений, а затем сравнить фактические абсолютные частоты с теоретическими путем вычитания и деления, а также сравнить условные и безусловные относительные частоты также путем вычитания и деления и выполнить нормировку к нулю путем взятия логарифма или вычитания 1. При этом получается 3 статистических модели: матрица абсолютных частот и две матрицы относительных частот, т.е. условных и безусловных процентных распределений, а также всего 7 системно-когнитивных моделей. Именно 7, а не большее количество системно-когнитивных моделей в итоге получается потому, что модели, получающиеся в результате сравнения фактических и теоретических абсолютных частот путем деления и нормировки к нулю путем взятия логарифма или вычитания 1 **тождественно совпадают** с моделями, получающимися путем сравнения условных и безусловных относительных

частот путем деления и нормировки к нулю путем взятия логарифма или вычитания 1. Это и есть конфигуратор статистических и когнитивных моделей в смысле В.А.Лефевра, содержащий минимальное количество моделей, позволяющих полно описать моделируемую предметную область.

Показательно, примечательно и весьма замечательно, что *модель меры χ -квадрат Карла Пирсона из статистики* оказалась математически тесно связанной с коэффициентом возврата инвестиций (ROI), применяемой в экономике в теории управления портфелем инвестиций и с мерой информации Александра Харкевича из семантической теории информации и теории управления знаниями. Все эти модели рассчитываются в интеллектуальной системе «Эйдос».

3.3.2. Конкретное решение задачи в данной работе

В системе «Эйдос» синтез моделей производится в режиме 3.5 (рисунок 7):

3.5. Синтез и верификация моделей

Задайте базовые модели для синтеза и верификации

Базовые статистические модели:

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

Задайте источник данных для расчета модели ABS:

Обучающая выборка

Базовые 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: Хи-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

Задайте значение фона в матрице абсолютных частот: 0.0000000 [Помощь](#)

Какие модели создавать?

- Создавать только базовые модели
- Создавать модели 2-го уровня
- Создавать модели 3-го уровня

[Помощь](#)

Базовые модели - это модели: Prc1,Prc2,Inf1,Inf2,Inf3, Inf4,Inf5,Inf6,Inf7 полученные расчетным путем по формулам, приведенным в хелпе режима 5.5 на основе модели Abs.

Модель Abs называется матрицей абсолютных частот и содержит абсолютное количество встреч сочетаний "признак x класс", посчитанное по всей выборке.

Модель Abs еще называют "матрицей сопряженности" или "корреляционной матрицей". Формы по достоверности моделей формируются в режиме 3.4.

Параметры копирования обучающей выборки в распознаваемую (бутстреппный подход)

Какие объекты обуч.выборки копировать:

- Копировать всю обучающую выборку
- Копировать только текущий объект
- Копировать каждый N-й объект: 0
- Копировать N случайных объектов: 0
- Копировать объекты от N1 до N2 (fastest): 0 до 0
- Вообще не менять распознаваемую выборку

Удалять скопированные объекты:

- Не удалять
- Удалять

[Пояснение по алгоритму верификации](#)

[Подробнее](#)

Выполнить:

- Синтез и верификацию
- Только верификацию
- Только синтез

Задайте процессор:

- CPU
- GPU

Задайте алгоритм:

- Классика - дольше
- Упрощенно-быстрее

Использование только наиболее достоверных результатов распознавания: Rasp.dbf и целесообразность применения бутстреппного подхода

Расчетный размер БД результатов распознавания Rasp.dbf равен 14194 байт, т.е.: 0.0006610 % от MAX-возможного, (от 2Гб)

УЧИТЫВАТЬ только наиболее достоверные результаты распознавания с МОДУЛЕМ инт. крит. "Резонанс знаний" выше 0.0000000 %

[Старт](#) [Cancel](#) [Помощь по синтезу моделей](#) [Помощь по верификации моделей](#)

3.5. Синтез и верификация моделей. Процесс завершен

Подготовительные шаги

1. Очистка предыдущих результатов верификации 100%
2. Копирование обучающей выборки в распознаваемую 100%

Стадия синтеза модели			Стадия верификации модели			
№	Наименование модели	прогресс-бар	%	№	прогресс-бар	%
3	1. ABS - ЧАСТНЫЙ КРИТЕРИЙ: КОЛИЧЕСТВО ВСТРЕЧ СОЧЕТАНИЙ: "КЛАСС-ПРИЗНАК" У ОБЪЕКТОВ ОБУЧ		100%	13		100%
4	2. PRC1 - ЧАСТНЫЙ КРИТЕРИЙ: УСЛ.ВЕРОЯТНОСТЬ I-ГО ПРИЗНАКА СРЕДИ ПРИЗНАКОВ ОБЪЕКТОВ J-ГО		100%	14		100%
5	3. PRC2 - ЧАСТНЫЙ КРИТЕРИЙ: УСЛОВНАЯ ВЕРОЯТНОСТЬ I-ГО ПРИЗНАКА У ОБЪЕКТОВ J-ГО КЛАССА		100%	15		100%
6	4. INF1 - ЧАСТНЫЙ КРИТЕРИЙ: КОЛИЧЕСТВО ЗНАНИЙ ПО А.ХАРКЕВИЧУ; ВЕРОЯТНОСТИ ИЗ PRC1		100%	16		100%
7	5. INF2 - ЧАСТНЫЙ КРИТЕРИЙ: КОЛИЧЕСТВО ЗНАНИЙ ПО А.ХАРКЕВИЧУ; ВЕРОЯТНОСТИ ИЗ PRC2		100%	17		100%
8	6. INF3 - ЧАСТНЫЙ КРИТЕРИЙ: ХИ-КВАДРАТ; РАЗНОСТИ МЕЖДУ ФАКТИЧЕСКИМИ И ОЖИДАЕМЫМИ АБС.ЧАСТОТАМИ		100%	18		100%
9	7. INF4 - ЧАСТНЫЙ КРИТЕРИЙ: ROI (RETURN ON INVESTMENT); ВЕРОЯТНОСТИ ИЗ PRC1		100%	19		100%
10	8. INF5 - ЧАСТНЫЙ КРИТЕРИЙ: ROI (RETURN ON INVESTMENT); ВЕРОЯТНОСТИ ИЗ PRC2		100%	20		100%
11	9. INF6 - ЧАСТНЫЙ КРИТЕРИЙ: РАЗН.УСЛ.И БЕЗУСЛ.ВЕРОЯТНОСТЕЙ; ВЕРОЯТНОСТИ ИЗ PRC1		100%	21		100%
12	10. INF7 - ЧАСТНЫЙ КРИТЕРИЙ: РАЗН.УСЛ.И БЕЗУСЛ.ВЕРОЯТНОСТЕЙ; ВЕРОЯТНОСТИ ИЗ PRC2		100%	22		100%

Общий прогресс

Начало: 03.03.2026 23:42:15
 Пршло: 00:01:12
 Окончание: 03.03.2026 23:43:27
 Осталось: 00:00:00

Сообщения

```
[23:43:25 INFO]: ШАГ 7: Измерение достоверности модели 'INF7'...
[23:43:25 INFO]: Расчет агрегированных метрик для модели 'INF7'...
[23:43:25 SUCCESS]: Агрегированные метрики для модели 'INF7' сохранены.
[23:43:25 INFO]: Накопление статистики DostRaap для модели 'INF7'...
[23:43:26 INFO]: Расчет метрик VerModClsIt для модели 'INF7' (пропущено).
[23:43:26 INFO]: финальная обработка и сортировка таблиц dost_modcls...
[23:43:26 SUCCESS]: Таблица dost_modcls финализирована и отсортирована.
[23:43:26 INFO]: ШАГ 8: формирование итоговой БД DostRaap...
[23:43:26 INFO]: формирование итоговой таблицы DostRaap...
[23:43:27 SUCCESS]: Таблица DostRaap успешно создана.
[23:43:27 INFO]: ШАГ 10: Создание форм 'Достоверность идент. классов'...
[23:43:27 INFO]: Создание форм 'Достоверность идент. классов' (пропущено).
[23:43:27 SUCCESS]: Операция успешно завершена.
```

Сохранить лог Выход

Рисунок 7. Экранные формы режима синтеза и верификации моделей

В результате работы режима 3.5 создано 3 статистических и 7 системно-когнитивных моделей, некоторые из которых приведены на рисунках 8-11:

5.5. Просмотр основных баз данных всех моделей

Задайте модель для просмотра: **Abs** Prc1 Prc2 Inf1 Inf2 Inf3 Inf4 Inf5 Inf6 Inf7 Количество знаков после запятой: 3 (макс: 17) **Помощь**

Модель: "Abs"

Код признака	Описательные шкалы и градации (признаки)	1 - Gender: M = Male, F = Female, I = Infant - F	2 - Gender: M = Male, F = Female, I = Infant - I	3 - Gender: M = Male, F = Female, I = Infant - M	4 - Number of shell rings: age - 1/5-(1,000000, 6,600000)	5 - Number of shell rings: age - 2/5-(6,600000, 12,200000)	6 - Number of shell rings: age - 3/5-(12,200000, 17,800000)	7 - Number of shell rings: age - 4/5-(17,800000, 23,400000)	8 - Number of shell rings: age - 5/5-(23,400000, 29,000000)	Сумма	Среднее	Средн. квадрат. отклонение	Средний модуль отклонения от среднего
1	Longest shell measurement - 1/5-(0.0750000, 0.2230000)		31.000	6.000	36.000	1.000			74.000	9.250	15.163	12.125	
2	Longest shell measurement - 2/5-(0.2230000, 0.3710000)	10.000	171.000	49.000	118.000	111.000	1.000		460.000	57.500	67.122	56.875	
3	Longest shell measurement - 3/5-(0.3710000, 0.5190000)	129.000	292.000	150.000	68.000	443.000	52.000	8.000	1142.000	142.750	153.542	114.188	
4	Longest shell measurement - 4/5-(0.5190000, 0.6670000)	387.000	156.000	454.000	3.000	772.000	169.000	52.000	1994.000	249.250	270.046	216.312	
5	Longest shell measurement - 5/5-(0.6670000, 0.8150000)	86.000	1.000	77.000		117.000	35.000	11.000	328.000	41.000	46.158	39.250	
6	Diameter - 1/5-(0.0550000, 0.1740000)		35.000	8.000	41.000	2.000			86.000	10.750	17.111	13.625	
7	Diameter - 2/5-(0.1740000, 0.2930000)	14.000	202.000	51.000	131.000	135.000	1.000		534.000	66.750	78.689	66.938	
8	Diameter - 3/5-(0.2930000, 0.4120000)	145.000	292.000	173.000	50.000	485.000	65.000	10.000	1220.000	152.500	165.710	123.125	
9	Diameter - 4/5-(0.4120000, 0.5310000)	371.000	122.000	437.000	3.000	729.000	148.000	49.000	1860.000	232.500	258.236	209.875	
10	Diameter - 5/5-(0.5310000, 0.6500000)	82.000		67.000		93.000	43.000	12.000	298.000	37.250	39.198	34.000	
11	Height - 1/5-(0.0100000, 0.1110000)	42.000	360.000	88.000	201.000	279.000	10.000		980.000	122.500	140.102	118.125	
12	Height - 2/5-(0.1110000, 0.2120000)	551.000	290.000	621.000	24.000	1142.000	229.000	65.000	2924.000	365.500	390.244	304.375	
13	Height - 3/5-(0.2120000, 0.3130000)	19.000		26.000		21.000	18.000	6.000	90.000	11.250	10.859	9.750	
14	Height - 4/5-(0.3130000, 0.4140000)												
15	Height - 5/5-(0.4140000, 0.5150000)			1.000		1.000			2.000	0.250	0.463	0.375	
16	Whole weight - 1/5-(0.0020000, 0.5667000)	89.000	459.000	137.000	217.000	439.000	27.000	2.000	1370.000	171.250	186.433	150.312	
17	Whole weight - 2/5-(0.5667000, 1.1314000)	280.000	181.000	338.000	6.000	629.000	130.000	33.000	1598.000	199.750	213.766	161.938	
18	Whole weight - 3/5-(1.1314000, 1.6961000)	195.000	11.000	207.000	2.000	313.000	75.000	23.000	826.000	103.250	119.426	101.312	

Экспорт в CSV Экспорт всех моделей в MS Excel **Выход**

Рисунок 8. Статистическая модель «ABS», матрица абсолютных частот (фрагмент)

5.5. Просмотр основных баз данных всех моделей

Задайте модель для просмотра: **Abs** Prc1 **Prc2** Inf1 Inf2 Inf3 Inf4 Inf5 Inf6 Inf7 Количество знаков после запятой: 3 (макс: 17) **Помощь**

Модель: "Prc2"

Код признака	Описательные шкалы и градации (признаки)	1 - Gender: M = Male, F = Female, I = Infant - F	2 - Gender: M = Male, F = Female, I = Infant - I	3 - Gender: M = Male, F = Female, I = Infant - M	4 - Number of shell rings: age - 1/5-(1,000000, 6,600000)	5 - Number of shell rings: age - 2/5-(6,600000, 12,200000)	6 - Number of shell rings: age - 3/5-(12,200000, 17,800000)	7 - Number of shell rings: age - 4/5-(17,800000, 23,400000)	8 - Number of shell rings: age - 5/5-(23,400000, 29,000000)	Безусловная вероятность	Среднее	Средн. квадрат. отклонение	Средний модуль отклонения от среднего
1	Longest shell measurement - 1/5-(0.0750000, 0.2230000)		4.762	0.815	16.000	0.069			1.851	2.706	5.616	3.838	
2	Longest shell measurement - 2/5-(0.2230000, 0.3710000)	1.634	26.267	6.658	52.444	7.687	0.389		11.506	11.885	18.580	13.735	
3	Longest shell measurement - 3/5-(0.3710000, 0.5190000)	21.078	44.854	20.380	30.222	30.679	20.233	11.268	28.564	22.339	13.470	9.684	
4	Longest shell measurement - 4/5-(0.5190000, 0.6670000)	63.235	23.963	61.685	1.333	53.463	65.759	73.239	49.875	49.085	24.354	18.218	
5	Longest shell measurement - 5/5-(0.6670000, 0.8150000)	14.052	0.154	10.462		8.102	13.619	15.493	8.204	13.985	15.736	9.397	
6	Diameter - 1/5-(0.0550000, 0.1740000)		5.376	1.087	18.222	0.139			2.151	3.103	6.382	4.348	
7	Diameter - 2/5-(0.1740000, 0.2930000)	2.288	31.029	6.929	58.222	9.349	0.389		13.357	13.526	20.805	15.550	
8	Diameter - 3/5-(0.2930000, 0.4120000)	23.693	44.854	23.505	22.222	33.587	25.292	14.085	30.515	23.405	13.112	8.477	
9	Diameter - 4/5-(0.4120000, 0.5310000)	60.621	18.740	59.375	1.333	50.485	57.588	69.014	46.523	45.895	23.394	17.929	
10	Diameter - 5/5-(0.5310000, 0.6500000)	13.399		9.103		6.440	16.732	16.901	7.454	14.072	15.970	10.354	
11	Height - 1/5-(0.0100000, 0.1110000)	6.863	55.300	11.957	89.333	19.321	3.891		24.512	23.333	32.208	24.492	
12	Height - 2/5-(0.1110000, 0.2120000)	90.033	44.547	84.375	10.667	79.086	89.105	91.549	73.137	73.670	30.427	23.032	
13	Height - 3/5-(0.2120000, 0.3130000)	3.105		3.533		1.454	7.004	8.451	2.251	2.943	3.282	2.580	
14	Height - 4/5-(0.3130000, 0.4140000)												
15	Height - 5/5-(0.4140000, 0.5150000)			0.136		0.069			0.050	0.026	0.051	0.038	
16	Whole weight - 1/5-(0.0020000, 0.5667000)	14.542	70.507	18.614	96.444	30.402	10.506	2.817	34.267	30.479	34.727	26.498	
17	Whole weight - 2/5-(0.5667000, 1.1314000)	45.752	27.803	45.924	2.667	43.560	50.584	46.479	39.970	39.096	16.348	11.930	
18	Whole weight - 3/5-(1.1314000, 1.6961000)	31.863	1.690	28.125	0.889	21.676	29.183	32.394	20.660	18.227	14.750	13.026	

Экспорт в CSV Экспорт всех моделей в MS Excel **Выход**

Рисунок 9. Статистическая модель «PRC2», матрица условных и безусловных процентных распределений (фрагмент)

Полученные модели корректно использовать для решения задач только в том случае, если они достаточно достоверны (адекватны), т.е. верно отражают моделируемую предметную область. Поэтому в следующем разделе оценим достоверность созданных статистических и системно-когнитивных моделей.

3.4. Задача-4. Верификация моделей

3.4.1. Универсальная постановка задачи, не зависящая от предметной области

Оценка достоверности моделей в системе «Эйдос» осуществляется путем решения задачи классификации объектов обучающей выборки по обобщенным образам классов и подсчета количества истинных и ложных положительных и отрицательных решений по F-мере Ван Ризбергера, а также по критериям L1- L2-мерам проф. Е.В.Луценко, которые предложены для того, чтобы смягчить или полностью преодолеть некоторые недостатки F-меры [9].

Достоверность моделей можно оценивать и путем решения других задач, например задач прогнозирования, выработки управляющих решений, исследования объекта моделирования путем исследования его модели. Но это более трудоемко и даже всегда возможно, особенно на экономических и политических моделях.

В режиме 3.4 системы «Эйдос» и ряде других изучается достоверность каждой частной модели в соответствии с этими мерами достоверности.

3.4.2. Конкретное решение задачи в данной работе

В соответствии с критерием достоверности L1-мерой проф. Е.В. Луценко наиболее достоверной является СК-модель ABS (хи-квадрат К. Пирсона) с интегральным критерием: «сумма абс. частот по признакам объекта»: **L1=0.671** при максимуме 1 (рисунок 12). *Но использовать будем модель INF4 для решения поставленных в работе задач.*

№	Наименование модели и частного критерия	Интегральный критерий	F-мера Ван Ризбергера	Сумма модулей уровней сходства истинно-положит. решений (STP)	Сумма модулей уровней сходства ложно-отрицат. решений (STN)	Сумма модулей уровней сходства ложно-положит. решений (SFP)	Сумма модулей уровней сходства ложно-отрицат. решений (SFN)	S. Точность модели	S. Полнота модели	L1-мера проф. Е.В.Луценко	Средний модуль уровня сходства истинно-положит. решений (ATP)	Средний модуль уровня сходства истинно-отрицат. решений (ATN)
1	ABS - частый критерий: количество встреч сочетаний "класс-признак" у объектов обуч. выборки	корреляция абс. частот с обр. объекта	0.477	2488.522	800.817	4616.397	144.948	0.350	0.945	0.511	0.658	0.204
2	ABS - частый критерий: количество встреч сочетаний "класс-признак" у объектов обуч. выборки	сумма абс. частот по признакам объекта	0.410	2124.204	0.000	2084.264	0.000	0.505	1.000	0.671	0.531	0.000
3	PRC1 - частый критерий: усл. вероятность i-го признака среди признаков объектов i-го класса	корреляция усл. отн. частот с обр. объекта	0.477	2488.522	800.817	4616.397	144.948	0.350	0.945	0.511	0.658	0.204
4	PRC1 - частый критерий: усл. вероятность i-го признака среди признаков объектов i-го класса	сумма усл. отн. частот по признакам объекта	0.410	2265.705	0.000	4950.765	0.000	0.314	1.000	0.478	0.567	0.000
5	PRC2 - частый критерий: условная вероятность i-го признака у объектов i-го класса	корреляция усл. отн. частот с обр. объекта	0.477	2488.522	800.817	4616.397	144.948	0.350	0.945	0.511	0.658	0.204
6	PRC2 - частый критерий: условная вероятность i-го признака у объектов i-го класса	сумма усл. отн. частот по признакам объекта	0.410	2265.541	0.000	4889.635	0.000	0.314	1.000	0.478	0.567	0.000
7	INF1 - частый критерий: количество знаний по А.Харавану; вероятность из PRC1	семантический резонанс знаний	0.564	833.064	3143.514	992.502	167.399	0.456	0.833	0.590	0.241	0.436
8	INF1 - частый критерий: количество знаний по А.Харавану; вероятность из PRC1	сумма знаний	0.484	278.733	2030.603	537.377	194.066	0.342	0.590	0.433	0.096	0.321
9	INF2 - частый критерий: количество знаний по А.Харавану; вероятность из PRC2	семантический резонанс знаний	0.564	833.065	3143.465	992.519	167.393	0.456	0.833	0.590	0.241	0.436
10	INF2 - частый критерий: количество знаний по А.Харавану; вероятность из PRC2	сумма знаний	0.484	278.741	2030.603	537.477	194.070	0.342	0.590	0.432	0.096	0.321
11	INF3 - частый критерий: Хи-квадрат; разности между фактическими и ожидаемыми абс. частотами	семантический резонанс знаний	0.484	2070.613	4491.509	2948.749	745.890	0.413	0.735	0.528	0.681	0.695
12	INF3 - частый критерий: Хи-квадрат; разности между фактическими и ожидаемыми абс. частотами	сумма знаний	0.484	1127.369	1965.979	1091.444	679.668	0.508	0.624	0.560	0.371	0.304
13	INF4 - частый критерий: ROI (Return On Investment); вероятности из PRC1	семантический резонанс знаний	0.614	913.465	3183.430	637.996	441.598	0.589	0.674	0.629	0.304	0.346
14	INF4 - частый критерий: ROI (Return On Investment); вероятности из PRC1	сумма знаний	0.459	304.798	612.396	635.355	268.818	0.324	0.531	0.403	0.103	0.101
15	INF5 - частый критерий: ROI (Return On Investment); вероятности из PRC2	семантический резонанс знаний	0.614	913.445	3183.405	637.994	441.578	0.589	0.674	0.629	0.304	0.346
16	INF5 - частый критерий: ROI (Return On Investment); вероятности из PRC2	сумма знаний	0.459	304.772	612.329	635.401	268.823	0.324	0.531	0.403	0.103	0.101
17	INF6 - частый критерий: разн. усл. и безуслов. вероятностей; вероятности из PRC1	семантический резонанс знаний	0.510	1751.376	3555.019	2374.803	629.912	0.424	0.735	0.538	0.577	0.499
18	INF6 - частый критерий: разн. усл. и безуслов. вероятностей; вероятности из PRC1	сумма знаний	0.466	740.854	1952.682	1484.359	529.637	0.333	0.583	0.434	0.244	0.326
19	INF7 - частый критерий: разн. усл. и безуслов. вероятностей; вероятности из PRC2	семантический резонанс знаний	0.510	1751.366	3554.875	2375.023	629.846	0.424	0.735	0.538	0.577	0.499
20	INF7 - частый критерий: разн. усл. и безуслов. вероятностей; вероятности из PRC2	сумма знаний	0.466	740.772	1952.429	1484.510	529.650	0.333	0.583	0.424	0.244	0.326

Рисунок 12. Экранные формы режима измерения достоверности моделей 3.4

На рисунках 13 приведены частотные распределения количества истинных и ложных, положительных и отрицательных решений в наиболее достоверной по L1-мере проф. Е.В. Луценко [9] СК-модели ABS.

