

УДК 004.8

4.1.1. Информационные системы и технологии

АСК-АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ДЕГРАДАЦИЮ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ

Шульга Кирилл Федорович

Студент группы ПИ2203

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

В условиях роста распространенности электромобилей и развития зарядной инфраструктуры актуальной задачей является повышение ресурса и надежности аккумуляторных батарей. Однако этому могут препятствовать множество взаимосвязанных факторов различной природы: модель автомобиля, тип аккумуляторной батареи, ее емкость, возраст, температурный режим, скорость зарядки, скорость разрядки, стиль вождения и внутреннее сопротивление. В ряде научных и прикладных работ обосновывается перспективность применения интеллектуальных методов анализа данных для исследования деградации батарей электромобилей. Для анализа таких данных традиционно используются статистические методы, методы машинного обучения и прогнозные модели. Эти исследования показали, что учет совокупности эксплуатационных и зарядных факторов позволяет более точно оценивать состояние батареи, хотя различные подходы демонстрируют разную эффективность в зависимости от структуры исходных данных и предметной области. В данной статье для анализа эмпирических данных в области эксплуатации аккумуляторных батарей электромобилей предлагается использовать Автоматизированный системно-когнитивный анализ (АСК-анализ) и его программный инструментарий — интеллектуальную систему «Эйдос». Приводится подробный численный пример на основе данных о деградации и режимах зарядки аккумуляторных батарей электромобилей. 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 области электротранспорта, для выработки практических рекомендаций 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», ЭЛЕКТРОМОБИЛИ, АККУМУЛЯТОРНАЯ БАТАРЕЯ, ДЕГРАДАЦИЯ БАТАРЕИ, ЗАРЯДКА
<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-197-009>

UDC 004.8 UDC 004.8

4.1.1. Information systems and technologies

ASC-ANALYSIS OF FACTORS AFFECTING THE DEGRADATION OF ELECTRIC VEHICLE BATTERIES

Shulga Kirill Fedorovich

Student, group PI2203

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

In the context of the growing prevalence of electric vehicles and the development of charging infrastructure, increasing the service life and reliability of battery systems has become a highly relevant task. However, this may be hindered by numerous interrelated factors of different nature, including the vehicle model, battery type, battery capacity, age, temperature conditions, charging rate, discharging rate, driving style, and internal resistance. A number of scientific and applied studies have substantiated the prospects of using intelligent data analysis methods to investigate the degradation of electric vehicle batteries. Statistical methods, machine learning techniques, and predictive models are traditionally used to analyze such data. These studies have shown that taking into account the combination of operational and charging-related factors makes it possible to assess battery condition more accurately, although different approaches demonstrate different levels of effectiveness depending on the structure of the source data and the specific subject area. In this paper, for the analysis of empirical data in the field of electric vehicle battery operation, it is proposed to use Automated System-Cognitive Analysis (ASC-analysis) and its software toolkit, the intelligent system “Eidos”. A detailed numerical example is provided based on data on the degradation and charging modes of electric vehicle batteries. This example includes a wide variety of illustrative tabular and graphical output forms and can be used for teaching the application of ASC-analysis and the Eidos system in scientific research in the field of electric transport, for developing practical recommendations, and for substantiating scientific statements about the mechanisms of cause-and-effect relationships in this subject area.

Keywords: ASC-ANALYSIS, AUTOMATED SYSTEM-COGNITIVE ANALYSIS, INTELLIGENT SYSTEM “EIDOS”, ELECTRIC VEHICLES, BATTERY, BATTERY DEGRADATION, CHARGING

СОДЕРЖАНИЕ

1. INTRODUCTION (ВВЕДЕНИЕ)	4
1.1. ОПИСАНИЕ ИССЛЕДУЕМОЙ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ	4
1.2. ОБЪЕКТ И ПРЕДМЕТ ИССЛЕДОВАНИЯ	5
1.3. ПРОБЛЕМА, РЕШАЕМАЯ В РАБОТЕ И ЕЕ АКТУАЛЬНОСТЬ	5
1.4. ЦЕЛЬ РАБОТЫ	5
2. METHODS (МЕТОДЫ)	6
2.1. ОБОСНОВАНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К МЕТОДУ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ	6
2.2. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР МЕТОДОВ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ, ИХ ХАРАКТЕРИСТИКА И ОЦЕНКА СТЕПЕНИ СООТВЕТСТВИЯ ОБОСНОВАННЫМ ТРЕБОВАНИЯМ	6
2.3. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ СИСТЕМНО-КОГНИТИВНЫЙ АНАЛИЗ (АСК-АНАЛИЗ) КАК МЕТОД РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ	6
2.4. СИСТЕМА «ЭЙДОС» – ИНСТРУМЕНТАРИЙ АСК-АНАЛИЗА	8
2.5. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ	15
3. RESULTS (РЕЗУЛЬТАТЫ)	18
3.1. ЗАДАЧА-1. КОГНИТИВНАЯ СТРУКТУРИЗАЦИЯ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ. ДВЕ ИНТЕРПРЕТАЦИИ КЛАССИФИКАЦИОННЫХ И ОПИСАТЕЛЬНЫХ ШКАЛ И ГРАДАЦИЙ	18
3.1.1. Универсальная постановка задачи, не зависящая от предметной области	18
3.1.2. Конкретное решение задачи в данной работе	19
3.2. ЗАДАЧА-2. ФОРМАЛИЗАЦИЯ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ	19
3.2.1. Универсальная постановка задачи, не зависящая от предметной области	19
3.2.2. Конкретное решение задачи в данной работе	20
3.3. ЗАДАЧА-3. СИНТЕЗ СТАТИСТИЧЕСКИХ И СИСТЕМНО-КОГНИТИВНЫХ МОДЕЛЕЙ. МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ТИПИЗАЦИЯ И ЧАСТНЫЕ КРИТЕРИИ ЗНАНИЙ	26
3.3.1. Универсальная постановка задачи, не зависящая от предметной области	26
3.3.2. Конкретное решение задачи в данной работе	34
3.4. ЗАДАЧА-4. ВЕРИФИКАЦИЯ МОДЕЛЕЙ	39
3.4.1. Универсальная постановка задачи, не зависящая от предметной области	39
3.4.2. Конкретное решение задачи в данной работе	39
3.5. ЗАДАЧА-5. ВЫБОР НАИБОЛЕЕ ДОСТОВЕРНОЙ МОДЕЛИ	42
3.5.1. Универсальная постановка задачи, не зависящая от предметной области	42
3.5.2. Конкретное решение задачи в данной работе	42
3.6. ЗАДАЧА-6. СИСТЕМНАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ	43
3.6.1. Универсальная постановка задачи, не зависящая от предметной области	43
3.6.1.1. Интегральный критерий «Сумма знаний»	44
3.6.1.2. Интегральный критерий «Семантический резонанс знаний»	45
3.6.1.3. Важные математические свойства интегральных критериев	46
3.6.2. Конкретное решение задачи идентификации и прогнозирования в данной работе в системе «Эйдос»	47
3.7. ЗАДАЧА-7. ПОДДЕРЖКА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ	50
3.7.1. Упрощенный вариант принятия решений как обратная задача прогнозирования, позитивный и негативный информационные портреты классов, SWOT-анализ	50
3.7.1.1. Универсальная постановка задачи, не зависящая от предметной области	50
3.7.1.2. Конкретное решение задачи идентификации и прогнозирования в данной работе в системе «Эйдос»	51
3.7.2. Развитый алгоритм принятия решений в адаптивных интеллектуальных системах управления на основе АСК-анализа и системы «Эйдос»	52
3.7.2.1. Универсальная постановка задачи, не зависящая от предметной области	52
3.7.2.2. Конкретное решение задачи управления в данной работе в системе «Эйдос»	56
3.8. ЗАДАЧА-8. ИССЛЕДОВАНИЕ ОБЪЕКТА МОДЕЛИРОВАНИЯ ПУТЕМ ИССЛЕДОВАНИЯ ЕГО МОДЕЛИ	57
3.8.1. Инвертированные SWOT-диаграммы значений описательных шкал (семантические потенциалы)	57
3.8.1.1. Универсальная постановка задачи, не зависящая от предметной области	57