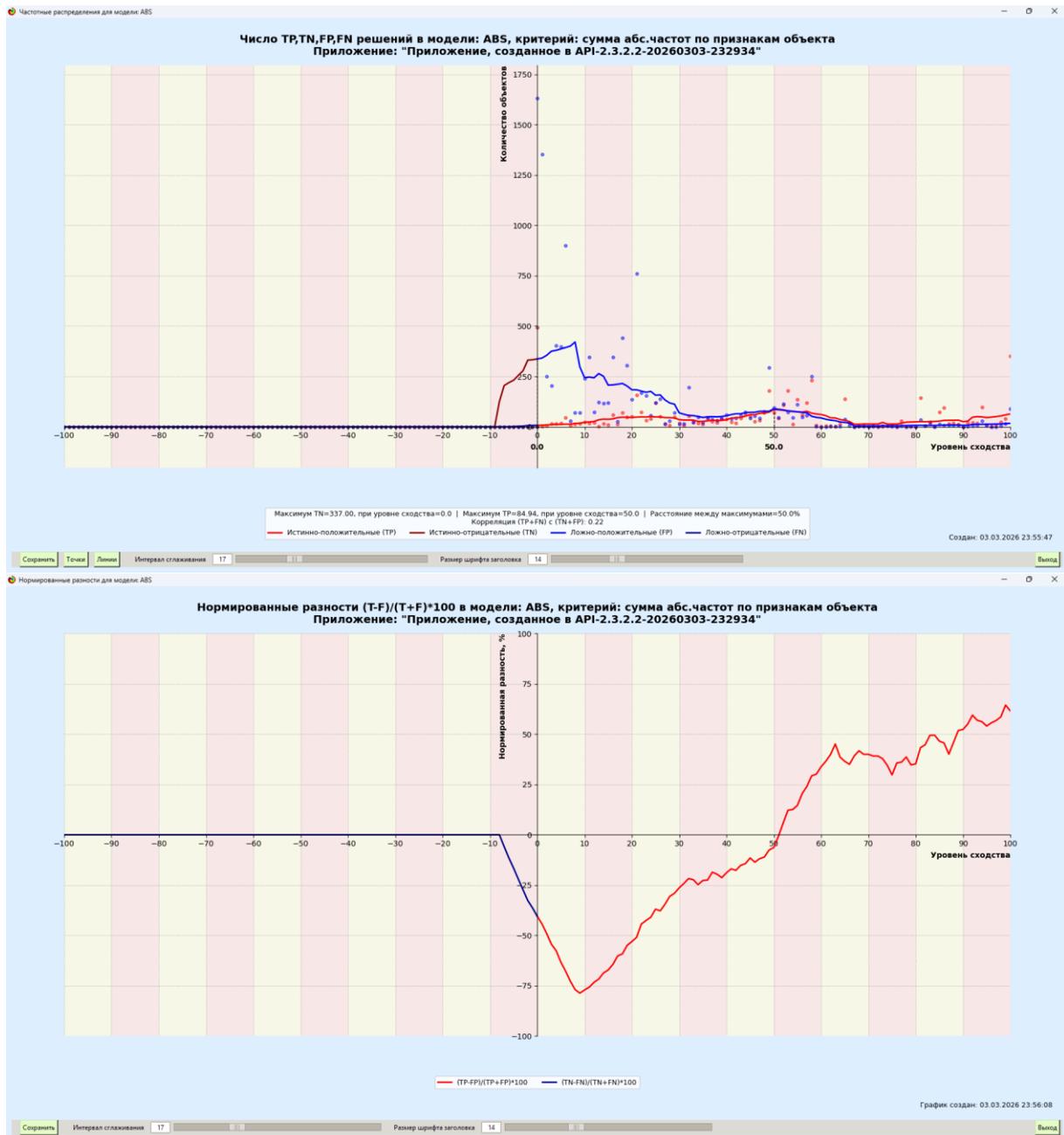


Рисунок 13. Частотные распределения количества истинных и ложных, положительных и отрицательных решений в наиболее достоверной по L1-мере проф. Е.В. Луценко СК-модели ABS [9]

Из этих частотных распределений видно, что в наиболее достоверной по критерию достоверности L1-мерой проф. Е.В. Луценко СК-модели ABS:

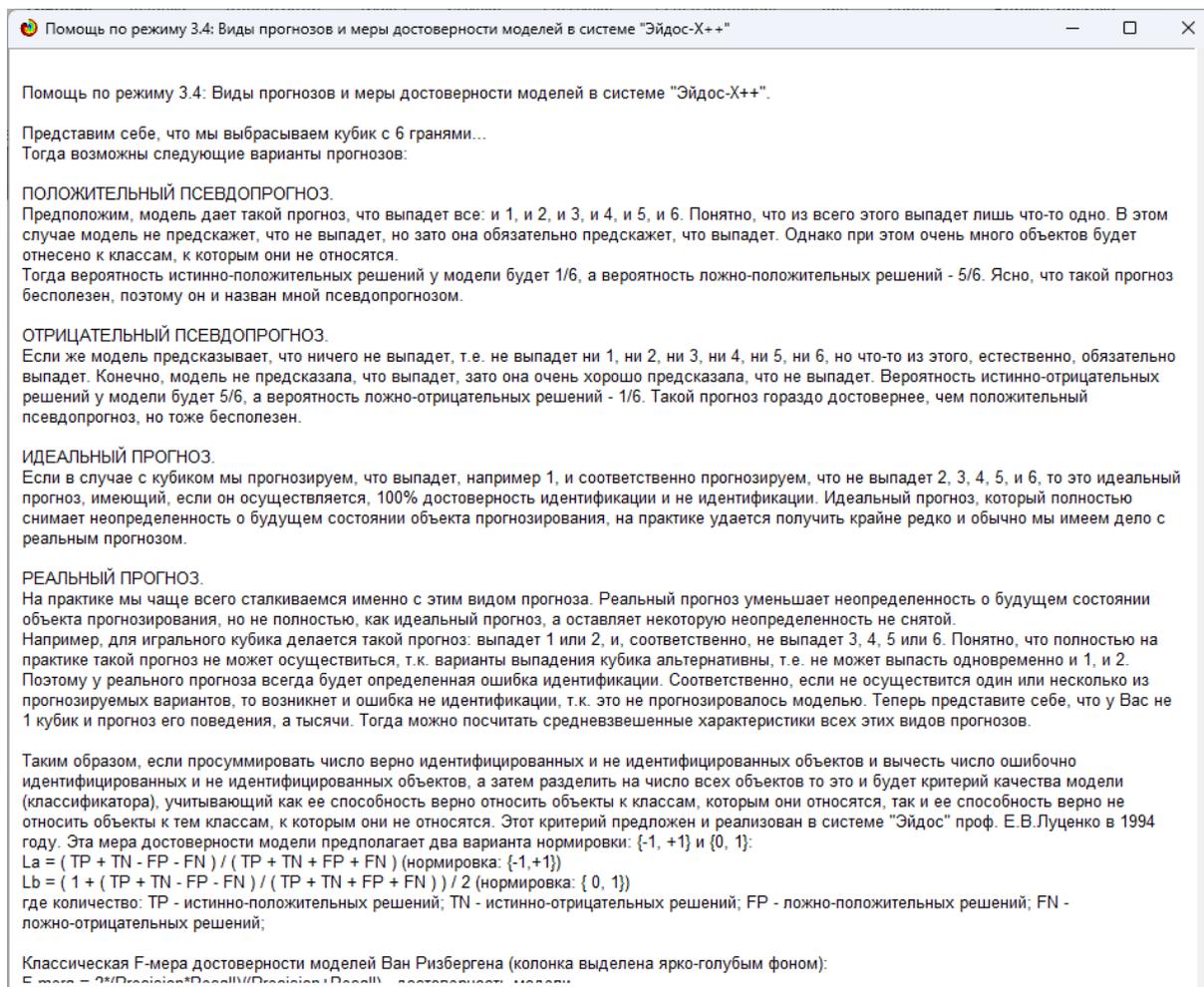
– отрицательные ложные решения в данной задаче вообще не встречаются, а в общем случае такие решения практически

не встречаются за исключением очень небольшого количества случаев с очень низкими уровнями различия;

– при уровнях сходства меньше 20% в данной задаче преобладают ложные положительные решения, а при более высоких уровнях сходства – истинные положительные решения. В общем случае при уровнях сходства выше 60% ложных положительных решений практически вообще нет;

– **чем выше уровень сходства, тем больше доля истинных решений. Поэтому уровень сходства является адекватной внутренней мерой системы «Эйдос», так сказать адекватной мерой самооценки или аудита степени достоверности решений и уровня риска ошибочного решения.**

На рисунках 14 приведены экранные формы хелпов режима 3.4, в которых подробно объясняется смысл этого режима. Эти формы приводятся в данной работе вместо более детального описания данного режима.



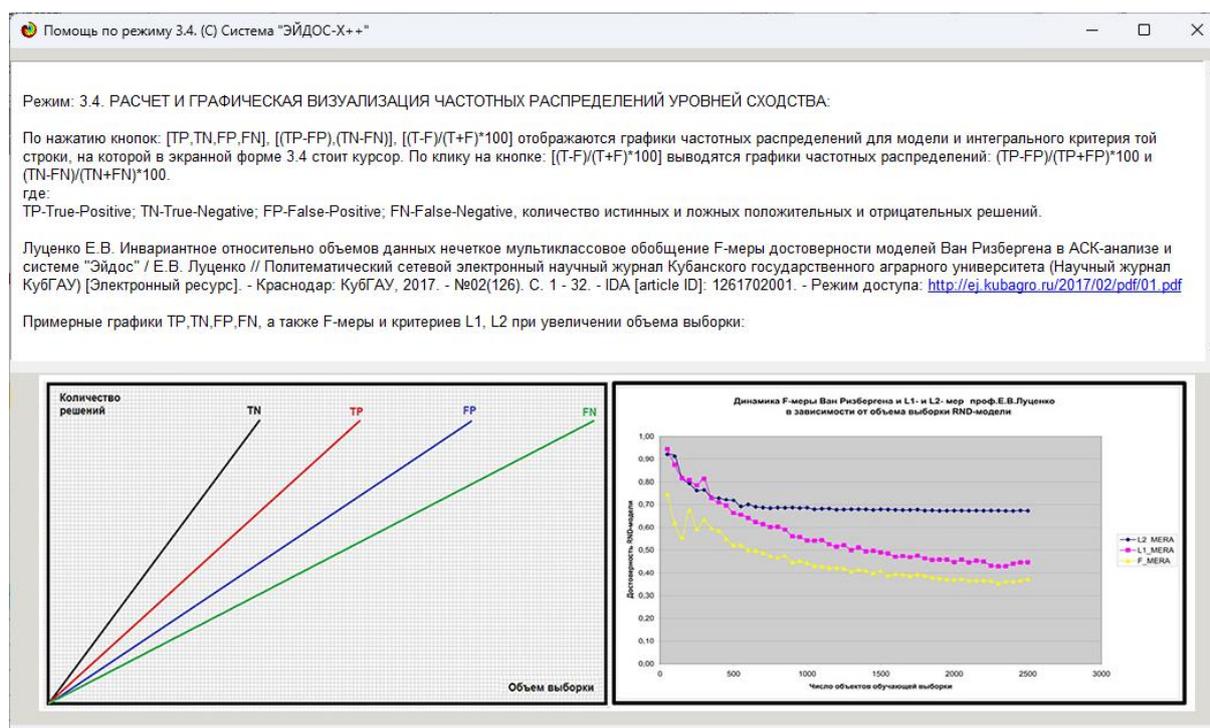


Рисунок 14. Экранные формы хелпов режима измерения достоверности моделей

3.5. Задача-5. Выбор наиболее достоверной модели

3.5.1. Универсальная постановка задачи, не зависящая от предметной области

Все последующие задачи решаются в наиболее достоверной модели.

Причины этого просты. Если модель достоверна, то:

- идентификация объекта с классом достоверна, т.е. модель относит объекты к классам, к которым они действительно принадлежат;
- прогнозирование достоверно, т.е. действительно наступают те события, которые прогнозируются;
- принятие решений адекватно (достоверно), т.е. после реализации принятых управляющих решений объект управления действительно переходит в целевые будущие состояния;
- исследование достоверно, т.е. полученные в результате исследования модели объекта моделирования выводы могут быть с полным основанием отнесены к объекту моделирования.

3.5.2. Конкретное решение задачи в данной работе

Технически сам выбор наиболее достоверной модели и задание ее текущей осуществляется в режиме 5.6 системы «Эйдос» и проходит быстро (рисунки 15). Это необходимо делать лишь для решения задачи идентификации и прогнозирования (в режиме 4.1.2), которая требует и потребляет наибольшие вычислительные ресурсы и поэтому решается только для модели, заданной в качестве текущей. Все остальные расчеты проводятся в системе «Эйдос» сразу во всех моделях.

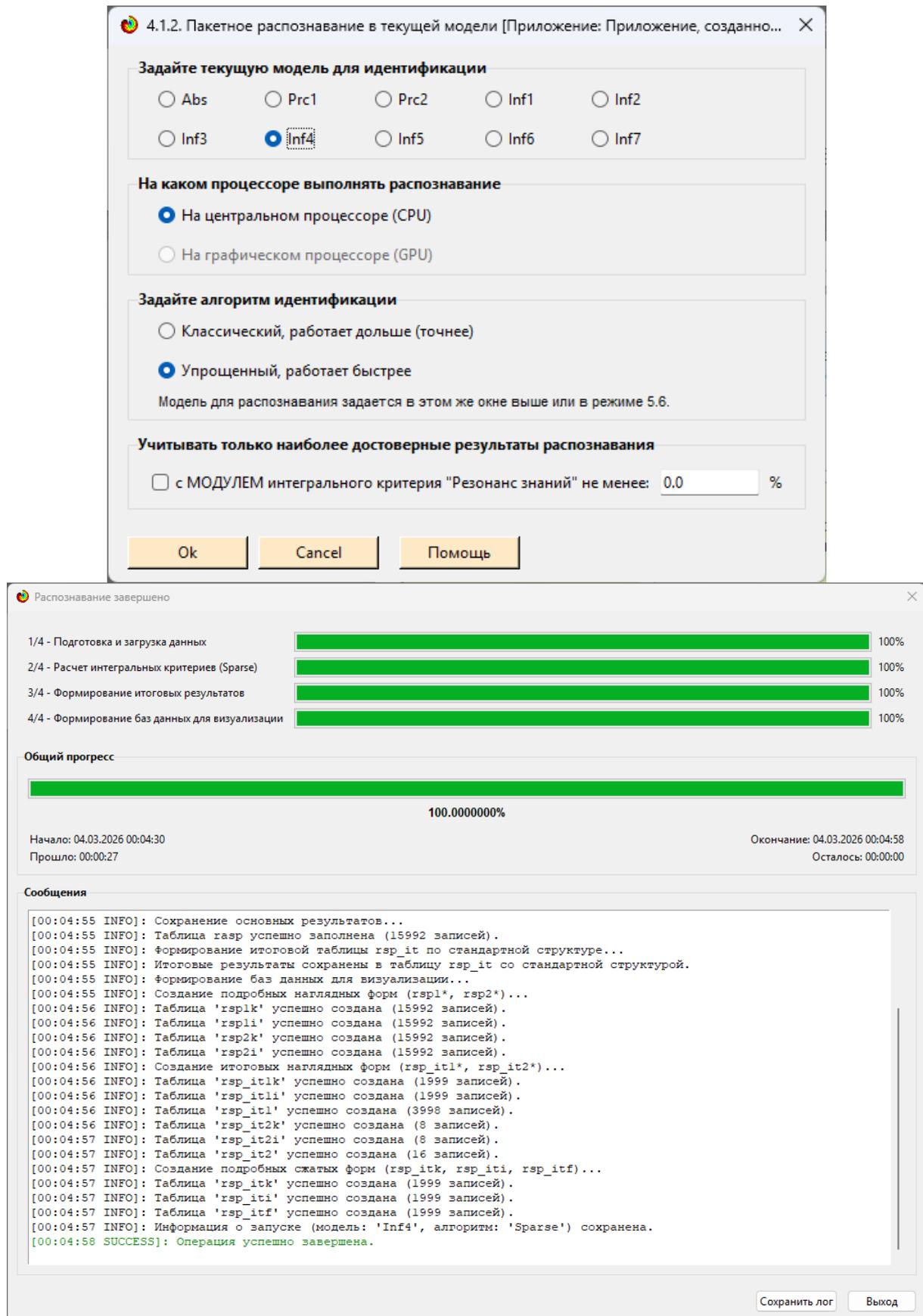


Рисунок 15. Задание СК-модели INF4 в качестве текущей

3.6. Задача-6. Системная идентификация и прогнозирование

3.6.1. Универсальная постановка задачи, не зависящая от предметной области

При решении задачи идентификации каждый объект распознаваемой выборки сравнивается по всем своим признакам с каждым из обобщенных образов классов. Смысл решения задачи идентификации заключается в том, что при определении принадлежности конкретного объекта к обобщенному образу класса об этом конкретном объекте *по аналогии становится известно все, что известно об объектах этого класса, по крайней мере, самое существенное о них, т.е. чем они отличаются от объектов других классов.*

Задачи идентификации и прогнозирования взаимосвязаны и мало чем отличаются друг от друга. Главное различие между ними в том, что при идентификации значения свойств и принадлежность объекта к классу относятся к одному моменту времени, а при прогнозировании значения факторов относятся к прошлому, а переход объекта под действием этих факторов в состояние, соответствующее классу относится к будущему (рисунок 3).

Задача решается в модели, заданной в качестве текущей, т.к. является весьма трудоемкой в вычислительном отношении. Правда с разработкой и реализацией в системе «Эйдос» высокоэффективных алгоритмов распознавания и использованием графического процессора (GPU) для расчетов эта проблема практически снялась.

Сравнение осуществляется путем применения *неметрических интегральных критериев*, которых в настоящее время в системе «Эйдос» используется два. Эти интегральные критерии интересны тем, что корректны¹⁰ в неортонормированных пространствах, которые всегда и встречаются на практике, и являются фильтрами подавления шума.

3.6.1.1. Интегральный критерий «Сумма знаний»

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

Интегральный критерий представляет собой аддитивную функцию от частных критериев знаний, представленных в help режима 5.5:

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

¹⁰ В отличие от Евклидова расстояния, которое используется для подобных целей наиболее часто

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

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

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

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

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

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

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

3.6.1.2. Интегральный критерий «Семантический резонанс знаний»

Интегральный критерий «Семантический резонанс знаний»

представляет собой *нормированное* суммарное количество знаний, содержащееся в системе факторов различной природы, характеризующих сам объект управления, управляющие факторы и окружающую среду, о переходе объекта в будущие целевые или нежелательные состояния.

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

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

где:

M – количество градаций описательных шкал (признаков); \bar{I}_j – средняя информативность по вектору класса; \bar{L} – среднее по вектору объекта;

σ_j – среднеквадратичное отклонение частных критериев знаний вектора класса; σ_l – среднеквадратичное отклонение по вектору распознаваемого объекта.

$\vec{I}_{ij} = \{I_{ij}\}$ – вектор состояния j -го класса; $\vec{L}_i = \{L_i\}$ – вектор состояния распознаваемого объекта (состояния или явления), включающий все виды факторов, характеризующих сам объект, управляющие воздействия и окружающую среду (массив–локатор), т.е.:

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

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

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

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

Произведением двух стандартизированных (единичных) векторов класса и объекта. Существуют и много других способов нормирования, например, путем применения вейвлетов и сплайнов, в частности линейной интерполяции: $I_{ij} \rightarrow \frac{I_{ij} - I_j^{\min}}{I_j^{\max} - I_j^{\min}}, \quad L_i \rightarrow \frac{L_i - L^{\min}}{L^{\max} - L^{\min}}$, Это позволяет предложить

неограниченное количество других видов интегральных критериев. Но результаты их применения едва ли они будут существенно отличаться от уже существующих, поэтому они не реализованы в системе «Эйдос».

3.6.1.3. Важные математические свойства интегральных критериев

Данные интегральные критерии обладают очень интересными *математическими свойствами*, которые обеспечивают ему важные достоинства:

Во-первых, интегральный критерий имеет **неметрическую** природу, т.е. он является мерой сходства векторов класса и объекта, но не расстоянием между ними, а косинусом угла между ними, т.е. это межвекторное или информационное расстояние. Поэтому его применение является корректным в **неортонормированных** пространствах, которые, как правило, и встречаются на практике и в которых применение Евклидова расстояния (теоремы Пифагора) является некорректным.

Во-вторых, данный интегральный критерий является **фильтром**, подавляющим белый шум, который всегда присутствует в эмпирических исходных данных и в моделях, созданных на их основе. Это свойство

подавлять белый шум проявляется у данного критерия тем ярче, чем больше в модели градаций описательных шкал.

В-третьих, интегральный критерий сходства представляет собой количественную меру сходства/различия конкретного объекта с обобщенным образом класса и имеет тот же смысл, что и **функция принадлежности** элемента множеству в нечеткой логике Лотфи Заде. **Однако** в нечеткой логике эта функция задается исследователем априорно путем выбора из нескольких возможных вариантов, а в АСК-анализе и его программном инструментарии – интеллектуальной системе «Эйдос» она рассчитывается в соответствии с хорошо обоснованной математической моделью непосредственно на основе эмпирических данных.

В-четвертых, кроме того значение интегрального критерия сходства представляет собой адекватную самооценку **степени уверенности** системы в положительном или отрицательном решении о принадлежности/непринадлежности объекта к классу или **риска ошибки** при таком решении.

В-пятых, по сути, при распознавании происходит расчет коэффициентов I_j разложения функции объекта L_i в ряд по функциям классов I_{ij} , т.е. определяется **вес** каждого обобщенного образа класса в образе объекта, что подробнее описано в работах [2, 3, 4].

На рисунках 17 приведены экранные формы режима идентификации и прогнозирования 4.1.2 системы «Эйдос»:

3.6.2. Конкретное решение задачи идентификации и прогнозирования в данной работе в системе «Эйдос»

В АСК-анализе разработаны, а в системе «Эйдос» реализованы развитые методы прогнозирования, основанные на сценарном методе АСК-анализа или сценарном АСК-анализе [11]. Но в задачи данной работы не входит их подробное рассмотрение, тем более что они подробно освещены и на теоретическом уровне, и с детальными численными примерами в работах [4-7, 11] и в ряде других [48].

Поэтому в данной работе рассмотрим стандартный несколько упрощенный вариант решения задачи идентификации и прогнозирования. Запустим режим 4.1.2 системы «Эйдос» (рисунок 16).

По результатам решения задачи идентификации и прогнозирования в системе «Эйдос» выдается большое количество разнообразных выходных форм, которых в настоящее время 14 (рисунок 17).

Из этих выходных форм рассмотрим только две: 4.1.3.1 и 4.1.3.2 (рисунок 18).