3.8.1.2. Конкретное решение задачи в данной работе	57
3.8.2. Кластерно-конструктивный анализ классов	59
3.8.2.1. Универсальная постановка задачи, не зависящая от предметной области	59
3.8.2.2. Конкретное решение задачи в данной работе	60
3.8.3. Кластерно-конструктивный анализ значений описательных шкал	63
3.8.3.1. Универсальная постановка задачи, не зависящая от предметной области	63
3.8.3.2. Конкретное решение задачи в данной работе	63
3.8.4. Модель знаний системы «Эйдос» и нелокальные нейроны	67
3.8.4.1. Универсальная постановка задачи, не зависящая от предметной области	67
3.8.4.2. Конкретное решение задачи в данной работе	68
3.8.5. Нелокальная нейронная сеть	69
3.8.5.1. Универсальная постановка задачи, не зависящая от предметной области	69
3.8.5.2. Конкретное решение задачи в данной работе	70
3.8.6. 3D-интегральные когнитивные карты	Ошибка! Закладка не определена.
3.8.6.1. Универсальная постановка задачи, не зависящая от предметной области	Ошибка! Закладка не определена.
3.8.6.2. Конкретное решение задачи в данной работе	Ошибка! Закладка не определена.
3.8.7. 2D-интегральные когнитивные карты содержательного сравнения классов (опосредованные нечеткие правдоподобные рассуждения)	71
3.8.7.1. Универсальная постановка задачи, не зависящая от предметной области	71
3.8.7.2. Конкретное решение задачи в данной работе	72
3.8.8. 2D-интегральные когнитивные карты содержательного сравнения значений факторов (опосредованные нечеткие правдоподобные рассуждения)	73
3.8.8.1. Универсальная постановка задачи, не зависящая от предметной области	73
3.8.8.2. Конкретное решение задачи в данной работе	73
3.8.9. Когнитивные функции	75
3.8.9.1. Универсальная постановка задачи, не зависящая от предметной области	75
3.8.9.2. Конкретное решение задачи в данной работе	75
3.8.10. Значимость описательных шкал и их градаций	77
3.8.10.1. Универсальная постановка задачи, не зависящая от предметной области	77
3.8.10.2. Конкретное решение задачи в данной работе	79
3.8.11. Степень детерминированности классов и классификационных шкал	82
3.8.11.1. Универсальная постановка задачи, не зависящая от предметной области	82
3.8.11.2. Конкретное решение задачи в данной работе	82
4. DISCUSSION (ОБСУЖДЕНИЕ)	84
5. CONCLUSIONS (ВЫВОДЫ)	86
REFERENCES (ЛИТЕРАТУРА)	87

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 систем в целом [1-4].

Аккумуляторные батареи электромобилей представляют собой сложные технические системы, состояние и эксплуатационные характеристики которых зависят от множества взаимосвязанных факторов. К их числу относятся модель автомобиля, тип аккумуляторной батареи, ее емкость, возраст транспортного средства, количество циклов зарядки, температурные условия эксплуатации, скорость зарядки, скорость разрядки, стиль вождения, внутреннее сопротивление и другие параметры. Совместное влияние этих факторов определяет текущее состояние батареи, скорость ее деградации и эксплуатационную пригодность.

Состояние аккумуляторной батареи и степень ее деградации являются ярко выраженными эмерджентными (системными) свойствами, зависящими от большого числа факторов, представимых как в числовой, так и в категориальной форме. Поэтому исследование причинно-следственных зависимостей в данной предметной области требует применения методов, позволяющих одновременно обрабатывать разнородные данные и выявлять скрытые закономерности их совместного влияния на результирующие показатели.

В ряде научных и прикладных исследований показано, что для анализа данных о состоянии аккумуляторных батарей электромобилей традиционно используются статистические методы, методы интеллектуального анализа данных, модели машинного обучения и прогнозные подходы. Однако применение таких методов нередко осложняется неоднородностью исходных данных, различием используемых шкал и необходимостью совместной интерпретации числовых и текстовых признаков.