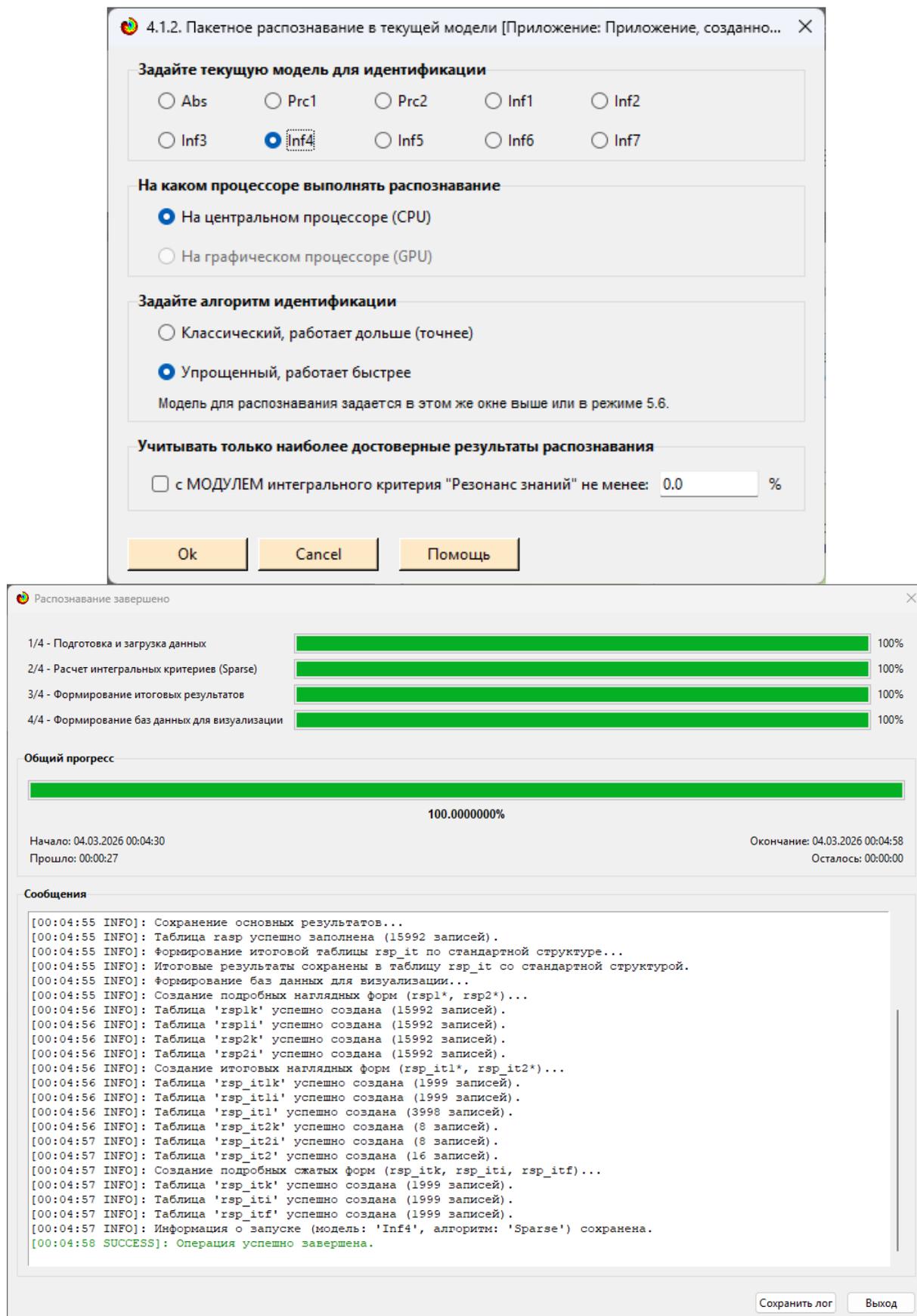


Рисунок 16. Экранные формы режима 4.1.2 идентификации и прогнозирования

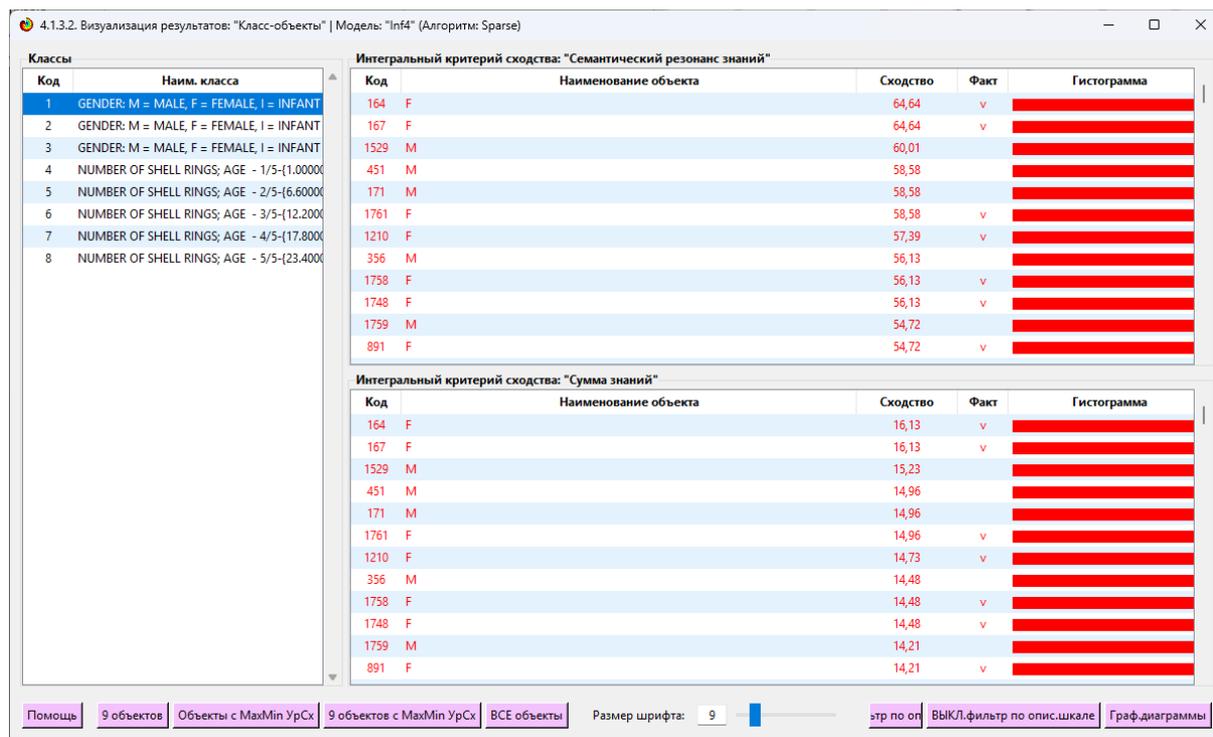


Рисунок 18. Некоторые экранные формы результатов идентификации и прогнозирования 4.1.3 системы «Эйдос»

Эти выходные формы, учитывая сказанное выше об интегральных критериях системы «Эйдос», как говорят «интуитивно понятны» и не требуют особых комментариев.

3.7. Задача-7. Поддержка принятия решений

3.7.1. Упрощенный вариант принятия решений как обратная задача прогнозирования, позитивный и негативный информационные портреты классов, SWOT-анализ

3.7.1.1. Универсальная постановка задачи, не зависящая от предметной области

Задачи прогнозирования и принятия решений относятся друг к другу как прямая и *обратная* задачи:

– при прогнозировании по значениям факторов, действующих на объект моделирования, определяется в какое будущее состояние он перейдет под их действием;

– при принятии решений, наоборот, по будущему целевому состоянию объекта моделирования определяются значения факторов, которые обуславливают его переход в это будущее целевое состояние.

Таким образом, задача принятия решений является *обратной* по отношению к задаче прогнозирования. Но это так только в простейшем случае: в случае использования SWOT-анализа (режим 4.4.8 системы «Эйдос») [10] (рисунки 19).

На первом рисунке 19 приведена экранная форма задания в диалоге параметров отображения SWOT-диаграммы. На этой экранной форме в

верхнем окне пользователь курсором выбирает исследуемый класс, внизу слева задает модель для исследования, а справа внизу задает отображать ли SWOT-диаграмму. Кроме того пользователь может включить или выключить фильтры по факторам и посмотреть помощь по режиму. При включении фильтра по фактору, на котором стоит курсор, на экранных формах отображается влияние только значения этого фактора.

Графические выходные формы, приведенные на рисунках 19, интуитивно понятны и не требуют особых комментариев. Отметим лишь, что на SWOT-диаграммах наглядно показаны знак и сила влияния каждого значения фактора на переход объекта моделирования в состояние, соответствующее классу, выбранному в верхнем окне. Знак показан цветом, а сила влияния – толщиной линии.

Слева на SWOT-диаграмме приведены значения факторов, способствующих переходу объекта моделирования в состояние, соответствующее классу, выбранному в верхнем окне (показаны красным цветом), а справа – препятствующих этому переходу (показаны синим цветом). Сила влияния каждого значения фактора на поведение объекта моделирования показана толщиной линии.

Необходимо подчеркнуть, что в системе «Эйдос» SWOT-диаграммы формируются автоматически на основе статистических и системно-когнитивных моделей, созданных непосредственно на основе эмпирических данных, а не как обычно не формализуемым экспертным путем на основе интуиции, опыта и профессиональной компетенции, т.е. практически «на глазок», а в некоторых случаях и вообще «от фонаря».

3.7.1.2. Конкретное решение задачи идентификации и прогнозирования в данной работе в системе «Эйдос»

4.4.8. Количественный автоматизированный SWOT-анализ классов средствами АСС-анализа

Выбор класса, соответствующего будущему состоянию объекта управления

Код	Наименование класса	Редукция	Н объектов (аб.)	Н объектов (%)
1	[1]-Gender: M = Male, F = Female, I = Infant, [1]-F		0	
2	[1]-Gender: M = Male, F = Female, I = Infant, [2]-I		0	
3	[1]-Gender: M = Male, F = Female, I = Infant, [3]-M		0	
4	[2]-Number of shell rings: age -[4]-1/5-[1,2,000000], 6,6000000		0	
5	[2]-Number of shell rings: age -[5]-2/5-[6,6000000, 12,2000000]		0	
6	[2]-Number of shell rings: age -[6]-3/5-[12,2000000, 17,8000000]		0	
7	[2]-Number of shell rings: age -[7]-4/5-[17,8000000, 23,4000000]		0	
8	[2]-Number of shell rings: age -[8]-5/5-[23,4000000, 29,0000000]		0	

SWOT-анализ класса: 1 "SENDER: M = MALE, F = FEMALE, I = INFANT, F" в модели: 7 "INF4-частный критерий: ROI (Return On Investment); вероятности из PRС1"

Способствующие факторы и сила их влияния				Препятствующие факторы и сила их влияния			
Код	Наименование фактора и его значения	Сила влияния		Код	Наименование фактора и его значения	Сила влияния	
35	[7]-Shell weight-[35]-5/5-[0,804000, 1,0050000]	1,430		2	[1]-Longest shell measurement-[2]-2/5-[0,223000, 0,3710000]	-0,850	
25	[5]-Shucked weight-[25]-3/5-[1,1390000, 1,6000000]	0,960		7	[2]-Diameter-[7]-2/5-[0,174000, 0,2020000]	-0,820	
29	[6]-Viscera weight-[29]-4/5-[0,456200, 0,6091000]	0,866		11	[2]-Height-[11]-1/5-[0,010000, 0,1110000]	-0,720	
10	[3]-Diameter-[10]-3/5-[0,5310000, 0,6500000]	0,797		16	[4]-Whole weight-[16]-1/5-[0,002000, 0,5667000]	-0,576	
5	[1]-Longest shell measurement-[5]-5/5-[0,667000, 0,8150000]	0,713		31	[7]-Shell weight-[31]-1/5-[0,005000, 0,2020000]	-0,495	
33	[7]-Shell weight-[33]-3/5-[0,402000, 0,6030000]	0,703		26	[6]-Viscera weight-[26]-1/5-[0,005000, 0,1534000]	-0,480	
23	[3]-Shucked weight-[23]-3/5-[0,598000, 0,8920000]	0,640		21	[3]-Shucked weight-[21]-1/5-[0,001000, 0,2984000]	-0,412	
28	[6]-Viscera weight-[28]-3/5-[0,304000, 0,4520000]	0,633		3	[1]-Longest shell measurement-[3]-3/5-[0,3710000, 0,5190000]	-0,262	
19	[4]-Whole weight-[19]-4/5-[1,6961000, 2,2680000]	0,579		8	[2]-Diameter-[8]-3/5-[0,293000, 0,4120000]	-0,224	
18	[4]-Whole weight-[18]-3/5-[1,131400, 1,6981000]	0,542					
13	[3]-Height-[13]-3/5-[0,213000, 0,3130000]	0,379					
9	[2]-Diameter-[9]-4/5-[0,412000, 0,5310000]	0,363					
32	[7]-Shell weight-[32]-2/5-[0,202000, 0,4020000]	0,295					
27	[6]-Viscera weight-[27]-2/5-[0,152400, 0,3040000]	0,289					
4	[1]-Longest shell measurement-[4]-4/5-[0,519000, 0,6670000]	0,288					
22	[3]-Shucked weight-[22]-2/5-[0,298400, 0,5980000]	0,244					
34	[7]-Shell weight-[34]-4/5-[0,603000, 0,8040000]	0,244					
12	[3]-Height-[12]-2/5-[0,111000, 0,2120000]	0,231					

ВКЛЮЧИТЬ фильтр по фактору

ВКЛЮЧИТЬ фильтр по фактору

ВКЛЮЧИТЬ фильтр по фактору

ВКЛЮЧИТЬ фильтр по фактору

Помощь

ABS PRС1 PRС2 INF1 INF2 INF3 INF4 INF5 INF6 INF7

Размер шрифта: 9

SWOT-диаграмма заданного класса

SWOT-диаграммы всех классов

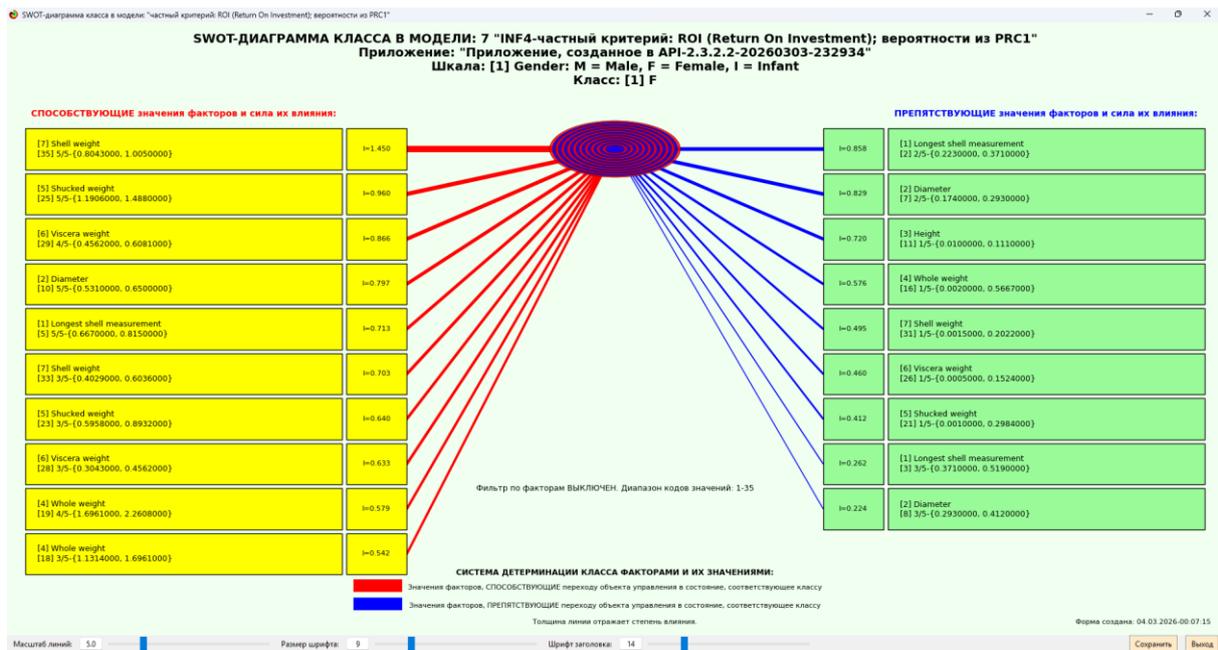


Рисунок 19. Пример экранной формы режима автоматизированного SWOT-анализа (режим 4.4.8 системы «Эйдос»)

Из приведенных выходных форм SWOT-анализа четко видно, что способствующие значения факторов широты и долготы обуславливают препятствующие факторы типа магнитуд, силы и расстояния землетрясения от центров, их зафиксировавших.

3.7.2. Развитый алгоритм принятия решений в адаптивных интеллектуальных системах управления на основе АСК-анализа и системы «Эйдос»

3.7.2.1. Универсальная постановка задачи, не зависящая от предметной области

Однако SWOT-анализ (режим 4.4.8 системы «Эйдос») имеет свои ограничения: может быть задано только одно будущее целевое состояние, целевые состояния могут быть недостижимыми одновременно (альтернативными) или совместимыми по системе обуславливающих их значений факторов, некоторые рекомендуемые факторы может не быть технологической и финансовой возможности использовать и возможно надо искать им замену, примерно так же влияющую на объект моделирования.

Поэтому в АСК-анализе и системе «Эйдос» реализован развитый алгоритм принятия решений (режим 6.3) в котором кроме SWOT-анализа используются также результаты решения задачи прогнозирования и результаты кластерно-конструктивного анализа классов и значений факторов, т.е. некоторые результаты решения задачи исследования предметной области. Этот алгоритм описан в работах [11, 12, 13] и в ряде других работ.

Приведем этот алгоритм и в данной работе (рисунок 20).

Шаг 1-й. Руководство ставит **цели** управления, т.е. определяет будущие целевые состояния объекта управления. Обычно целевые состояния в натуральном выражении – это количество и качество продукции, а в стоимостном выражении – прибыль и рентабельность. Объект управления как система, эффективность объекта управления как **системное свойство**, повышение уровня системности объекта управления как цель управления (нелинейность). Модель отражает определенный уровень технологий, поэтому целевые состояния, недостижимые в одной модели, могут оказаться достижимыми в другой с большим числом факторов [11, 12, 13, 14, 15, 16].

Шаг 2-й (см.реж.6.4). Когнитивно-целевая структуризация и формализация предметной области (реж.2.3.2.2), синтез и верификация моделей (реж.3.5), определяем наиболее достоверную из них по F-критерию Ван Ризбергена и критериям L1 и L2 проф. Е.В. Луценко (реж.3.4) [9]. Повышение уровня системности и адекватности модели объекта управления (принцип Уильяма Росса Эшби) [14, 15].

Шаг 3-й. Если целевое состояние одно, то переходим на шаг 6, а иначе на шаг 4.

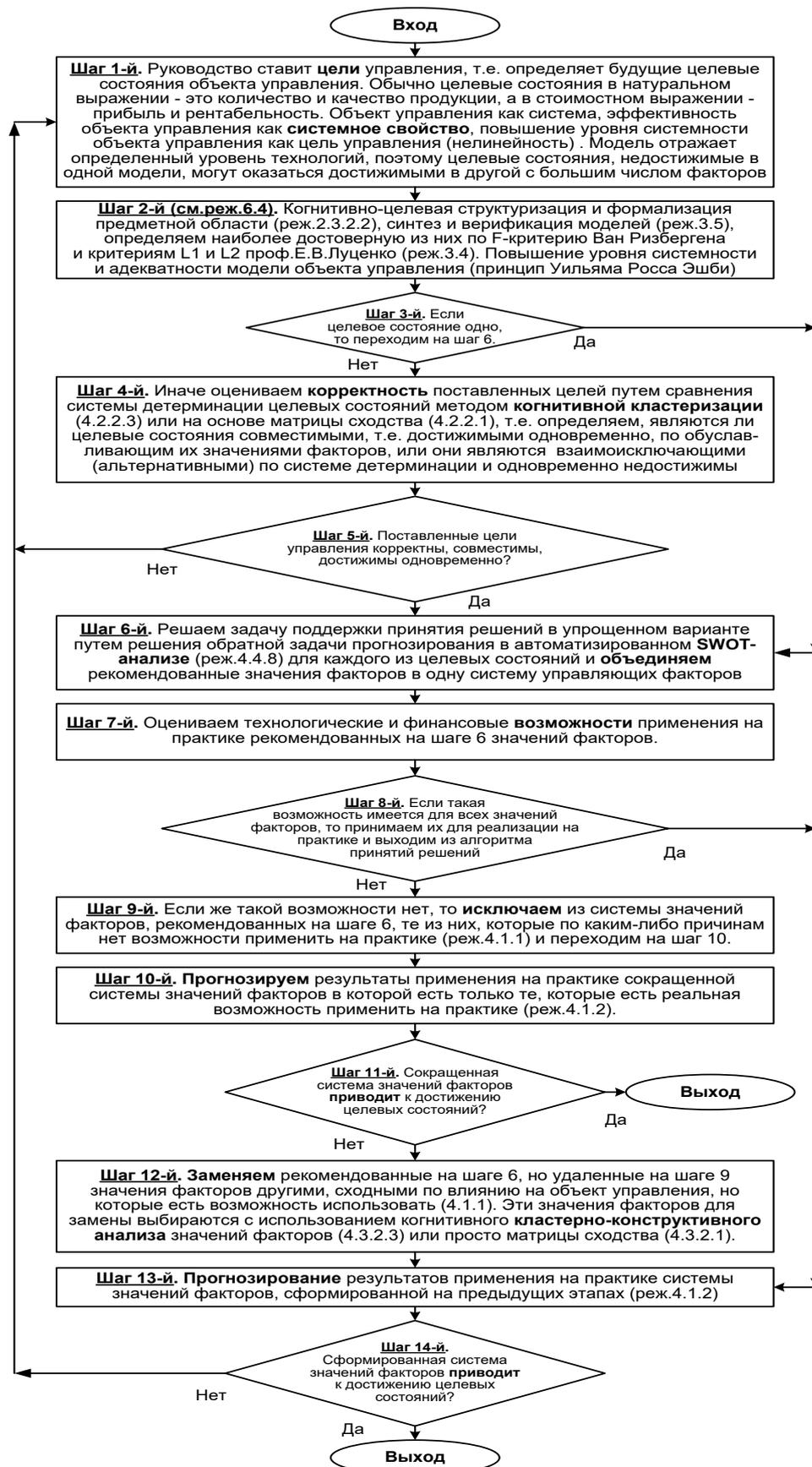


Рисунок 20. Развитый алгоритм принятия решений в интеллектуальных системах управления на основе АСК-анализа и системы «Эйдос»

Шаг 4-й. Иначе оцениваем **корректность** поставленных целей путем сравнения системы детерминации целевых состояний методом **когнитивной кластеризации** (4.2.2.3) или на основе матрицы сходства (4.2.2.1), т.е. определяем, являются ли целевые состояния совместимыми, т.е. достижимыми одновременно, по обуславливающим их значениями факторов, или они являются взаимоисключающими (альтернативными) по системе детерминации и одновременно недостижимы.

Шаг 5-й. Поставленные цели управления корректны, совместимы, достижимы одновременно? Если да – переход на шаг 6, иначе на шаг 1.

Шаг 6-й. Решаем задачу поддержки принятия решений в упрощенном варианте путем решения обратной задачи прогнозирования в автоматизированном **SWOT-анализе** (реж.4.4.8) для каждого из целевых состояний и **объединяем** рекомендованные значения факторов в одну систему управляющих факторов [10].

Шаг 7-й. Оцениваем технологические и финансовые **возможности** применения на практике рекомендованных на шаге 6 значений факторов.

Шаг 8-й. Если такая возможность имеется для всех значений факторов, то принимаем их для реализации на практике и переходим на шаг 13 для проверки эффективности принятых решений, а иначе переходим на шаг 9.

Шаг 9-й. Если же такой возможности нет, то **исключаем** из системы значений факторов, рекомендованных на шаге 6, те из них, которые по каким-либо причинам нет возможности применить на практике (реж.4.1.1) и переходим на шаг 10.

Шаг 10-й. **Прогнозируем** результаты применения на практике сокращенной системы значений факторов в которой есть только те, которые есть реальная возможность применить на практике (реж.4.1.2).

Шаг 11-й. Сокращенная система значений факторов **приводит** к достижению целевых состояний? Если да, то выход из алгоритма принятия решений, а иначе переход на шаг 12.

Шаг 12-й. **Заменяем** рекомендованные на шаге 6, но удаленные на шаге 9 значения факторов другими, сходными по влиянию на объект управления, но которые есть возможность использовать (4.1.1). Эти значения факторов для замены выбираются с использованием когнитивного **кластерно-конструктивного анализа** значений факторов (4.3.2.3) или просто матрицы сходства (4.3.2.1) [16].

Шаг 13-й. **Прогнозирование** результатов применения на практике системы значений факторов, сформированной на предыдущих этапах (реж.4.1.2)

Шаг 14-й. Сформированная система значений факторов **приводит** к достижению целевых состояний? Если да – то выход из алгоритма принятия решений, а иначе переход на шаг 1.

Приведенный выше развитый алгоритм принятия решений может быть применен в адаптивных интеллектуальных системах управления на основе АСК-анализа и системы «Эйдос». Принципиальная схема подобной системы приведена на рисунке 21:

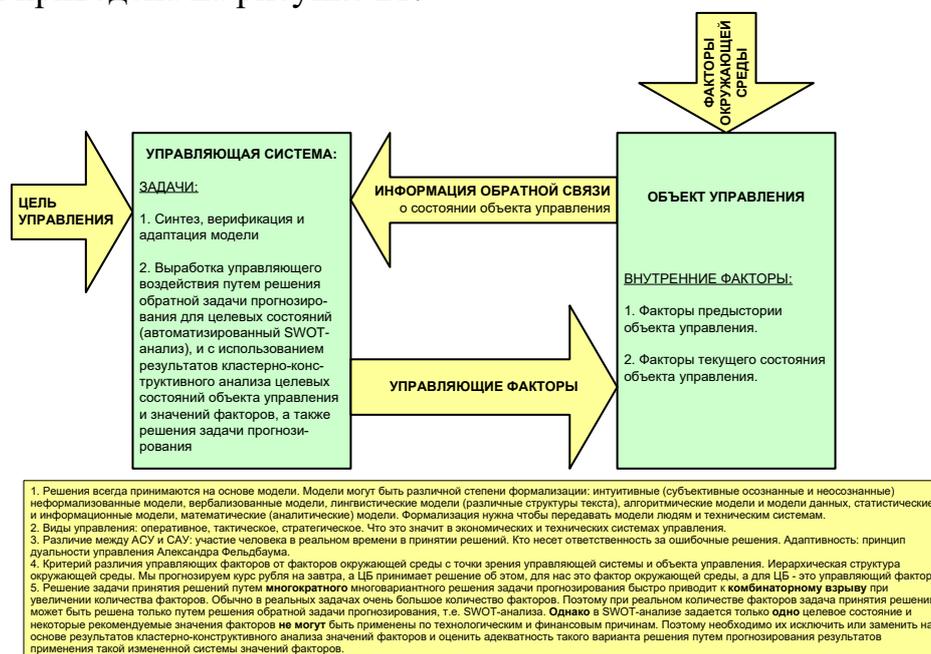


Рисунок 21. Принципиальная схема адаптивной интеллектуальной системы управления на основе АСК-анализа и системы «Эйдос»

Как мы видим в развитом алгоритме принятия решений широко используются результаты конкретного решения различных задач: и задачи прогнозирования, и некоторых задач исследования объекта моделирования путем исследования его модели. Необходимо особо отметить, что система «Эйдос» поддерживает решение всех этих задач, которые необходимо решать в развитом алгоритме принятия решений. Потому ниже кратко рассмотрим решение этих и некоторых других задач.

3.7.2.2. Конкретное решение задачи управления в данной работе в системе «Эйдос»

Необходимо отметить, что 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 (силу и направление влияния факторов). *Содержательное* объяснение конкретных механизмов этих эмпирических закономерностей формулируется уже экспертами на теоретическом уровне познания в содержательных научных законах [12, 17].

3.8. Задача-8. Исследование объекта моделирования путем исследования его модели

3.8.1. Инвертированные SWOT-диаграммы значений описательных шкал (семантические потенциалы)

3.8.1.1. Универсальная постановка задачи, не зависящая от предметной области

Инвертированные SWOT-диаграммы (предложены автором в работе [10]), отражают силу и направление влияния конкретной градации описательной шкалы на переход объекта моделирования в состояния, соответствующие градациям классификационных шкал (классы). Это и есть *смысл* (семантический потенциал) этой градации описательной шкалы. Инвертированные SWOT-диаграммы выводятся в режиме 4.4.9 системы «Эйдос».

3.8.1.2. Конкретное решение задачи в данной работе

Примеры инвертированных SWOT-диаграмм приведены на рисунках 22 для некоторых значений факторов:

4.4.9. Количественный автоматизированный SWOT-анализ значений факторов средствами АСК-анализа

Выбор значения фактора, оказывающего влияние на переход объекта управления в будущее состояние

Код	Наименование значения фактора	Редукция	N объектов (абс.)	N объектов (%)
1	[1] Longest shell measurement -> [1] 1/5-(0.0750000, 0.2230000)			
2	[1] Longest shell measurement -> [2] 2/5-(0.2230000, 0.3710000)			
3	[1] Longest shell measurement -> [3] 3/5-(0.3710000, 0.5190000)			
4	[1] Longest shell measurement -> [4] 4/5-(0.5190000, 0.6670000)			
5	[1] Longest shell measurement -> [5] 5/5-(0.6670000, 0.8150000)			
6	[2] Diameter -> [6] 1/5-(0.0550000, 0.1740000)			
7	[2] Diameter -> [7] 2/5-(0.1740000, 0.2930000)			
8	[2] Diameter -> [8] 3/5-(0.2930000, 0.4120000)			
9	[2] Diameter -> [9] 4/5-(0.4120000, 0.5310000)			
10	[2] Diameter -> [10] 5/5-(0.5310000, 0.6500000)			
11	[3] Height -> [11] 1/5-(0.0100000, 0.1110000)			
12	[3] Height -> [12] 2/5-(0.1110000, 0.2120000)			
13	[3] Height -> [13] 3/5-(0.2120000, 0.3130000)			
14	[3] Height -> [14] 4/5-(0.3130000, 0.4140000)			

SWOT-анализ значения фактора: 1 "LONGEST SHELL MEASUREMENT-1/5-(0.0750000, 0.2230000)" в модели: 7 "INF4-частный критерий: ROI (Return On Investment); вероятности из PRC1"

Специрует переходу в состояние (классы):

Код	Наименование класса	Сила влияния
4	[2] Number of shell rings: age: 45-1/5-(1.0000000, 6.0000000)	7.644
2	[1]-Gender: M = Male, F = Female, I = Infant-[2]-I	1.573

Претспует переходу в состояние (классы):

Код	Наименование класса	Сила влияния
5	[2]-Number of shell rings: age: [5]-2/5-(6.0000000, 12.0000000)	-8.983
3	[1]-Gender: M = Male, F = Female, I = Infant-[2]-M	-8.560

ВКЛЮЧИТЬ фильтр по кл. шкале

Помощь ABS PRC1 PRC2 INF1 INF2 INF3 INF4 INF5 INF6 INF7 Размер шрифта: 9 SWOT-диаграмма значения фактора SWOT-диаграммы всех факторов

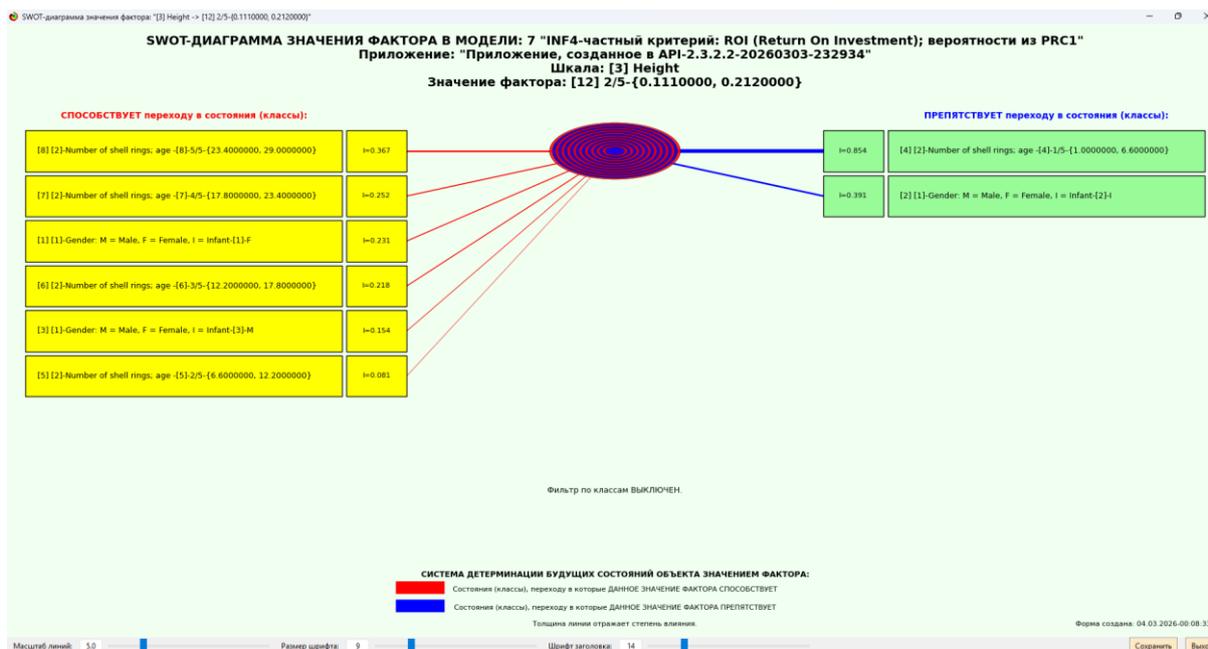


Рисунок 22. Пример инвертированной SWOT-диаграммы влияния значений факторов на переход объекта моделирования в будущие состояния, соответствующие классам

Приведенная на рисунке 22 инвертированная SWOT-диаграмма исчерпывающим образом отражает силу и направление влияния каждого значения каждого фактора на переход объекта моделирования в состояния, соответствующие различным классам.

3.8.2. Кластерно-конструктивный анализ классов

3.8.2.1. Универсальная постановка задачи, не зависящая от предметной области

В системе «Эйдос» (в режиме 4.2.2.1, рисунок 23) рассчитывается матрица сходства классов (таблица 14) по системе их детерминации и на основе этой матрицы рассчитывается и выводится три основных формы:

- круговая 2d-когнитивная диаграмма классов (режим 4.2.2.2) (рисунок 24);
- агломеративные дендрограммы, полученные в результате *когнитивной (истинной) кластеризации классов* (предложена автором в 2011 году в работе [16]) (режим 4.2.2.3) (рисунок 26);
- график изменения межкластерных расстояний (режим 4.2.2.3) (рисунок 25).

Эта матрица сходства (таблица 14) используются и при расчете некоторых других выходных форм.

3.8.2.2. Конкретное решение задачи в данной работе

На рисунке 23 представлены экранные формы режима 4.2.2.1, обеспечивающего расчет матрицы сходства классов по системе их детерминации, т.е. по обуславливающим их значениям факторов:

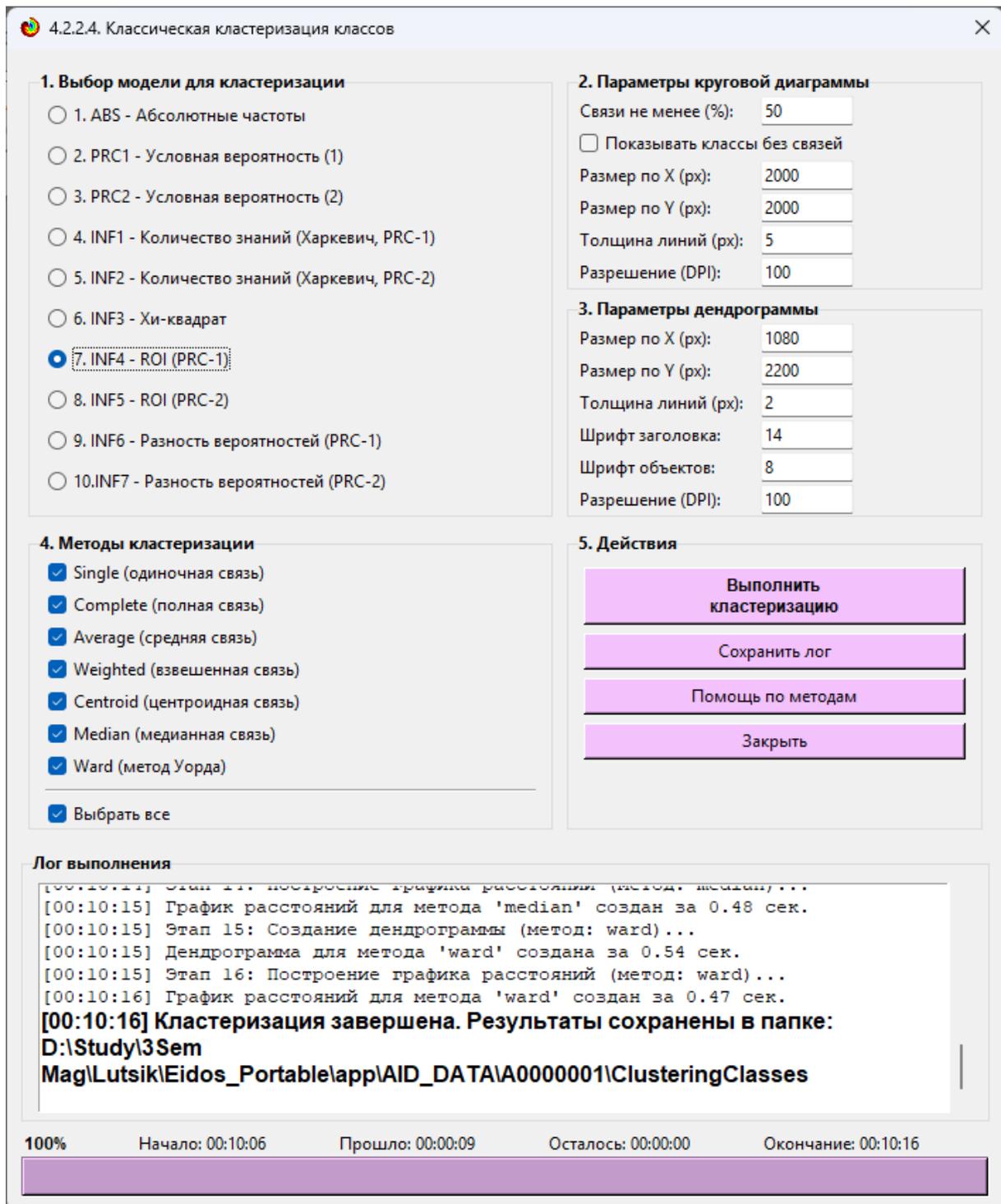


Рисунок 23. Экранная формы режима 4.2.2.1, обеспечивающего расчет матриц сходства классов

Таблица 14 – Матрица сходства классов в СК-модели INF4 (полностью)

	[1]-Gender: M = Male, F = Female, I = Infant-[1]-F	[1]-Gender: M = Male, F = Female, I = Infant-[2]-I	[1]-Gender: M = Male, F = Female, I = Infant-[3]-M	[2]-Number of shell rings; age -[4]-1/5-{1.0000000, 6.6000000}	[2]-Number of shell rings; age -[5]-2/5-{6.6000000, 12.2000000}	[2]-Number of shell rings; age -[6]-3/5-{12.2000000, 17.8000000}	[2]-Number of shell rings; age -[7]-4/5-{17.8000000, 23.4000000}	[2]-Number of shell rings; age -[8]-5/5-{23.4000000, 29.0000000}
[1]-Gender: M = Male, F = Female, I = Infant-[1]-F	1	-0,70329	0,334559	-0,44294	0,135695	0,813448	0,577096	0,39549
[1]-Gender: M = Male, F = Female, I = Infant-[2]-I	-0,70329	1	-0,564	0,809135	-0,57863	-0,43908	-0,19771	-0,32185
[1]-Gender: M = Male, F = Female, I = Infant-[3]-M	0,334559	-0,564	1	-0,51634	0,526765	0,329933	0,025907	0,121861
[2]-Number of shell rings; age -[4]-1/5-{1.0000000, 6.6000000}	-0,44294	0,809135	-0,51634	1	-0,8238	-0,34382	-0,14456	-0,15346
[2]-Number of shell rings; age -[5]-2/5-{6.6000000, 12.2000000}	0,135695	-0,57863	0,526765	-0,8238	1	-0,07331	-0,05341	0,015717
[2]-Number of shell rings; age -[6]-3/5-{12.2000000, 17.8000000}	0,813448	-0,43908	0,329933	-0,34382	-0,07331	1	0,669253	0,153414
[2]-Number of shell rings; age -[7]-4/5-{17.8000000, 23.4000000}	0,577096	-0,19771	0,025907	-0,14456	-0,05341	0,669253	1	0,167607
[2]-Number of shell rings; age -[8]-5/5-{23.4000000, 29.0000000}	0,39549	-0,32185	0,121861	-0,15346	0,015717	0,153414	0,167607	1

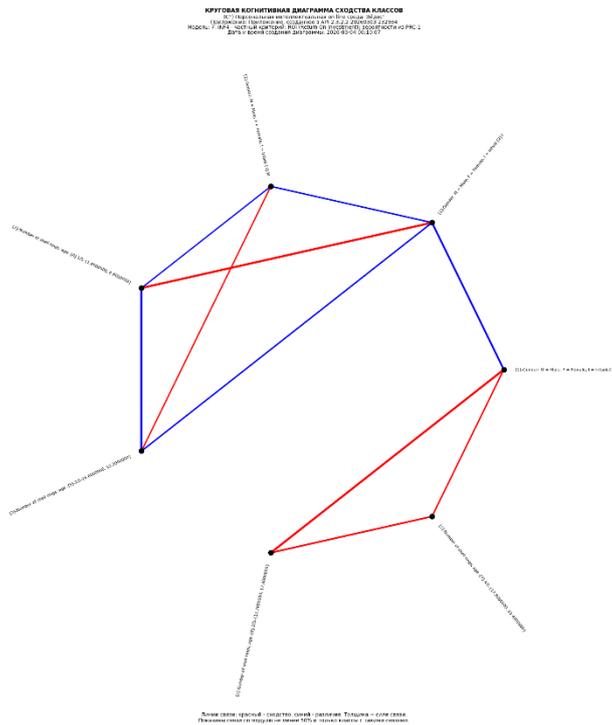


Рисунок 24. Круговая 2d-когнитивная диаграмма классов (режим 4.2.2.2)

ЗАВИСИМОСТЬ МЕЖКЛАСТЕРНЫХ РАССТОЯНИЙ ОТ УРОВНЯ ИЕРАРХИИ (КЛАССЫ)

Приложение: Приложение, созданное в API-2.3.2.2-20260303-232934
Модель: 7. INF4 - частный критерий: ROI (Return On Investment); вероятности из PRC-1
Метод кластеризации: average

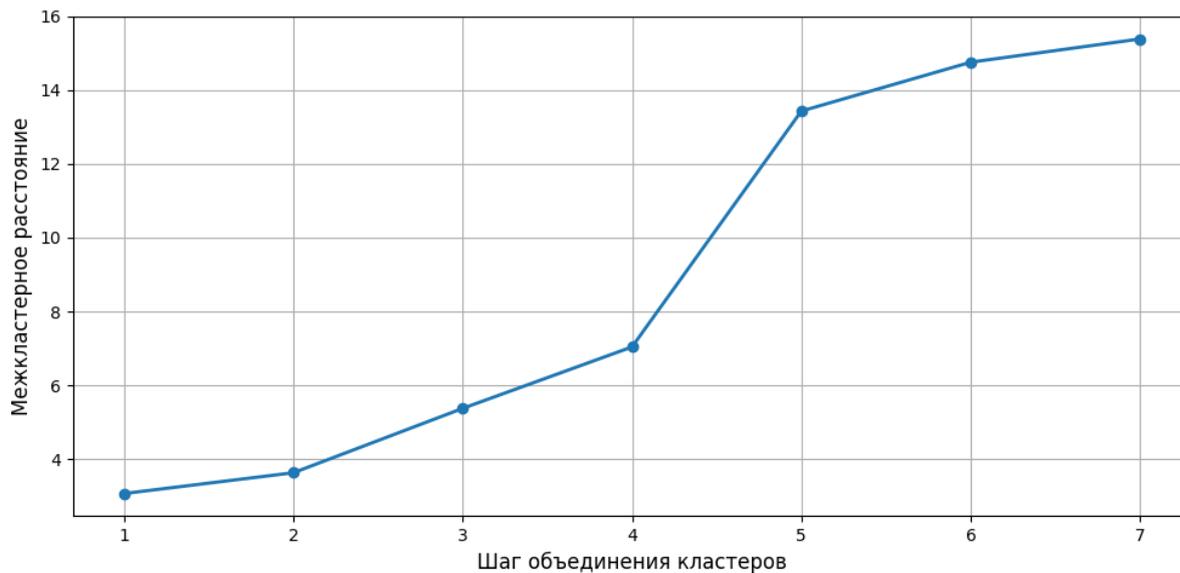


Рисунок 25. График изменения межкластерных расстояний (режим 4.2.2.3)

ДЕНДРОГРАММА АГЛОМЕРАТИВНОЙ КЛАСТЕРИЗАЦИИ КЛАССОВ
 (С^o) Персональная интеллектуальная on-line среда "Эйдос"
 Приложение: Приложение, созданное в API-2.3.2.2-20260303-232934
 Модель: 7. INF4 - частный критерий: ROI (Return On Investment); вероятности из PRC-1
 Метод кластеризации: ward
 Дата и время создания: 2026-03-04 00:10:15

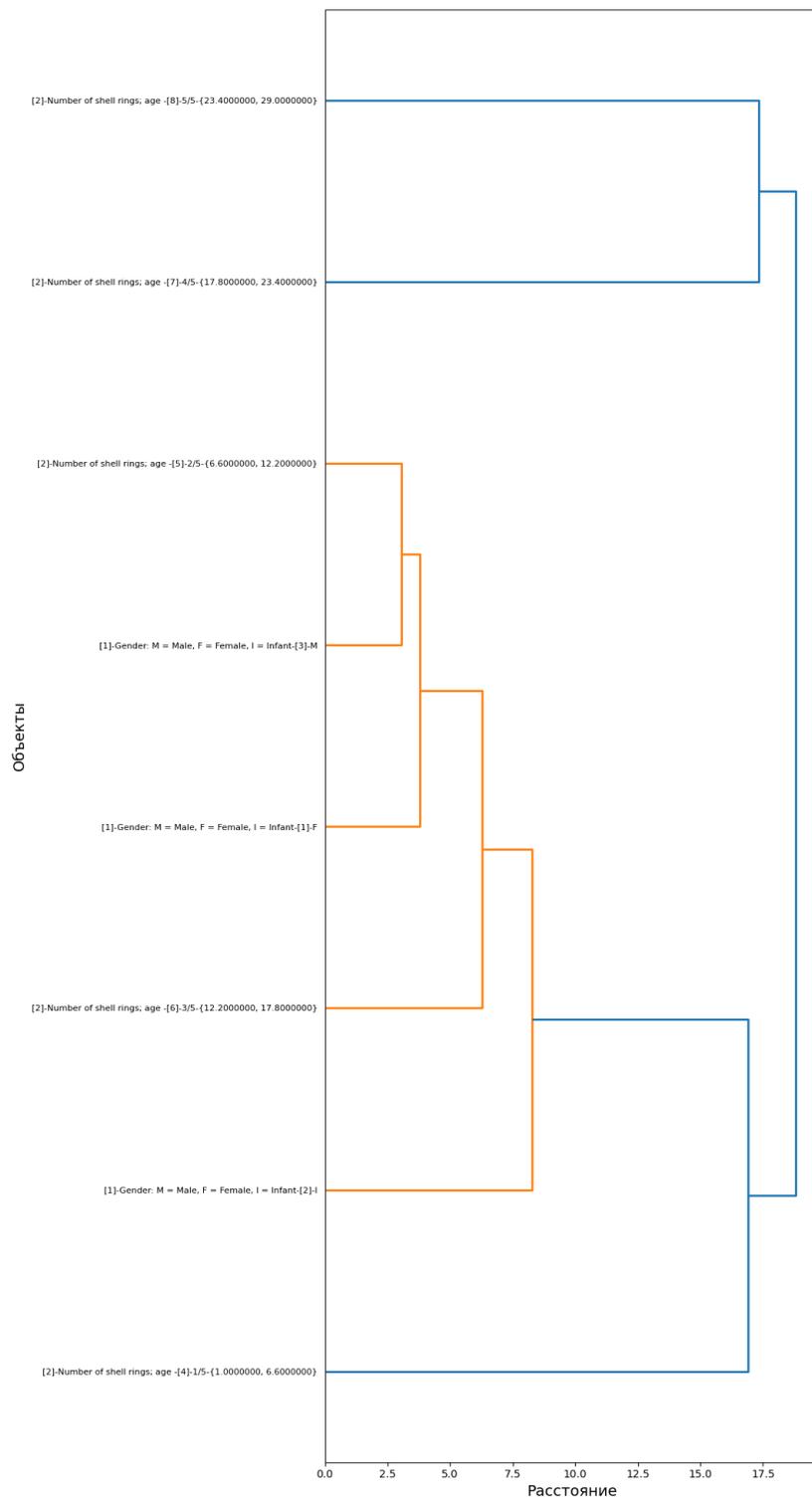


Рисунок 26. Агломеративная дендрограмма, полученная в результате когнитивной (истинной) кластеризации классов (режим 4.2.2.3)

3.8.3. Кластерно-конструктивный анализ значений описательных шкал

3.8.3.1. Универсальная постановка задачи, не зависящая от предметной области

В системе «Эйдос» (в режиме 4.3.2.1, рисунок 27) рассчитывается матрица сходства признаков (таблица 15) по их смыслу и на основе этой матрицы рассчитывается и выводится четыре основных формы:

– круговая 2d-когнитивная диаграмма признаков (режим 4.3.2.2) рисунок 28);

– агломеративные дендрограммы, полученные в результате *когнитивной (истинной) кластеризации признаков* (предложена автором в 2011 году в работе [16]) (режим 4.3.2.3) рисунок 29);

– график изменения межкластерных расстояний (режим 4.3.2.3) рисунок 30).

Эта матрица сходства (таблица 15) используются и при расчете некоторых других выходных форм.

3.8.3.2. Конкретное решение задачи в данной работе

На рисунке 27 представлены экранные формы режима 4.3.2.1, обеспечивающего расчет матрицы сходства значений факторов по силе и направлению их влияния на переход объекта моделирования в различные будущие состояния, соответствующие классам:

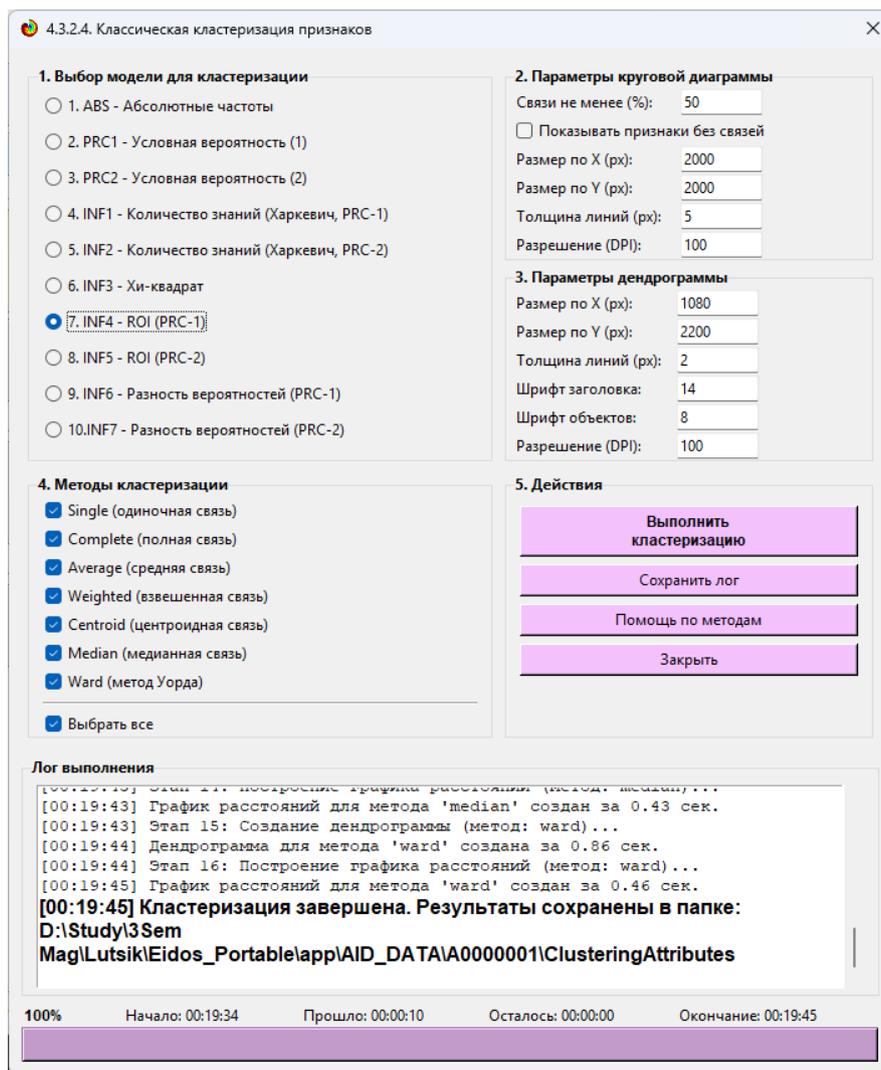
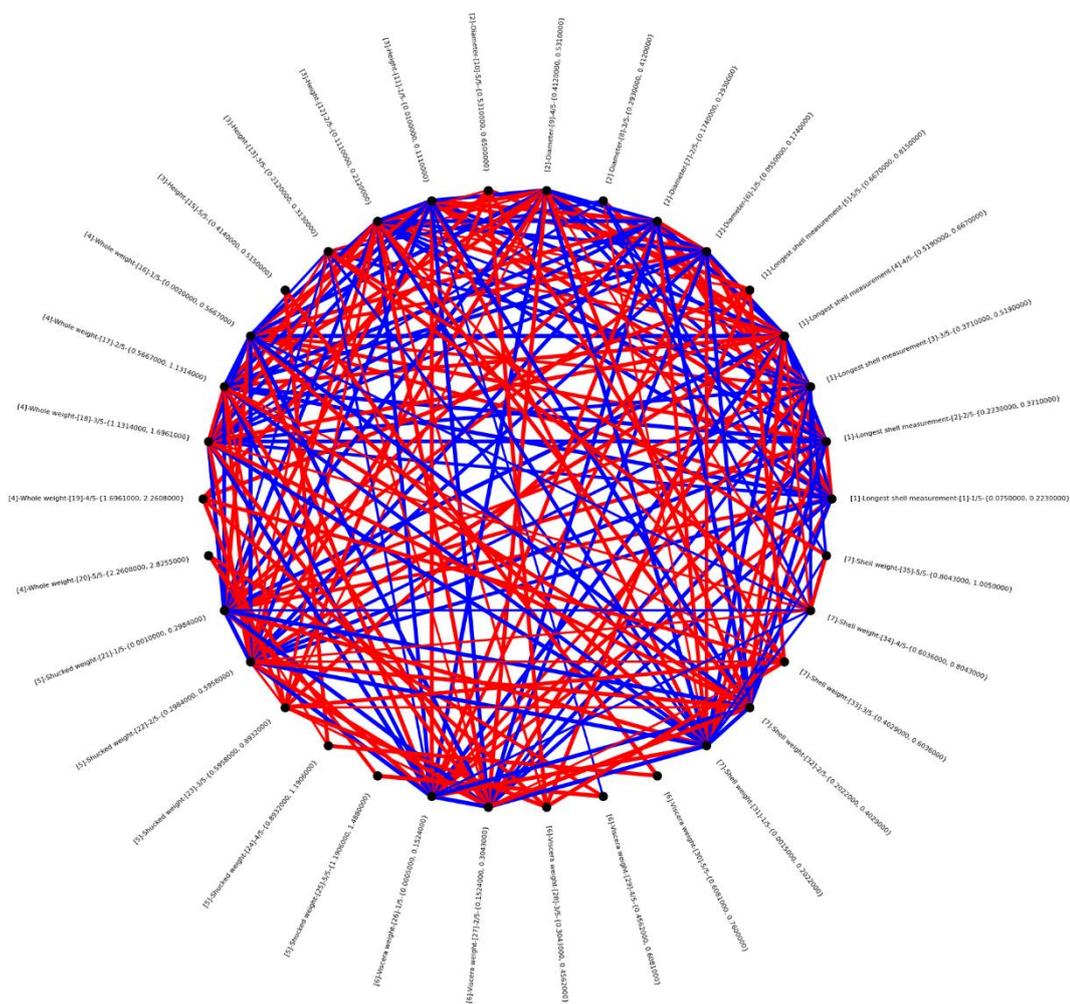


Рисунок 27. Экранная формы режима 4.3.2.1, обеспечивающего расчет матриц сходства значений факторов

Таблица 15 – Матрица сходства значений факторов в СК-модели INF4 (фрагмент)

код_пр	[1]-Longest shell measurement: [1]-1/5-{0.0750000, 0.2230000}	[1]-Longest shell measurement: [2]-2/5-{0.2230000, 0.3710000}	[1]-Longest shell measurement: [3]-3/5-{0.3710000, 0.5190000}	[1]-Longest shell measurement: [4]-4/5-{0.5190000, 0.6670000}	[1]-Longest shell measurement: [5]-5/5-{0.6670000, 0.8150000}	[2]-Diameter: [6]-1/5-{0.0550000, 0.1740000}	[2]-Diameter: [7]-2/5-{0.1740000, 0.2930000}	[2]-Diameter: [8]-3/5-{0.2930000, 0.4120000}	[2]-Diameter: [9]-4/5-{0.4120000, 0.5310000}	[2]-Diameter: [10]-5/5-{0.5310000, 0.6500000}	[3]-Height: [11]-1/5-{0.0100000, 0.1110000}	[3]-Height: [12]-2/5-{0.1110000, 0.2120000}	[3]-Height: [13]-3/5-{0.2120000, 0.3130000}
[1]-Longest shell measurement- [1]-1/5-{0.0750000, 0.2230000}	1	0,943542	0,311158	-0,8722	-0,22634	0,999963	0,935438	-0,08071	-0,86325	-0,23153	0,913116	-0,90435	-0,23678
[1]-Longest shell measurement- [2]-2/5-{0.2230000, 0.3710000}	0,943542	1	0,475726	-0,93119	-0,23619	0,94277	0,999339	0,095804	-0,91783	-0,22346	0,993581	-0,9328	-0,3418
[1]-Longest shell measurement- [3]-3/5-{0.3710000, 0.5190000}	0,311158	0,475726	1	-0,72607	-0,20944	0,306703	0,497633	0,917016	-0,74344	-0,11921	0,544244	-0,56732	-0,74261
[1]-Longest shell measurement- [4]-4/5-{0.5190000, 0.6670000}	-0,8722	-0,93119	-0,72607	1	0,242412	-0,8705	-0,93524	-0,39588	0,994349	0,212902	-0,94017	0,933784	0,58602
[1]-Longest shell measurement- [5]-5/5-{0.6670000, 0.8150000}	-0,22634	-0,23619	-0,20944	0,242412	1	-0,22581	-0,24048	-0,1459	0,301627	0,979538	-0,25085	0,524125	-0,01796
[2]-Diameter: [6]-1/5-{0.0550000, 0.1740000}	0,999963	0,94277	0,306703	-0,8705	-0,22581	1	0,93439	-0,08559	-0,86112	-0,23232	0,911494	-0,90332	-0,2366
[2]-Diameter: [7]-2/5-{0.1740000, 0.2930000}	0,935438	0,999339	0,497633	-0,93524	-0,24048	0,93439	1	0,12172	-0,92304	-0,22297	0,996999	-0,93351	-0,34974
[2]-Diameter: [8]-3/5-{0.2930000, 0.4120000}	-0,08071	0,095804	0,917016	-0,39588	-0,1459	-0,08559	0,12172	1	-0,4268	-0,03818	0,179887	-0,22474	-0,63377
[2]-Diameter: [9]-4/5-{0.4120000, 0.5310000}	-0,86325	-0,91783	-0,74344	0,994349	0,301627	-0,86112	-0,92304	-0,4268	1	0,257468	-0,93143	0,945381	0,541209
[2]-Diameter: [10]-5/5-{0.5310000, 0.6500000}	-0,23153	-0,22346	-0,11921	0,212902	0,979538	-0,23232	-0,22297	-0,03818	0,257468	1	-0,22191	0,503082	0,02509
[3]-Height: [11]-1/5-{0.0100000, 0.1110000}	0,913116	0,993581	0,544244	-0,94017	-0,25085	0,911494	0,996999	0,179887	-0,93143	-0,22191	1	-0,93192	-0,36086
[3]-Height: [12]-2/5-{0.1110000, 0.2120000}	-0,90435	-0,9328	-0,56732	0,933784	0,524125	-0,90332	-0,93351	-0,22474	0,945381	0,503082	-0,93192	1	0,38369
[3]-Height: [13]-3/5-{0.2120000, 0.3130000}	-0,23678	-0,3418	-0,74261	0,58602	-0,01796	-0,2366	-0,34974	-0,63377	0,541209	0,02509	-0,36086	0,38369	1

КРУГОВАЯ КОГНИТИВНАЯ ДИАГРАММА СХОДСТВА ПРИЗНАКОВ
 (С) Персональная интеллектуальная система «Эксперт»
 Приложение: Приложение, созданное в AR2.3.2.7-20200303-232934
 Модель: 7_INF4 - частный критерий ROI (Return On Investment): вероятности из РРС-1
 Дата и время создания диаграммы: 2026-03-04 00:19:35



Линии связи: красный - сходство, синий - различие. Толщина - сила связи.
 Показаны связи по модулю не менее 50% и только признаки с такими связями.

Рисунок 28. Круговая 2d-когнитивная диаграмма значений факторов в СК-модели INF4 (режим 4.3.2.2)

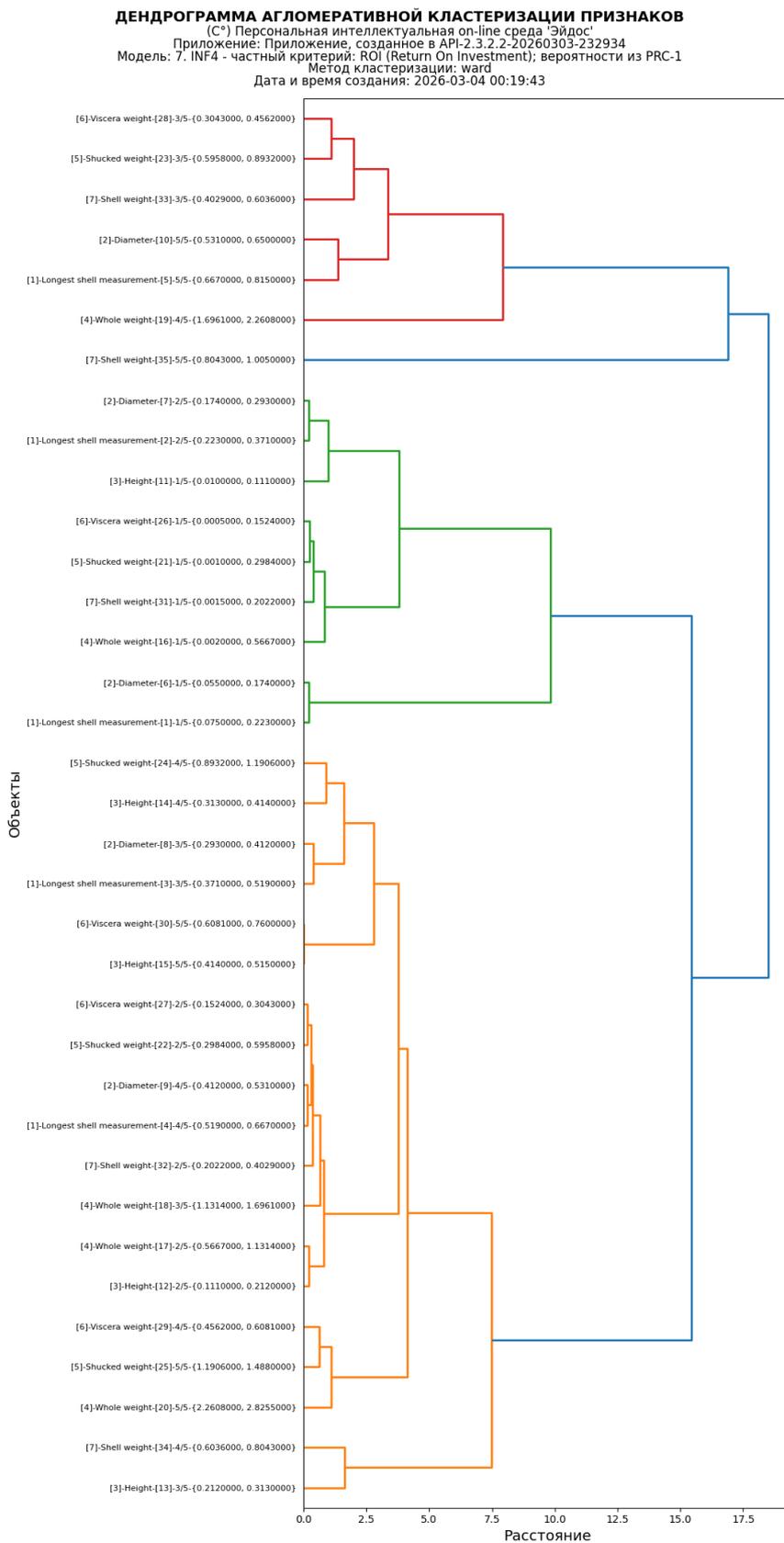


Рисунок 29. Агломеративная дендрограмма, полученная в результате когнитивной (истинной) кластеризации признаков (режим 4.3.2.3)

ЗАВИСИМОСТЬ МЕЖКЛАСТЕРНЫХ РАССТОЯНИЙ ОТ УРОВНЯ ИЕРАРХИИ (ПРИЗНАКИ)

Приложение: Приложение, созданное в API-2.3.2.2-20260303-232934
 Модель: 7. INF4 - частный критерий: ROI (Return On Investment); вероятности из PRC-1
 Метод кластеризации: average

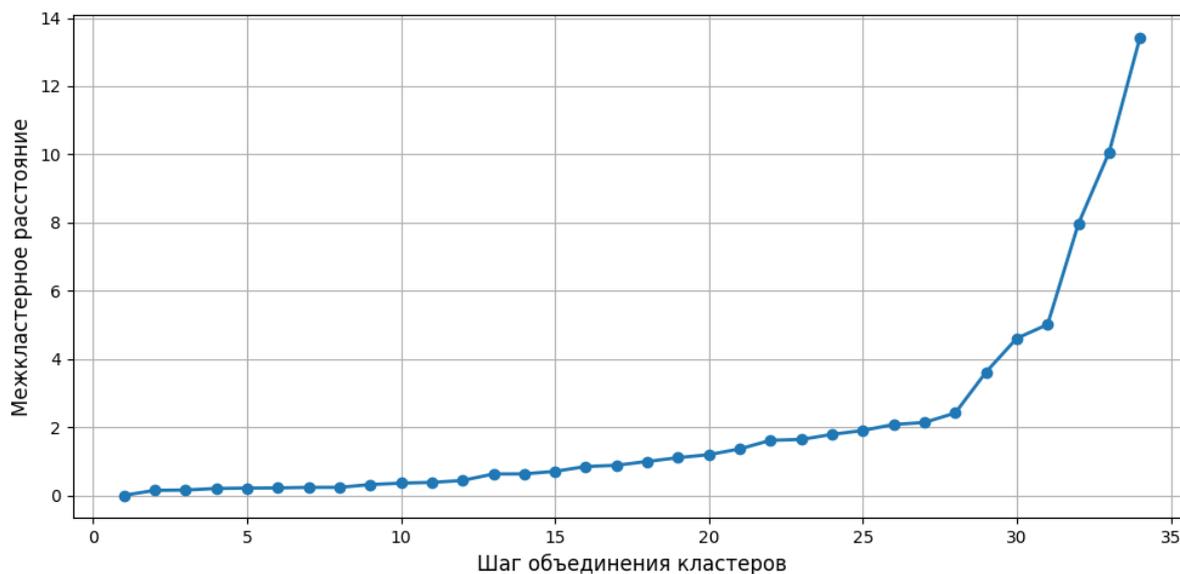


Рисунок 30. График изменения межкластерных расстояний (режим 4.3.2.3)

3.8.4. Модель знаний системы «Эйдос» и нелокальные нейроны

3.8.4.1. Универсальная постановка задачи, не зависящая от предметной области

Модель знаний системы «Эйдос» относится к нечетким декларативным гибридным моделям и объединяет в себе некоторые положительные 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. Это является очень важным свойством моделей системы «Эйдос», существенно облегчающим и упрощающим программную реализацию и быстродействие системы.

От нейросетевой модели представления знаний модель системы «Эйдос» отличается тем, что [18]:

1) весовые коэффициенты на рецепторах не подбираются итерационным методом обратного распространения ошибки, а

рассчитываются методом прямого счета 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».

В системе «Эйдос» нелокальные нейроны визуализируются (режим 4.4.10 системы «Эйдос») в виде специальных графических форм, на которых сила и направление влияния рецепторов нейрона на степень его активации/торможения, которые отображаются соответственно в форме цвета и толщины дендрита (рисунок 31). В форме управления визуализацией есть возможность задавать фильтры по факторам, которые надо визуализировать.

3.8.4.2. Конкретное решение задачи в данной работе

4.4.10. Графическое отображение нелокальных нейронов в системе «Эйдос»

Выбор нелокального нейрона (класса) для визуализации

Код	Наименование нелокального нейрона (класса)
1	[1]-GENDER: M = MALE, F = FEMALE, I = INFANT-[1]-f
2	[1]-GENDER: M = MALE, F = FEMALE, I = INFANT-[2]-i
3	[1]-GENDER: M = MALE, F = FEMALE, I = INFANT-[3]-m
4	[2]-NUMBER OF SHELL RINGS; AGE -[4]-1/5-(1.0000000, 6.6000000)
5	[2]-NUMBER OF SHELL RINGS; AGE -[5]-2/5-(6.6000000, 12.2000000)
6	[2]-NUMBER OF SHELL RINGS; AGE -[6]-3/5-(12.2000000, 17.8000000)
7	[2]-NUMBER OF SHELL RINGS; AGE -[7]-4/5-(17.8000000, 23.4000000)
8	[2]-NUMBER OF SHELL RINGS; AGE -[8]-5/5-(23.4000000, 29.0000000)

Подготовка визуализации нейрона: 1 "[1]-GENDER: M = MALE, F = FEMALE, I = INFANT-[1]-f" в модели: 7 "INF4"

АКТИВИРУЮЩИЕ рецепторы и сила их влияния

Код	Наименование описательной шкалы и градации	Сила
35	[7] Shell weight -> [35] 5/5-(0.8043000, 1.0050000)	1.4496
25	[5] Shucked weight -> [25] 5/5-(1.1906000, 1.4880000)	0.9597
29	[6] Viscera weight -> [29] 4/5-(0.4562000, 0.6081000)	0.8663
10	[2] Diameter -> [10] 5/5-(0.5310000, 0.6500000)	0.7975
5	[1] Longest shell measurement -> [5] 5/5-(0.6670000, 0.8150000)	0.7127
33	[7] Shell weight -> [33] 3/5-(0.4029000, 0.6036000)	0.7027
23	[5] Shucked weight -> [23] 3/5-(0.5958000, 0.8932000)	0.6399
28	[6] Viscera weight -> [28] 3/5-(0.3043000, 0.4562000)	0.6331
19	[4] Whole weight -> [19] 4/5-(1.6961000, 2.2608000)	0.5792
18	[4] Whole weight -> [18] 3/5-(1.1314000, 1.6961000)	0.5421
13	[3] Height -> [13] 3/5-(0.2120000, 0.3130000)	0.3790

ТОРМОЗЯЩЕЕ рецепторы и сила их влияния

Код	Наименование описательной шкалы и градации	Сила
2	[1] Longest shell measurement -> [2] 2/5-(0.2230000, 0.3710000)	-0.8580
7	[2] Diameter -> [7] 2/5-(0.1740000, 0.2930000)	-0.8287
11	[3] Height -> [11] 1/5-(0.0100000, 0.1110000)	-0.7200
16	[4] Whole weight -> [16] 1/5-(0.0020000, 0.5667000)	-0.5756
31	[7] Shell weight -> [31] 1/5-(0.0015000, 0.2022000)	-0.4949
26	[6] Viscera weight -> [26] 1/5-(0.0005000, 0.1524000)	-0.4600
21	[5] Shucked weight -> [21] 1/5-(0.0010000, 0.2984000)	-0.4119
3	[1] Longest shell measurement -> [3] 3/5-(0.3710000, 0.5190000)	-0.2621
8	[2] Diameter -> [8] 3/5-(0.2930000, 0.4120000)	-0.2236

ВКЛЮЧИТЬ фильтр по фактору

ВКЛЮЧИТЬ фильтр по фактору

ВКЛЮЧИТЬ фильтр по фактору

ВКЛЮЧИТЬ фильтр по фактору

Помощь ABS PRC1 PRC2 INF1 INF2 INF3 **INF4** INF5 INF6 INF7

СТАРТ Максимальное количество отображаемых рецепторов: 999 Минимальный вес. коэфф. отображаемых рецепторов: 0.000 ОДИН НЕЙРОН

Сортировать рецепторы: по информативности по модулю информативности

Отображать рецепторы: с наименованиями только с кодами

Размер изображения: по оси X: 1920 по оси Y: 1080

Размер шрифта графической формы: Заголовок: 14 Рецепторы: 6 Легенда: 6

Размер шрифта в таблицах данной формы: 9

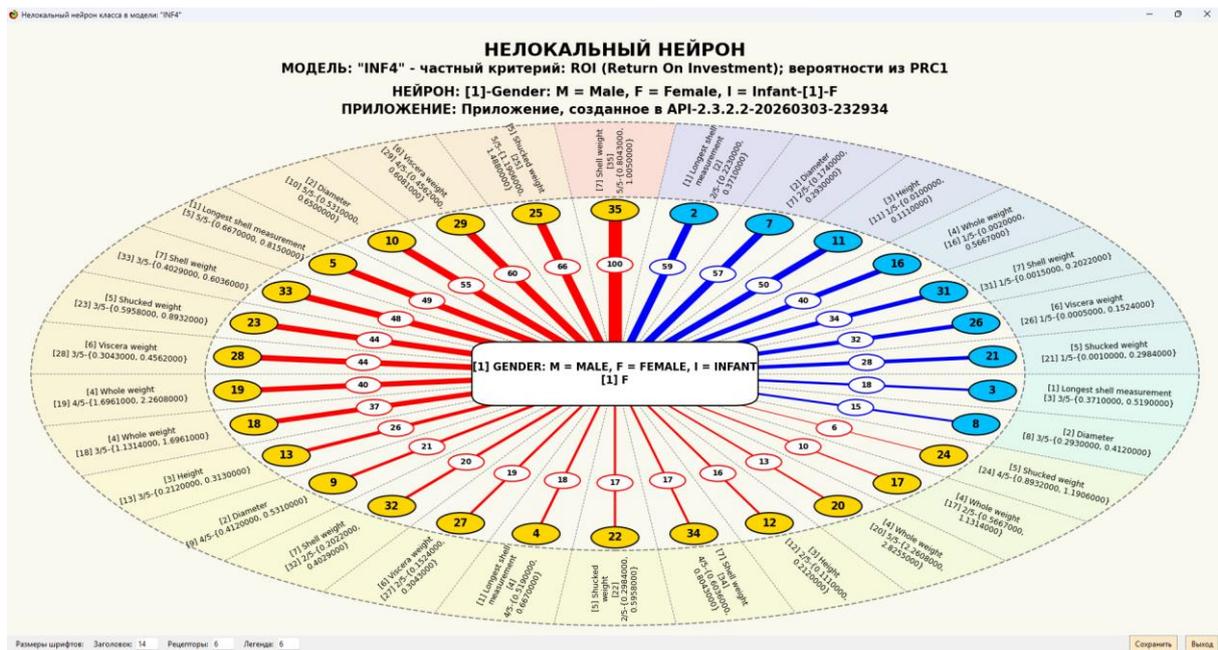


Рисунок 31. Пример нелокального нейрона, соответствующего классу

3.8.5. Нелокальная нейронная сеть

3.8.5.1. Универсальная постановка задачи, не зависящая от предметной области

В системе «Эйдос» есть возможность построения моделей, соответствующих многослойным нейронным сетям [18].

Есть также возможность визуализации любого одного слоя нелокальной нейронной сети (режим 4.4.11 системы «Эйдос»).

Такой слой в наглядной форме отражает силу и направление влияния рецепторов ряда нейрона на степень их активации/торможения в форме цвета и толщины дендритов.

Нейроны на изображении слоя нейронной сети расположены слева направо в порядке убывания модуля суммарной силы их детерминации рецепторами, т.е. слева находятся результаты, наиболее жестко обусловленные действующими на них значениями факторов, а справа – менее жестко обусловленные (рисунок 32). В форме управления визуализацией есть возможность задавать фильтры по факторам, которые надо визуализировать.

3.8.5.2. Конкретное решение задачи в данной работе

На рисунке 32 мы видим, что наиболее сильно детерминированы значениями факторов класса количества колец, возраста, затем по степени детерминированности идет полный вес раковины, а высота раковины наиболее слабо обусловлена значениями факторов, действующими на объект моделирования.

4.4.11. Отображение Парето-подмножества нелокальной нейронной сети в системе «Эйдос»

Выбор нелокальных нейронов (классов) для визуализации в нейросети

Код	Наименование нелокального нейрона (класса)
1	[1]-GENDER: M = MALE, F = FEMALE, I = INFANT-[1]-f
2	[1]-GENDER: M = MALE, F = FEMALE, I = INFANT-[2]-i
3	[1]-GENDER: M = MALE, F = FEMALE, I = INFANT-[3]-m
4	[2]-NUMBER OF SHELL RINGS; AGE -[4]-1/5-(1.0000000, 6.6000000)
5	[2]-NUMBER OF SHELL RINGS; AGE -[5]-2/5-(6.6000000, 12.2000000)
6	[2]-NUMBER OF SHELL RINGS; AGE -[6]-3/5-(12.2000000, 17.8000000)
7	[2]-NUMBER OF SHELL RINGS; AGE -[7]-4/5-(17.8000000, 23.4000000)
8	[2]-NUMBER OF SHELL RINGS; AGE -[8]-5/5-(23.4000000, 29.0000000)

Подготовка визуализации нейрона: 1 "[1]-GENDER: M = MALE, F = FEMALE, I = INFANT-[1]-f" в модели: "INF4"

АКТИВИРУЮЩИЕ рецепторы и сила их влияния

Код	Наименование фактора и его значения	Сила влияния
35	[7] Shell weight -> [35] 5/5-(0.8043000, 1.0050000)	1.4496
25	[5] Shucked weight -> [25] 5/5-(1.1906000, 1.4880000)	0.9597
29	[6] Viscera weight -> [29] 4/5-(0.4562000, 0.6081000)	0.8663
10	[2] Diameter -> [10] 5/5-(0.5310000, 0.6500000)	0.7975
5	[1] Longest shell measurement -> [5] 5/5-(0.6670000, 0.8150000)	0.7127
33	[7] Shell weight -> [33] 3/5-(0.4029000, 0.6036000)	0.7027
23	[5] Shucked weight -> [23] 3/5-(0.5958000, 0.8932000)	0.6399
28	[6] Viscera weight -> [28] 3/5-(0.3043000, 0.4562000)	0.6331
19	[4] Whole weight -> [19] 4/5-(1.6961000, 2.2608000)	0.5792
18	[4] Whole weight -> [18] 3/5-(1.1314000, 1.6961000)	0.5421
13	[3] Height -> [13] 3/5-(0.2120000, 0.3130000)	0.3790
9	[2] Diameter -> [9] 4/5-(0.4120000, 0.5310000)	0.3029

ТОРМОЗЯЩИЕ рецепторы и сила их влияния

Код	Наименование фактора и его значения	Сила влияния
2	[1] Longest shell measurement -> [2] 2/5-(0.2230000, 0.3710000)	-0.8590
7	[2] Diameter -> [7] 2/5-(0.1740000, 0.2930000)	-0.8287
11	[3] Height -> [11] 1/5-(0.0100000, 0.1110000)	-0.7200
16	[4] Whole weight -> [16] 1/5-(0.0020000, 0.5667000)	-0.5756
31	[7] Shell weight -> [31] 1/5-(0.0015000, 0.2022000)	-0.4949
26	[6] Viscera weight -> [26] 1/5-(0.0005000, 0.1524000)	-0.4600
21	[5] Shucked weight -> [21] 1/5-(0.0010000, 0.2984000)	-0.4119
3	[1] Longest shell measurement -> [3] 3/5-(0.3710000, 0.5190000)	-0.2621
8	[2] Diameter -> [8] 3/5-(0.2930000, 0.4120000)	-0.2236

Параметры визуализации нейросети:

MAX нейронов: 16 Диапазон кодов нейронов: 1 8
 MAX рецепторов: 16 Диапазон кодов рецепторов: 1 35
 MAX связей: 1000 Интенсивность >= % от макс.: 0.0

Размер шрифта графической формы: Заголовок: 14 Узлы: 8 Легенда: 7
 Размер шрифта в таблицах данной формы: 9

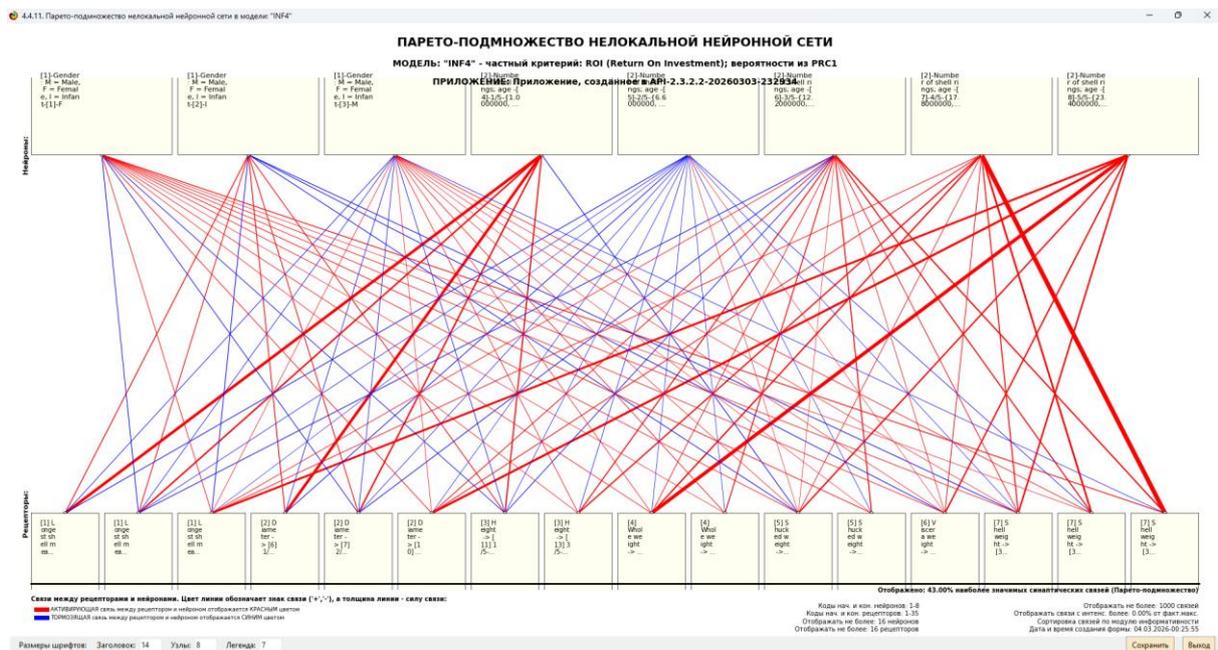


Рисунок 32. Нейронная сеть в СК-модели INF4

3.8.6. 3D-интегральные когнитивные карты

3.8.6.1. Универсальная постановка задачи, не зависящая от предметной области

3d-интегральная когнитивная карта является отображением на одном рисунке когнитивной диаграммы классов (рисунок 24) вверху и когнитивной диаграммы значений факторов (рисунок 28) внизу и соединяющего их одного слоя нейронной сети (рисунок 32) (режим 4.4.12 системы «Эйдос») (рисунок 33).

3.8.7. 2D-интегральные когнитивные карты содержательного сравнения классов (опосредованные нечеткие правдоподобные рассуждения)

3.8.7.1. Универсальная постановка задачи, не зависящая от предметной области

В 2d-когнитивных диаграммах сравнения классов по системе их детерминации видно, насколько сходны или насколько отличаются друг от друга классы по значениям обуславливающих их факторов.

Однако мы не видим из этой диаграммы, чем именно конкретно сходны и чем именно отличаются эти классы по значениям обуславливающих их факторов.

Это мы можем увидеть из когнитивной диаграммы содержательного сравнения классов, которая отображается в режиме 4.2.3 системы «Эйдос».

2D-интегральные когнитивные карты содержательного сравнения классов являются примерами опосредованных нечетких правдоподобных логических заключений, о которых может быть одним из первых писал Дьердь Пойа [19, 20]. Впервые об автоматизированной реализации рассуждений подобного типа в интеллектуальной системе «Эйдос» написано в 2002 году в работе [2] на странице 521¹¹. Позже об этом писалось в работе [3]¹² и ряде других работ автора, поэтому здесь подробнее рассматривать этот вопрос нецелесообразно.

Пример опосредованных правдоподобных рассуждений.

Допустим нам известно, что один человек имеет голубые глаза, а другой черные волосы. Спрашивается, эти признаки вносят вклад в сходство или в различие этих двух людей? В АСК-анализе и системе «Эйдос» этот вопрос решается так. В модели на основе кластерно-конструктивного анализа классов и значений факторов (признаков) известно, насколько те или иные признаки сходны или отличаются по их влиянию на объект моделирования. Поэтому понятно, что человек с голубыми глазами вероятнее всего блондин, а брюнет, скорее всего, имеет темные глаза. Так что понятно, что эти признаки вносят вклад в различие этих двух людей.

3.8.7.2. Конкретное решение задачи в данной работе

Примеры экранной формы управления и нескольких 2d-интегральных когнитивных карт содержательного сравнения классов по их системе детерминации приведены ниже на рисунках 34. Всего системой в данной модели генерируется 9 форм содержательного сравнения классов. Так как каждый из 3 классов сравнивается со всеми остальными, в т.ч. с собой, то всего получается $3^2=9$ подобных диаграмм. На рисунках 34 приводятся некоторые из этих диаграмм. Пользователь при желании всегда

¹¹ https://www.elibrary.ru/download/elibrary_18632909_64818704.pdf, Таблица 7. 17, стр. 521

¹² <http://ej.kubagro.ru/2013/07/pdf/15.pdf>, стр.44.

может скачать и установить систему «Эйдос» с сайта разработчика: <http://lc.kubagro.ru/aidos/Aidos-X.htm>, а затем в диспетчере приложений (режим 1.3) скачать и установить интеллектуальное облачное Эйдос-приложение №393 и получить в нем все выходные формы, как это описано в данной статье.

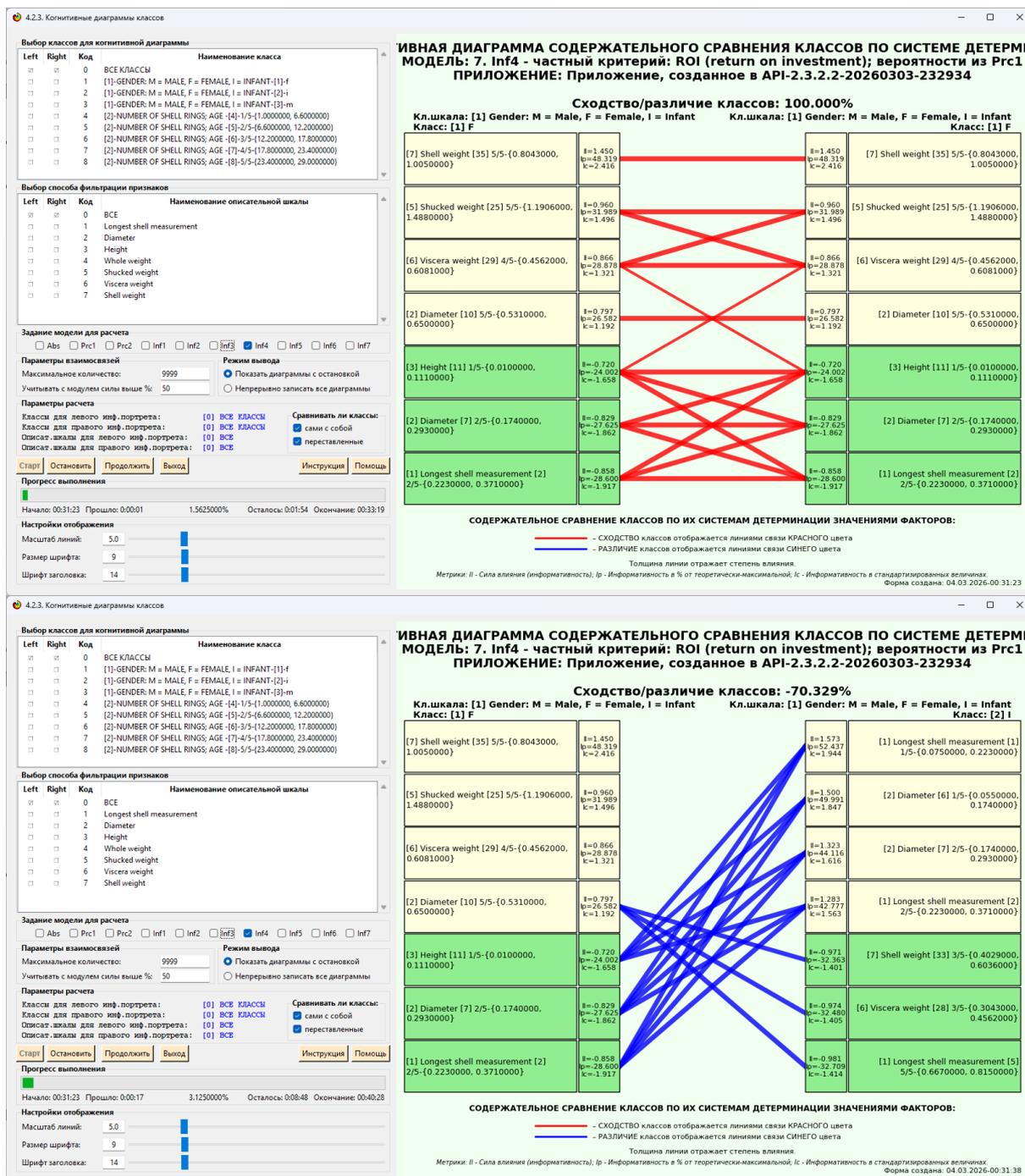


Рисунок 33. Примеры 2d-интегральных когнитивных карт содержательного сравнения классов по их системе детерминации в СК-модели INF4

3.8.8. 2D-интегральные когнитивные карты содержательного сравнения значений факторов (опосредованные нечеткие правдоподобные рассуждения)

3.8.8.1. Универсальная постановка задачи, не зависящая от предметной области

Из 2d-когнитивных диаграммах сравнения значений факторов по их влиянию на объект моделирования, т.е. на его переходы в состояния, соответствующие классам вполне понятно, насколько сходны или отличаются любые два значения факторов по их смыслу.

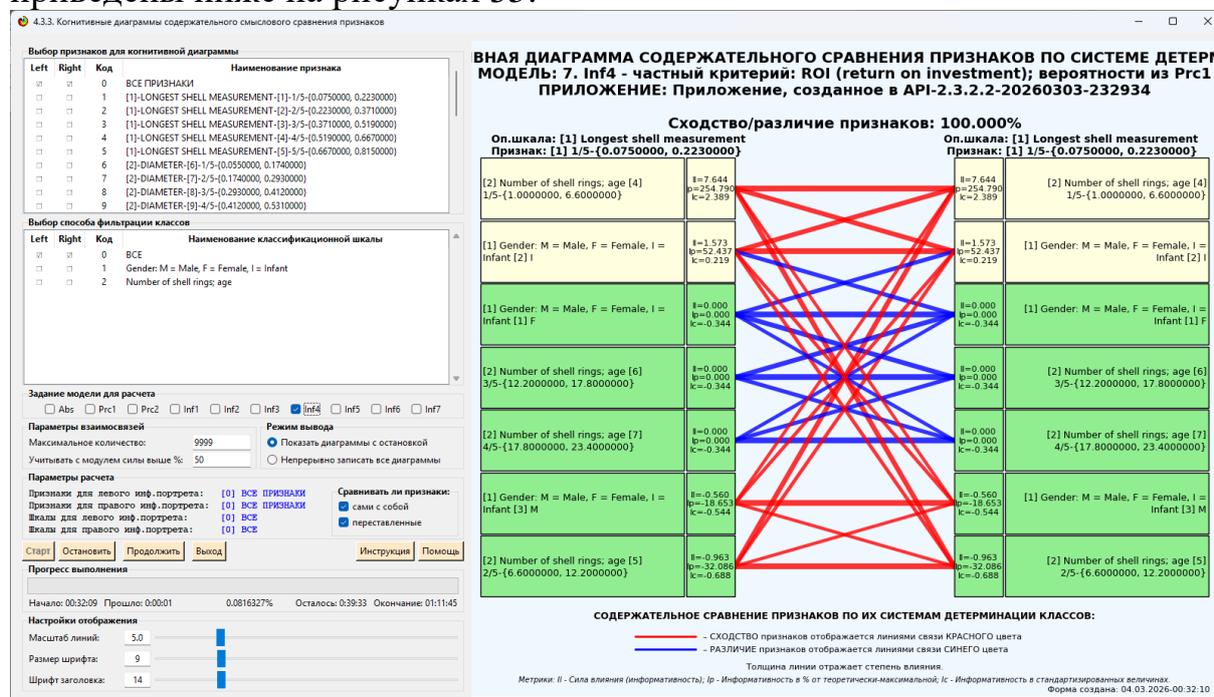
Напомним, что смысл событий, согласно концепции смысла Шенка-Абельсона, используемой в АСК-анализе, состоит в знании причин и последствий этих событий [21].

Однако из этой диаграммы не видно, чем именно конкретно содержательно сходны или отличаются значения факторов по их смыслу.

Это видно из когнитивных диаграмм, которые можно получить в режиме 4.3.3 системы «Эйдос».

3.8.8.2. Конкретное решение задачи в данной работе

Примеры экранной формы управления и нескольких 2d-интегральных когнитивных карт содержательного сравнения значений факторов по их силе и направлению их влияния на переход объекта моделирования в будущие состояния, соответствующие классам, приведены ниже на рисунках 35:



**КОГНИТИВНАЯ ДИАГРАММА СОДЕРЖАТЕЛЬНОГО СРАВНЕНИЯ ПРИЗНАКОВ ПО СИСТЕМЕ ДЕТЕРМИНАЦИИ
МОДЕЛЬ: 7. Inf4 - частный критерий: ROI (return on investment); вероятности из Prc1
ПРИЛОЖЕНИЕ: Приложение, созданное в API-2.3.2.2-20260303-232934**

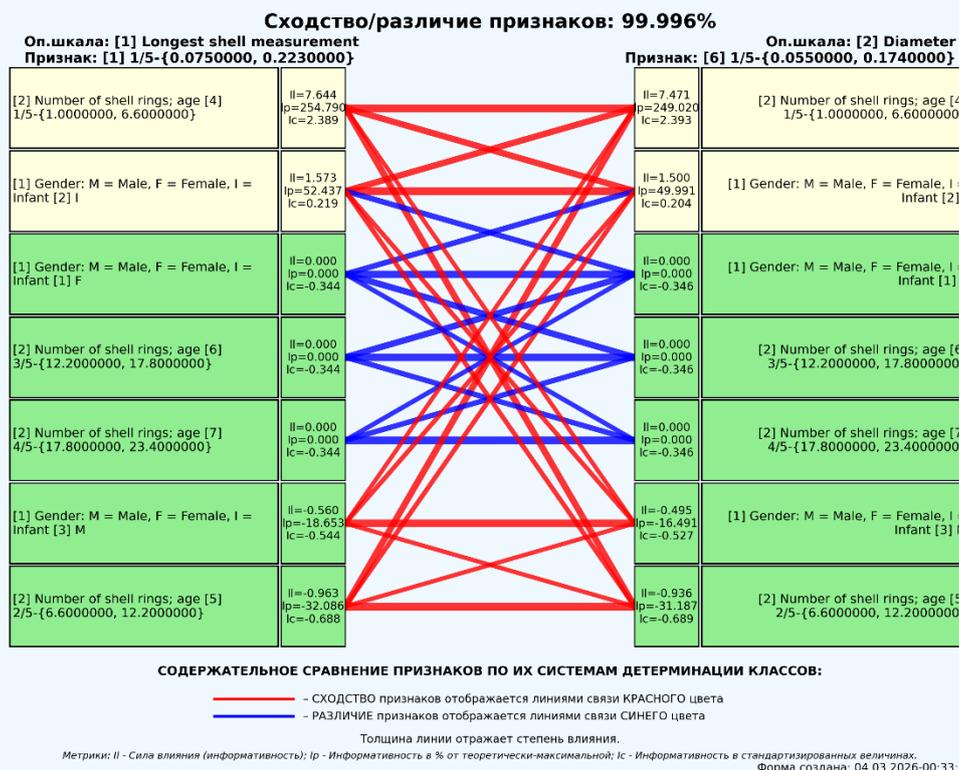


Рисунок 34. Примеры 2d-интегральных когнитивных карт содержательного сравнения значений факторов по их влиянию на переход объекта моделирования в состояния, соответствующие классам в СК-модели INF4

Всего системой в данной модели генерируется $1123^2=1\ 261\ 129$ подобных диаграмм содержательного сравнения значений факторов по их смыслу, т.е. по влиянию на объект моделирования. В данной работе все они приводятся. Пользователь при желании всегда может скачать и установить систему «Эйдос» с сайта разработчика: http://lc.kubagro.ru/aidos/_Aidos-X.htm, а затем в диспетчере приложений (режим 1.3) скачать и установить интеллектуальное облачное Эйдос-приложение №448 и получить в нем все выходные формы, как описано в данной статье.

3.8.9. Когнитивные функции

3.8.9.1. Универсальная постановка задачи, не зависящая от предметной области

Когнитивные функции являются обобщением классического математического понятия функции на основе системной теории информации и предложены Е.В.Луценко в 2005 году [3, 22, 23].

Когнитивные функции отображают, какое количество информации содержится в градациях описательной шкалы о переходе объекта моделирования в состояния, соответствующие градациям

классификационной шкалы. При этом в статистических и системно-когнитивных моделях в каждой градации описательной шкалы содержится информация обо всех градациях классификационной шкалы, т.е. ***каждому значению аргумента соответствуют все значения функции, но соответствуют в разной степени, причем как положительной, так и отрицательной, которая отображается цветом.***

Когнитивные функции являются одним из наиболее мощных и наглядных средств когнитивной графики, имеющихся в системе «Эйдос», позволяющих отобразить силу и направление влияния каждого значения каждого фактора на переход объекта моделирования в каждое из будущих состояний, соответствующих классам.

В системе «Эйдос» когнитивные функции отображаются в режиме 4.5 (рисунки 36). Первая экранная форма данного режима представляет собой краткий хелп, поясняющий смысл понятия «Когнитивная функция», а также позволяющий выйти на экранную форму системы «Эйдос» с действующими гиперссылками на работы по когнитивным функциям, а также страницы сайта автора со списком этих работ и работ автора по выявлению, представлению и использованию знаний, логике и методологии научного познания.

Необходимо отметить, что модели системы «Эйдос» – это ***феноменологические*** модели, отражающие ***эмпирические*** закономерности в фактах обучающей выборки, т.е. они отражают причинно-следственные связи, но не отражают ***механизма детерминации***, а только сам факт и характер детерминации [17, 23, 24]. Содержательное объяснение этих эмпирических закономерностей формулируется уже экспертами на теоретическом уровне познания в содержательных научных законах [24].

3.8.9.2. Конкретное решение задачи в данной работе

В системе «Эйдос» когнитивные функции отображаются в режиме 4.5 (рисунки 36). Количество когнитивных функций равно количеству сочетаний описательных и классификационных шкал. В модели, рассматриваемой в данной работе, есть 4 описательных шкалы и 1 классификационная, поэтому получается 4 когнитивных функции:

4.5. Генерация, визуализация и запись когнитивных функций системы "Эйдос"

Задайте модели для генерации:

Статистические базы:

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

Системно-когнитивные модели (Базы знаний):

- 4. INF1 - частный критерий: количество знаний по А. Харкевичу; вероятности из PRC-1
- 5. INF2 - частный критерий: количество знаний по А. Харкевичу; вероятности из PRC-2
- 6. INF3 - частный критерий: Хи-квадрат, разности между фактическими и ожидаемыми абс. частотами
- 7. INF4 - частный критерий: ROI (Return On Investment); вероятности из PRC-1
- 8. INF5 - частный критерий: ROI (Return On Investment); вероятности из PRC-2
- 9. INF6 - частный критерий: разн. усл. и безуслов. вероятностей; вероятности из PRC-1
- 10. INF7 - частный критерий: разн. усл. и безуслов. вероятностей; вероятности из PRC-2

Задайте виды когнитивных функций:

- 1. Сетка триангуляции Делоне без цветовой заливки
- 2. Сглаженные изолинии триангуляции Делоне без цветовой заливки
- 3. Сетка триангуляции Делоне с цветовой заливкой
- 4. Сглаженные изолинии триангуляции Делоне с цветовой заливкой
- 5. Сглаженная цветовая заливка изолиний с заданным количеством градаций цвета

Задайте дополнительные параметры:

- Соединять ли точки с максимальным количеством информации линией БЕЛОГО цвета?
- Соединять ли точки с минимальным количеством информации линией ЧЕРНОГО цвета?
- Добавить в когнитивные функции координатную сетку

Метод сглаживания линий

Слайды Акимы (по умолчанию) Составные слайды Бэзье Без сглаживания (ломаная)

Задайте количество градаций уровня (цвета и изолиний) когнитивных функций:

Задайте количество пикселей на дюйм в изображениях когнитивных функций:

Задайте паузу в секундах между визуализациями когнитивных функций:

Задайте размер шрифта для наименований градаций шкал X и Y:

Задайте яркость цветовой палитры (0.5-2.0):

Female, I = Infant
00:35:31: Визуализация '5. Сглаженная цветовая заливка изолиний с заданным количеством градаций цвета' завила 1.56 сек.
00:35:31: Обработка: INF4, Longest shell measurement, Number of shell rings; age

Начало: 00:35:29 Прошло: 0:00:02 7.1428571% Осталось: 0:00:29 Окончание: 00:36:00

Визуализация когнитивных функций: Питон Дельфи Java C++ C# Python

Предпросмотр

КОГНИТИВНАЯ ФУНКЦИЯ
Приложение: "Приложение" создано в API-2.3.2.2-20260303-232934'
Модель: 'INF4 - частный критерий: ROI (Return On Investment); вероятности из PRC-1'
Функция: '5. Сглаженная цветовая заливка изолиний с заданным количеством градаций цвета'
Метод сглаживания линий: Слайды Акимы

Классификационная шкала: [1]-Gender: M = Male, F = Female, I = Infant

Описательная шкала: [1]-Longest shell measurement

INF4-1-1-plot_smoothed_colored_contourf.jpg

Форма создана: 04.03.2026-00:35:30

КОГНИТИВНАЯ ФУНКЦИЯ
Приложение: 'Приложение' созданное в API-2.3.2.2-20260303-232934'
Модель: 'INF4 - частный критерий: ROI (Return On Investment); вероятности из PRC-1'
Функция: '5. Сглаженная цветовая заливка изолиний с заданным количеством градаций цвета'
Метод сглаживания линий: Слайды Акимы

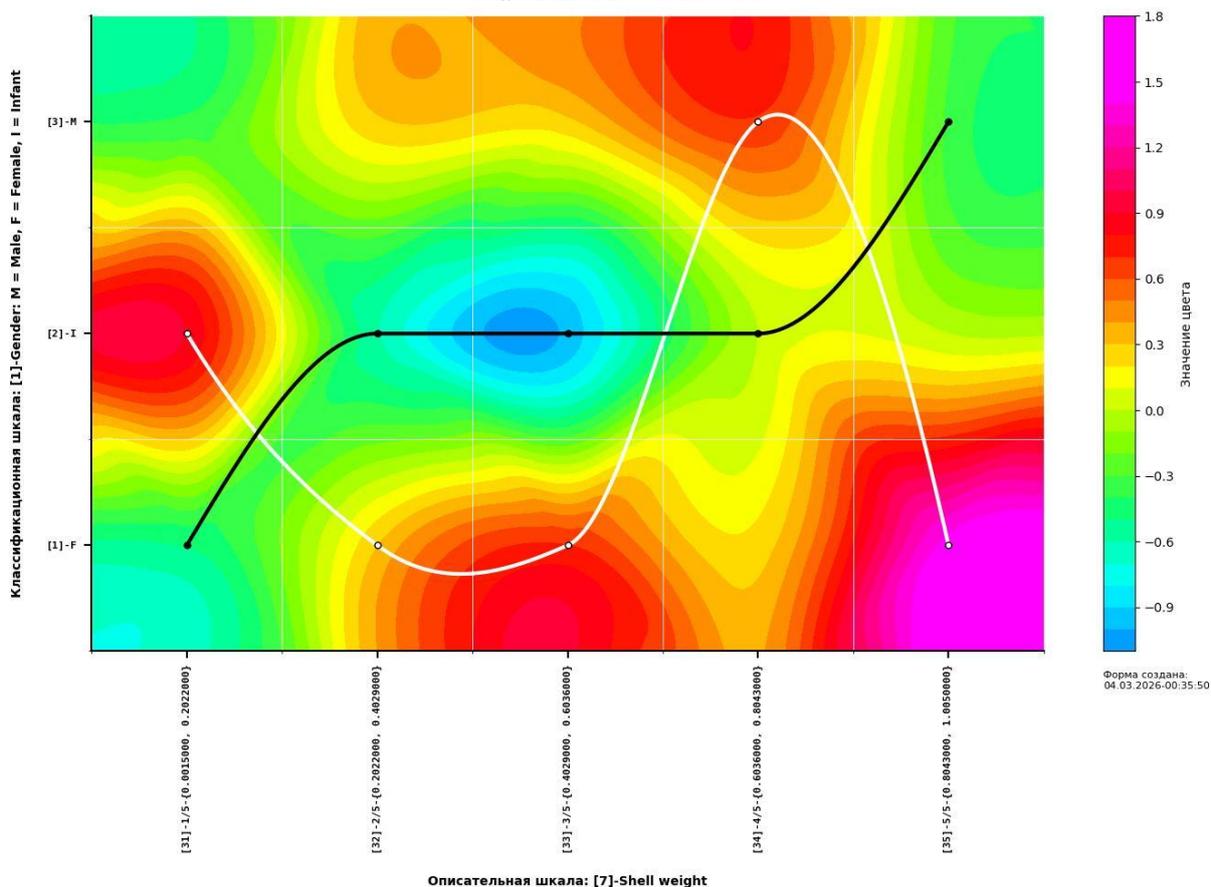


Рисунок 35. Примеры когнитивных функций в СК-модели INF4

Как уже отмечалось содержательное объяснение когнитивных функций на теоретическом уровне познания – это дело специалистов в той предметной области, к которой относится предмет моделирования [24].

3.8.10. Значимость описательных шкал и их градаций

3.8.10.1. Универсальная постановка задачи, не зависящая от предметной области

В АСК-анализе все факторы рассматриваются с одной единственной точки зрения: сколько информации содержится в их значениях о переходе объекта моделирования и управления, на который они действуют, в определенное будущее состояние, описываемое классом (градация классификационной шкалы), и при этом сила и направление влияния всех значений факторов на объект измеряется в одних общих для всех факторов единицах измерения: единицах количества информации [6].

Значимость (селективная сила) градаций описательных шкал в АСК-анализе – это вариабельность частных критериев в статистических и системно-когнитивных моделях, например в модели INF4, это вариабельность информативностей (режим 3.7.5 системы «Эйдос») (рисунок 37):

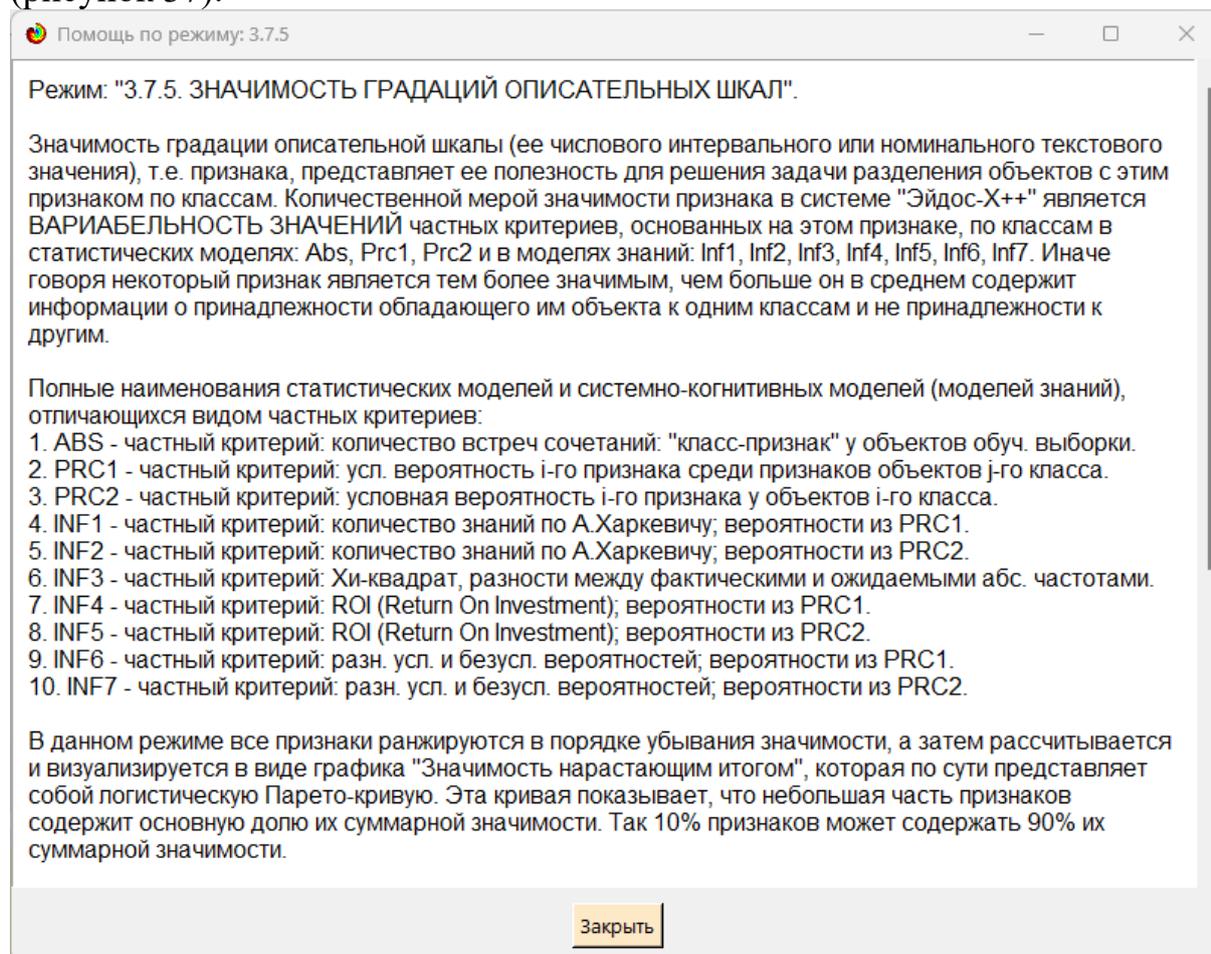


Рисунок 36. Help режима 3.7.5, поясняющий смысл значимости градаций описательных шкал

Значимость всей описательной шкалы является средним от степени значимости ее градаций (режим 3.7.4 системы «Эйдос»).

Если рассортировать все градации факторов (признаки) в порядке убывания селективной силы и получить сумму селективной силы системы значений факторов нарастающим итогом, то получим Парето-кривую.

3.8.10.2. Конкретное решение задачи в данной работе

На рисунке 38 приведена Парето-кривая силы влияния значений факторов на поведение объекта моделирования в СК-модели INF4:

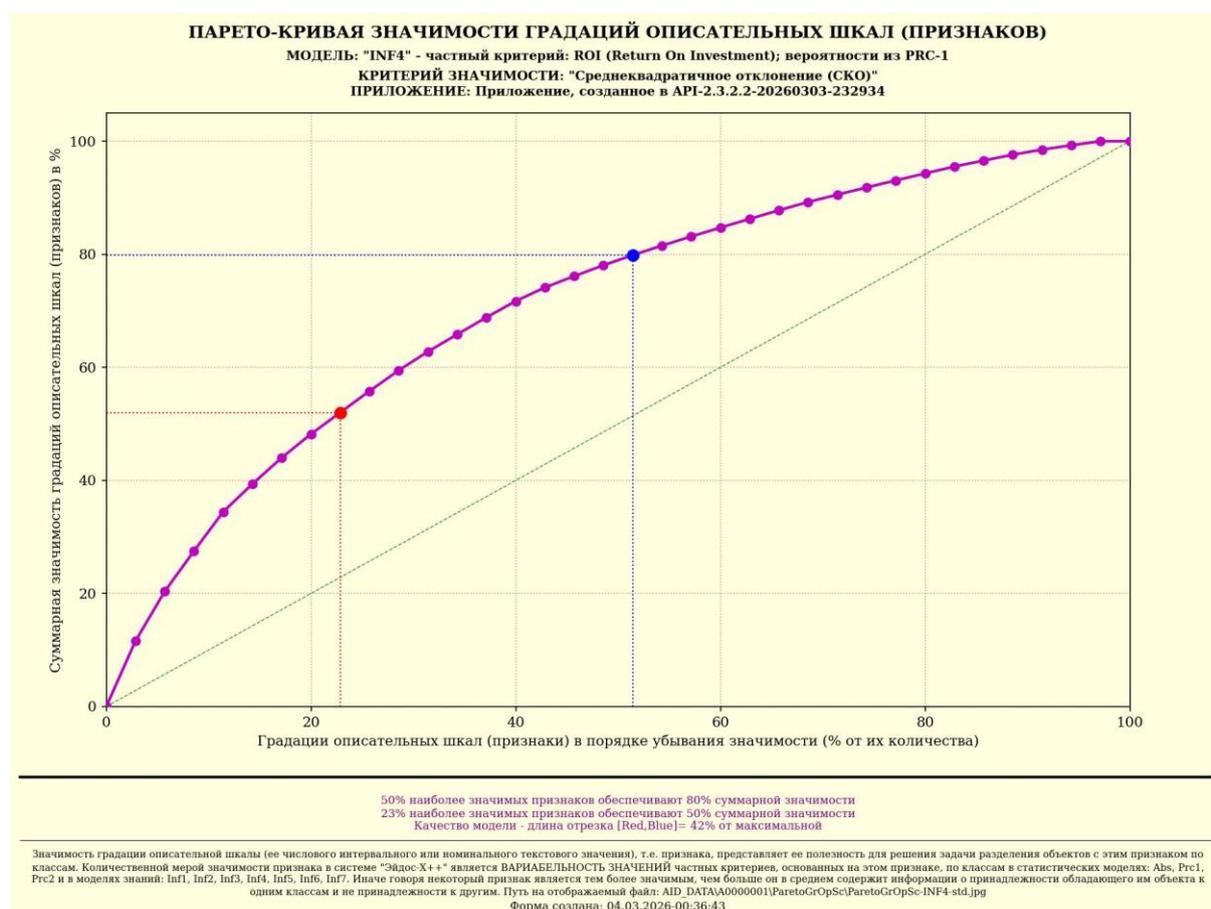


Рисунок 37. Парето-кривая силы влияния значений факторов на поведение объекта моделирования в СК-модели INF4

Из рисунка 38 видно, что 24% наиболее ценных значений факторов обеспечивает половину суммарного влияния всех значений факторов, а половина наиболее ценных значений факторов обеспечивает 50% суммарного влияния. На рисунке 39 система «Эйдос» привела рейтинг качества статистических и системно-когнитивных моделей. Кроме того на этом рисунке приведены имена Excel-файлов с информацией о силе и направлении влияния значений факторов в разных моделях.

В таблице 16 представлены исходные данные для построения кумулятивной кривой на рисунке 38. Из таблицы 16 видно, какую долю от

num	num_prc	kod_atr	name_atr	kod_opsc	znach_atr	zn_atrnit	znach_prc	zn_prcnit
1	2,857143	35	Shell weig	7	4,551587	4,551587	11,5999	11,5999
2	5,714286	19	Whole we	4	3,446972	7,998559	8,784744	20,38464
3	8,571429	1	Longest sh	1	2,796418	10,79498	7,126782	27,51142
4	11,42857	6	Diameter	2	2,72745	13,52243	6,951013	34,46244
5	14,28571	10	Diameter	2	1,930156	15,45258	4,919079	39,38152
6	17,14286	5	Longest sh	1	1,821127	17,27371	4,641213	44,02273
7	20	34	Shell weig	7	1,64032	18,91403	4,180421	48,20315
8	22,85714	2	Longest sh	1	1,493872	20,4079	3,807193	52,01034
9	25,71429	33	Shell weig	7	1,489982	21,89788	3,797278	55,80762
10	28,57143	7	Diameter	2	1,43585	23,33374	3,659321	59,46694
11	31,42857	23	Shucked v	5	1,303216	24,63695	3,321298	62,78824
12	34,28571	28	Viscera w	6	1,194789	25,83174	3,044967	65,83321
13	37,14286	11	Height - 1,	3	1,181849	27,01359	3,01199	68,8452
14	40	13	Height - 3,	3	1,128042	28,14163	2,874859	71,72006
15	42,85714	16	Whole we	4	0,947557	29,08919	2,414887	74,13494
16	45,71429	25	Shucked v	5	0,783571	29,87276	1,996962	76,13191
17	48,57143	31	Shell weig	7	0,757517	30,63028	1,930562	78,06247
18	51,42857	26	Viscera w	6	0,700209	31,33049	1,784509	79,84698
19	54,28571	20	Whole we	4	0,661252	31,99174	1,685227	81,5322
20	57,14286	21	Shucked v	5	0,631881	32,62362	1,610374	83,14258
21	60	18	Whole we	4	0,618498	33,24212	1,576268	84,71885
22	62,85714	15	Height - 5,	3	0,602434	33,84455	1,535327	86,25417
23	65,71429	30	Viscera w	6	0,602434	34,44699	1,535327	87,7895
24	68,57143	29	Viscera w	6	0,573706	35,02069	1,462112	89,25161
25	71,42857	27	Viscera w	6	0,507458	35,52815	1,293276	90,54489
26	74,28571	9	Diameter	2	0,502788	36,03094	1,281374	91,82626
27	77,14286	4	Longest sh	1	0,48825	36,51919	1,244325	93,07059
28	80	22	Shucked v	5	0,484904	37,00409	1,235797	94,30638
29	82,85714	32	Shell weig	7	0,476134	37,48023	1,213447	95,51983
30	85,71429	12	Height - 2,	3	0,415978	37,8962	1,060137	96,57997
31	88,57143	17	Whole we	4	0,40897	38,30517	1,042277	97,62224
32	91,42857	3	Longest sh	1	0,352111	38,65728	0,897367	98,51961
33	94,28571	8	Diameter	2	0,300897	38,95818	0,766847	99,28646
34	97,14286	24	Shucked v	5	0,27998	39,23816	0,713541	100
35	100	14	Height - 4,	3	0	39,23816	0	100

Источник: c:\Aidos-X\AID_DATA\A0000001\System\zpr_INF4_std.xlsx

На экранной форме рисунка 40 приведены имена Excel-файлов с информацией о силе влияния факторов в разных моделях.

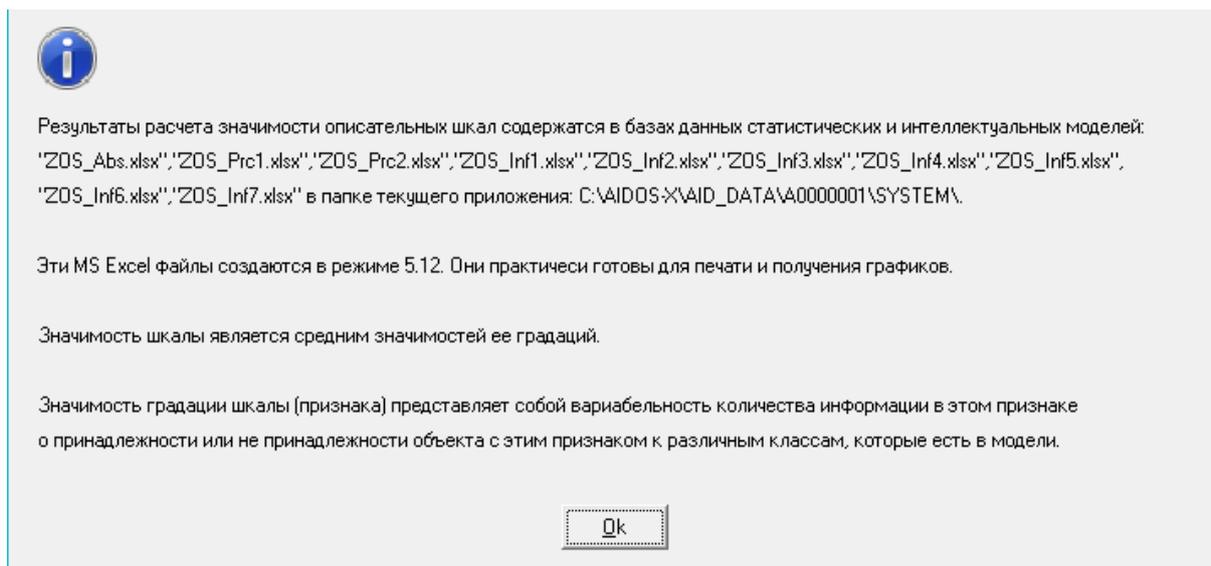


Рисунок 39. Имена Excel-файлов с информацией о силе влияния факторов в статистических и системно-когнитивных моделях

В таблице 17 приведена информация о силе влияния факторов на переход объекта моделирования в различные будущие состояния, соответствующие классам, в системно-когнитивной модели INF4.

Таблица 17 – Сила влияния факторов на поведение объекта моделирования в системно-когнитивной модели INF4

num	num_prc	kod_opsc	name_ops	n_gropsc	kodgr_mir	kodgr_max	znach_os	zn_osnit	znach_prc	zn_prcnit
1	14,28571	7	Shell weig	5	31	35	1,783108	1,783108	22,72161	22,72161
2	28,57143	1	Longest sh	5	1	5	1,390356	3,173464	17,71688	40,43849
3	42,85714	2	Diameter	5	6	10	1,379428	4,552892	17,57763	58,01612
4	57,14286	4	Whole we	5	16	20	1,21665	5,769542	15,5034	73,51952
5	71,42857	6	Viscera w	5	26	30	0,715719	6,485261	9,12019	82,63971
6	85,71429	5	Shucked v	5	21	25	0,696711	7,181972	8,877972	91,51769
7	100	3	Height	5	11	15	0,665661	7,847632	8,482313	100

Источник: c:\Aidos-X\AID_DATA\A0000001\System\ZOS_INF4_STD.xlsx

Из таблицы 17 видно, что примерно 22% суммарного влияния на поведение объекта моделирования обусловлено весом раковины и еще 18% – длиной: в сумме почти 40%, а остальные факторы (диаметр, высота, веса мяса и внутренностей) оказывают сравнительно меньшее влияние: в сумме около 60%. Таким образом, два наиболее значимых фактора, т.е. около 29% от всех факторов, обеспечивают примерно 40% суммарного влияния на объект моделирования, а оставшиеся 71% факторов дают суммарно 60% влияния.

3.8.11. Степень детерминированности классов и классификационных шкал

3.8.11.1. Универсальная постановка задачи, не зависящая от предметной области

Степень детерминированности (обусловленности) класса в системе «Эйдос» количественно оценивается **степенью вариабельности значений факторов** (градаций описательных шкал) в колонке матрицы модели, соответствующей данному классу (режим 3.7.3 системы «Эйдос»).

Чем выше степень детерминированности класса, тем более достоверно он прогнозируется по значениям факторов.

Степень детерминированности (обусловленности) всей классификационной шкалы является средним от степени детерминированности ее градаций, т.е. классов (режим 3.7.2 системы «Эйдос»).

3.8.11.2. Конкретное решение задачи в данной работе

На рисунке 42 приведена парето-кривая значимости описательных шкал (факторов) режима 3.7.4 системы «Эйдос», содержащая информацию о степени детерминированности (обусловленности) состояний объекта моделирования действующими на него факторами:

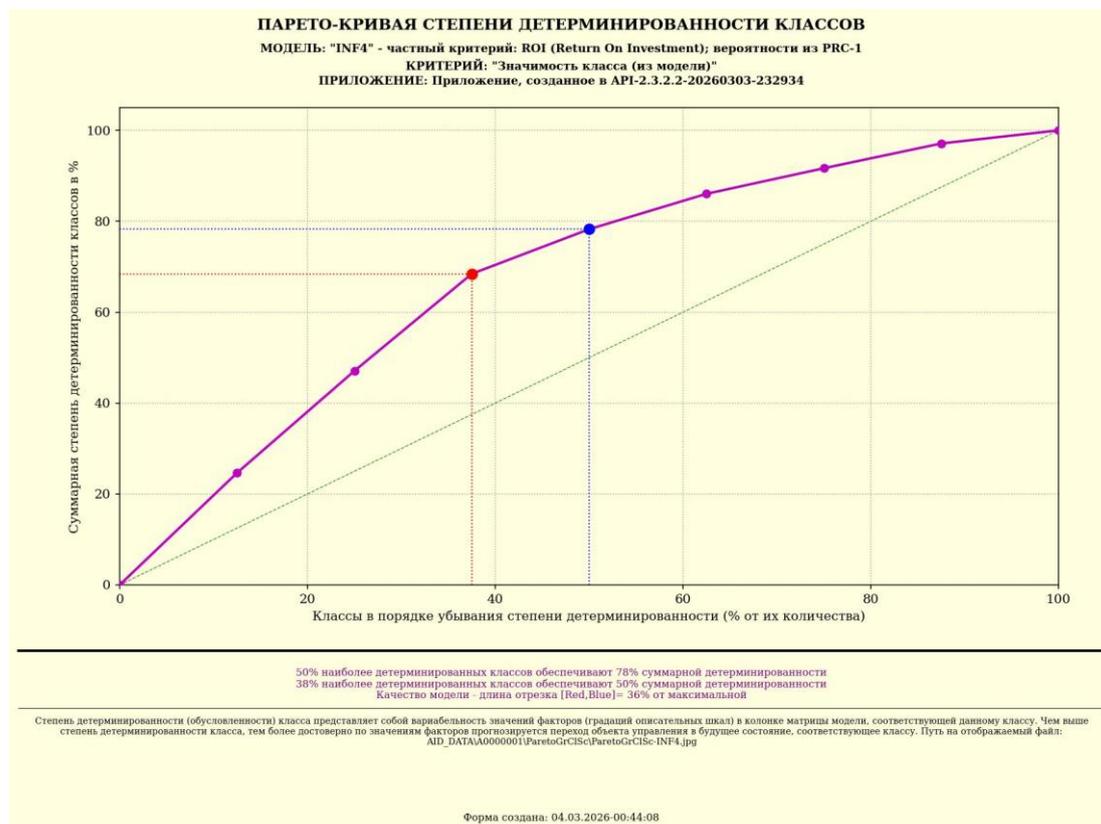


Рисунок 40. Экранные формы режимов 3.7.2 и 3.7.3 системы «Эйдос»

В таблице 18 представлены исходные данные для построения кумулятивной кривой на рисунке 42.

Из таблицы 18 видно, какую долю от суммарной степени детерминированности всех классов имеет каждый класс. Степень обусловленности значениями факторов разных будущих состояний объекта моделирования, соответствующие классам, довольно существенно отличается друг от друга.

Например, 50% наиболее жестко детерминированных классов суммарно обеспечивают примерно 66% степень детерминированности, а 50% суммарной детерминированности обеспечивают 37% наиболее жестко детерминированных классов.

Таблица 18 – Степень детерминированности классов в СК-модели INF4

num	num_prc	kod_cls	name_cls	kod_clsc	znach_cls	zn_clsnit	znach_prc	zn_prcnit
1	12,5	7	[2]-NUMB	2	2,407831	2,407831	24,64413	24,64413
2	25	8	[2]-NUMB	2	2,192161	4,599992	22,43675	47,08088
3	37,5	4	[2]-NUMB	2	2,086718	6,68671	21,35754	68,43842
4	50	6	[2]-NUMB	2	0,959616	7,646326	9,821664	78,26009
5	62,5	2	[1]-GENDE	1	0,760661	8,406987	7,785357	86,04544
6	75	3	[1]-GENDE	1	0,549903	8,95689	5,628251	91,6737
7	87,5	1	[1]-GENDE	1	0,532531	9,489421	5,450448	97,12414
8	100	5	[2]-NUMB	2	0,280983	9,770403	2,875857	100

Источник: c:\Aidos-X\AID_DATA\A0000001\System\ZKL_INF4.xlsx

В таблице 18 приведена информация о степени детерминированности классов значениями факторов в системно-когнитивной модели INF4. Степень детерминированности классификационных шкал является средним от степени детерминированности их градаций.

Степень детерминированности классификационных шкал представлена в таблицах, наименования которых приведены на третьем рисунке 42. Но поскольку в данном приложении одна классификационная шкала, то рейтинг шкал по силе детерминированности состоит из одной шкалы и поэтому эти таблицы здесь не приводятся.

4. DISCUSSION (ОБСУЖДЕНИЕ)

Полученные результаты можно оценить как успешно решающие сформулированную в работе проблему и обеспечивающие достижение поставленной в работе цели. Эти результаты получены путем применения Автоматизированного системно-когнитивного анализа (АСК-анализ) и его программного инструментария – интеллектуальной системы «Эйдос».

Анализ полученных результатов, проведенный в данной работе, полностью согласуется с результатами работы [25], на исходных данных которой они основаны. С другой стороны применение АСК-анализа и

системы «Эйдос» весьма существенно расширяет возможности решения задач прогнозирования, принятия решений и исследования моделируемой предметной области, по сравнению с методами, применяемыми в работе [25]. Поэтому есть все основания рекомендовать применение АСК-анализа и системы «Эйдос» для проведения дальнейших углубленных исследований.

Достижением данной работы является:

1. Возможность корректного построения сопоставимых системно-когнитивных моделей предметной области на основе исходных данных, содержащих как лингвистические переменные, так и числовые переменные в различных единицах измерения.

2. Возможность применения системно-когнитивных моделей для решения задач прогнозирования, принятия решений и исследования моделируемой предметной области.

В качестве перспективы продолжения исследований можно было бы рекомендовать существенно увеличить объем исходных данных, количество исследуемых факторов, а также количество классификационных шкал и их градаций (классов) для описания будущих состояний объекта моделирования.

Например, можно было бы исследовать в создаваемых системно-когнитивных моделях, и технологические, и природно-климатические факторы.

Рекомендуется ввести классификационные шкалы, отражающие влияние исследуемых факторов на объект моделирования не только в натуральном выражении (количество и качество различных видов продукции), но и в стоимостном выражении (прибыль и рентабельность, как общая по предприятию, так и в разрезе по видам продукции).

Перспективность и ценность результатов подобных исследований и разработок для теории и практики не вызывает особых сомнений, что подтверждается работами в этой области [1-49].

У желающих есть все возможности для изучения данной работы и для дальнейших исследований с применением АСК-анализа и системы «Эйдос» на своем компьютере.

Для этого надо скачать систему с сайта разработчика по ссылке на странице: http://lc.kubagro.ru/aidos/_Aidos-X.htm, а затем в диспетчере приложений (режим 1.3) установить интеллектуальное облачное Эйдос-приложение №448. По различным аспектам применения данной технологии есть большое количество видео-занятий (около 300), с которыми можно ознакомиться по ссылкам, приведенным на странице: http://lc.kubagro.ru/aidos/How_to_make_your_own_cloud_Eidos-application.pdf.

5. CONCLUSIONS (ВЫВОДЫ)

Морское ушко (абалон) является важным объектом морского промысла и аквакультуры, а определение его биологических характеристик играет ключевую роль для управления популяциями и селекции. Однако точное определение пола и возраста абалона без вскрытия или сложных лабораторных анализов затруднено сложностью и нелинейностью процессов роста моллюсков, а также отсутствием ярко выраженных внешних половых признаков. В ряде научных работ по малакологии и биометрии для анализа данных традиционно используются статистические методы (например, корреляционно-регрессионный анализ) и детерминистические модели. Эти подходы позволяют выявлять общие закономерности, но зачастую недостаточны для анализа сложных нелинейных взаимосвязей между большим количеством разнородных морфометрических факторов. В данной статье для анализа эмпирических данных об измерениях абалона предлагается использовать Автоматизированный системно-когнитивный анализ (АСК-анализ) и его программный инструментарий – интеллектуальную систему «Эйдос». Приводится подробный численный пример. Этот пример содержит много разнообразных наглядных табличных и графических выходных форм и может использоваться для обучения применению АСК-анализа и системы «Эйдос» для научных исследований в биологии и аквакультуре, для выработки практических рекомендаций по автоматизированной идентификации моллюсков и обоснования научных положений о механизмах действия причинно-следственных связей в данной предметной области.

Спецификой данной задачи является то, что переменные модели являются как лингвистическими (категориальными) переменными (например, пол абалона: М, F, I), так и числовыми переменными, измеряемыми в различных единицах измерения (например, длина в миллиметрах, вес в граммах, количество колец). Поэтому для решения данной задачи применяется АСК-анализ, обеспечивающий построение гибридных моделей, включающих как номинальные (текстовые), так и числовые шкалы, причем в различных единицах измерения.

Сопоставимость обработки данных разных типов, представленных в разных типах шкал и разных единицах измерения, обеспечивается путем метризации номинальных шкал, т.е. повышения их степени формализации до уровня числовых шкал [8]. Это достигается путем вычисления количества информации, содержащегося в градациях номинальных шкал (например, в поле абалона) о наступлении определенного возрастного состояния (количества колец).

В работе приводится краткое описание АСК-анализа и его программного инструментария – интеллектуальной системы «Эйдос».

Работа может быть основой для лабораторных работ и научных исследований по применению систем искусственного интеллекта, в частности лингвистического АСК-анализа для решения задач в области когнитивной биологии и аквакультуры.

REFERENCES (ЛИТЕРАТУРА)

1. Луценко, Е. В. Исследование влияния подсистем различных уровней иерархии на эмерджентные свойства системы в целом с применением АСК-анализа и интеллектуальной системы "Эйдос" (микроструктура системы как фактор управления ее макросвойствами) / Е. В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2012. – № 75. – С. 321-363. – EDN OOSCAV.

2. 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) / Е. В. Луценко. – Краснодар : Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2002. – 605 с. – ISBN 5-94672-020-1. – EDN OCZFHC.

3. Орлов, А. И. Системная нечеткая интервальная математика / А. И. Орлов, Е. В. Луценко. – Краснодар : Кубанский государственный аграрный университет, 2014. – 600 с. – ISBN 978-5-94672-757-0. – EDN RZJXZZ.

4. Работы проф. Е.В. Луценко по информационным мерам уровня системности (коэффициентам эмерджентности) и системному обобщению математики http://lc.kubagro.ru/aidos/Work_on_emergence.htm

5. Сайт Е.В.Луценко: <http://lc.kubagro.ru/>.

6. Страница Е.В.Луценко в РесечГейт <https://www.researchgate.net/profile/Eugene-Lutsenko>

7. Страница Е.В.Луценко в РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=123162.

8. 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. – 2013. – № 92. – С. 61-71. – EDN RNEGHR.

9. 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. – 2017. – № 126. – С. 1-32. – DOI 10.21515/1990-4665-126-001. – EDN XXXBDV.

10. 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. – 2014. – № 101. – С. 1367-1409. – EDN SZVWRV.

11. Луценко, Е. В. Сценарный и спектральный автоматизированный системно-когнитивный анализ / Е. В. Луценко. – Краснодар : Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина, 2021. – 288 с. – DOI 10.13140/RG.2.2.22981.37608. – EDN ZQLITW.

12. Орлов, А. И. Анализ данных, информации и знаний в системной нечеткой интервальной математике / А. И. Орлов, Е. В. Луценко. – Краснодар : Кубанский

государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина, 2022. – 405 с. – ISBN 978-5-907550-62-9. – DOI 10.13140/RG.2.2.15688.44802. – EDN OQULUW.

13. Луценко, Е. В. Автоматизация функционально-стоимостного анализа и метода "Директ-костинг" на основе АСК-анализа и системы "Эйдос" (автоматизация управления натуральной и финансовой эффективностью затрат без содержательных технологических и финансово-экономических расчетов на основе информационных и когнитивных технологий и теории управления)1 / Е. В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2017. – № 131. – С. 1-18. – DOI 10.21515/1990-4665-131-001. – EDN ZRXVFN.

14. Луценко, Е. В. Системное обобщение принципа Эшби и повышение уровня системности модели объекта познания как необходимое условие адекватности процесса его познания / Е. В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2020. – № 163. – С. 100-134. – DOI 10.21515/1990-4665-163-009. – EDN SWKGGWY.

15. Луценко, Е. В. Эффективность объекта управления как его эмерджентное свойство и повышение уровня системности как цель управления / Е. В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2021. – № 165. – С. 77-98. – DOI 10.13140/RG.2.2.11887.25761. – EDN UMTAMT.

16. 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. – 2011. – № 71. – С. 27-74. – EDN OIGYBB.

17. 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. – 2017. – № 127. – С. 1-60. – DOI 10.21515/1990-4665-127-001. – EDN YLZTMX.

18. 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. – 2003. – № 1. – С. 76-88. – EDN JWXLKT.

19. Работы проф. Е.В. Луценко & С^о по выявлению, представлению и использованию знаний, логике и методологии научного познания: http://lc.kubagro.ru/aidos/Works_on_identification_presentation_and_use_of_knowledge.htm

20. Пойа Дьердь. Математика и правдоподобные рассуждения. // под редакцией С.А.Яновской. Пер. с английского И.А.Вайнштейна., М., Наука, 1975 — 464 с., <http://ilib.mccme.ru/djvu/polya/rassuzhdenija.htm>

21. Луценко, Е. В. Системно-когнитивный анализ как развитие концепции смысла Шенка - Абельсона / Е. В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2004. – № 5. – С. 14-35. – EDN JWXMKX.

22. Работы проф. Е.В. Луценко & С^о по когнитивным функциям: http://lc.kubagro.ru/aidos/Works_on_cognitive_functions.htm

23. Луценко, Е. В. Системы представления и приобретения знаний / Е. В. Луценко, В. И. Лойко, В. Н. Лаптев. – Краснодар : Экоинвест, 2018. – 513 с. – ISBN 978-5-94215-415-8. – EDN UZZBLC.

24. 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. – 2017. – № 127. – С. 1-60. – DOI 10.21515/1990-4665-127-001. – EDN YLZTMX.

25. Влияние сроков применения борной кислоты на генеративную деятельность косточковых культур / Т. Н. Дорошенко, Л. Г. Рязанова, Н. В. Захарчук, Д. В. Максимцов // Плодоводство и виноградарство Юга России. – 2016. – № 41(5). – С. 121-130. – EDN WKBFHT, <https://journalkubansad.ru/pdf/16/05/12.pdf>

26. Монографии по АСК-анализу: http://lc.kubagro.ru/aidos/_Aidos-X.htm#_Toc128746370

27. Некоторые учебники и учебные пособия проф. Е.В. Луценко: http://lc.kubagro.ru/aidos/_Aidos-X.htm#_Toc128746372.

28. Свидетельства Роспатента на систему «Эйдос» и ее подсистемы: http://lc.kubagro.ru/aidos/_Aidos-X.htm#_Toc128746371.

29. Тематические подборки публикаций по применению АСК-анализа и системы «Эйдос» в различных предметных областях: http://lc.kubagro.ru/aidos/_Aidos-X.htm

30. Работы по информационным мерам уровня системности (коэффициентам эмерджентности) и системному обобщению математики: http://lc.kubagro.ru/aidos/Work_on_emergence.htm.

31. Работы по АСК-анализу изображений: http://lc.kubagro.ru/aidos/Works_on_ASK-analysis_of_images.htm

32. Работы по АСК-анализу текстов: http://lc.kubagro.ru/aidos/Works_on_ASK-analysis_of_texts.htm

33. Работы по когнитивным функциям: http://lc.kubagro.ru/aidos/Works_on_cognitive_functions.htm

34. Работы по выявлению, представлению и использованию знаний, логике и методологии научного познания: http://lc.kubagro.ru/aidos/Work_on_identification_presentation_and_use_of_knowledge.htm

35. Работы по экологии, климатологии и изучению влияния космической среды на различные глобальные процессы на Земле: http://lc.kubagro.ru/aidos/Work_on_the_study_of_the_influence_of_the_space_environment_on_various_processes_on_Earth.htm

36. Работы по современным информационно-коммуникационным технологиям в научно-исследовательской деятельности и образовании: http://lc.kubagro.ru/aidos/Information_and_communication_technologies_in_research_activities_and_education.htm

37. Работы по виртуальной реальности: http://lc.kubagro.ru/aidos/Virtual_reality_publications.htm

38. Работы по когнитивной ветеринарии: http://lc.kubagro.ru/aidos/Publications_on_cognitive_veterinary_medicine.htm

39. Работы по когнитивной агрономии и когнитивной ампелографии: http://lc.kubagro.ru/aidos/Works_on_cognitive_agronomy.htm

40. Работы по тематике, связанной с АПК: http://lc.kubagro.ru/aidos/Work_with_agricultural.htm

41. Работы по наукометрии: http://lc.kubagro.ru/aidos/Works_on_scientometrics.htm

42. Работы о высших формах сознания, перспективах человека, технологии и общества: http://lc.kubagro.ru/aidos/Works_on_higher_forms_of_consciousness.htm

43. Работы по разработке и применению профессиограмм и тестов (психологических, профориентационных, медицинских и ветеринарных): http://lc.kubagro.ru/aidos/Work_on_the_development_and_application_tests.htm

44. Работы по сценарному автоматизированному системно-когнитивному анализу (сценарный АСК-анализ): http://lc.kubagro.ru/aidos/Works_on_Scenario_ASC-analysis.htm

45. MVP-проект «Внедрение технологий АСК-анализа и системы «Эйдос» для решения задач АПК»: <http://lc.kubagro.ru/aidos/MVP-projects.htm>

46. Кратко об АСК-анализе и системе «Эйдос»: http://lc.kubagro.ru/aidos/Presentation_Aidos-online.pdf

47. Ссылки на видео-занятия и проф. Е.В. Луценко в Пермском национальном университете: <https://bigbluebutton.pstu.ru/b/w3y-2ir-ukd-bqn> (2021), <https://bigbluebutton.pstu.ru/b/3kc-n8a-gon-tjz> (2022), в Кубанском государственном университете и Кубанском государственном аграрном университете: <https://disk.yandex.ru/d/knISAD5qzV83Ng?w=1>

48. Луценко, Е. В. Революция начала XXI века в искусственном интеллекте: глубинные механизмы и перспективы / Е. В. Луценко, Н. С. Головин. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина, 2024. – 394 с. – DOI 10.13140/RG.2.2.17056.56321. – EDN OMIPII.

49. Луценко Е.В. Системы искусственного интеллекта как системы автоматизации процесса научного познания и удвоение номенклатуры научных специальностей путем применения этих систем для исследований в различных направлениях науки / Е.В. Луценко, Н.С. Головин // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2024. – №01(195). С. 74 – 111. – IDA [article ID]: 1952401009. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2024/01/pdf/09.pdf>, 2,375 у.п.л.