В данной статье для анализа эмпирических данных в области эксплуатации аккумуляторных батарей электромобилей предлагается использовать Автоматизированный системно-когнитивный анализ (АСК-анализ) и его программный инструментарий — интеллектуальную систему «Эйдос». Приводится подробный численный пример на основе данных о деградации аккумуляторных батарей электромобилей и режимах их эксплуатации. Этот пример содержит разнообразные наглядные табличные и графические выходные формы и может использоваться для обучения применению АСК-анализа и системы «Эйдос» в исследованиях, связанных с диагностикой, оценкой состояния и анализом факторов деградации аккумуляторных систем электромобилей.

1.2. Объект и предмет исследования

Объект исследования (моделирования) – аккумуляторная батарея электромобиля.

Предмет исследования – влияние эксплуатационных, конструктивных и зарядных факторов на состояние аккумуляторной батареи, степень ее деградации и переход в различные классы технического состояния.

1.3. Проблема, решаемая в работе и ее актуальность

Спецификой данной задачи является то, что независимые переменные (факторы, влияющие на объект моделирования) имеют разнородную природу. Часть из них представлена в виде числовых переменных, таких как емкость батареи, возраст транспортного средства, количество циклов зарядки, температура, скорость зарядки, скорость разрядки, внутреннее сопротивление и процент состояния батареи. Другая часть представлена в виде лингвистических (категориальных) переменных, таких как модель автомобиля, тип аккумуляторной батареи, стиль вождения и состояние батареи.

Таким образом, в работе решается проблема построения гибридной модели, включающей как номинальные, так и числовые шкалы и обеспечивающей сопоставимую обработку данных, представленных в разных типах шкал и единицах измерения. Решение данной проблемы необходимо для выявления причинно-следственных зависимостей между параметрами эксплуатации аккумуляторной батареи и ее итоговым состоянием.

Актуальность работы определяется возрастающей ролью электромобилей в современной транспортной системе, а также высокой практической значимостью задач, связанных с оценкой состояния аккумуляторных батарей, прогнозированием их деградации и выявлением факторов, ускоряющих или замедляющих этот процесс. Решение подобных задач имеет научное и прикладное значение, поскольку позволяет повышать надежность эксплуатации электромобилей, обосновывать рекомендации по режимам использования батарей и совершенствовать методы интеллектуального анализа данных в данной предметной области.

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 инструментарию – 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

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

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.

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

² [https://yandex.ru/search/?text=Автоматизированный%20системно-когнитивный%20анализ%20В\(АСК-анализ\)&lr=35&clid=2327117-18&win=360](https://yandex.ru/search/?text=Автоматизированный%20системно-когнитивный%20анализ%20В(АСК-анализ)&lr=35&clid=2327117-18&win=360)

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>

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.

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 переходе объекта моделирования в то или иное состояние, соответствующее определенному классу [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-mldotnet-work>, <http://chat.openai.com/>,

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

<https://poe.com/>, <https://neural-university.ru/>,
<https://dzen.ru/a/ZCKZRKvrlEMBWO8>, <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 xb2net. 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 xb2net 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-приложения](#)⁷

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



Рисунок 1. Титульная видеограмма 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

(c) Авторизация в системе ЭЙДОС-X++
— □ ×

—Задайте имя и пароль:

Advantage Database Server (ADS) - OFF

Login :

Password :

—Особенности работы в системе:

- Если система в данной папке запускается впервые, то будет произведена ЛОКАЛИЗАЦИЯ системы, т.е. будут удалены все приложения и пользователи и заново прописаны пути на все базы данных по фактическому расположению системы.
- Новое окно главного меню можно открывать только после закрытия всех предыдущих.

—Главное, что делает система:

- Альберт Эйндшейм писал, что научные законы это лишь высказывания о повторениях в наблюдаемых явлениях. Конечно наверное он не шел в виду не сами законы природы, а лишь формулировки этих законов. В системе "Эйдос" эти наблюдения повторений называются событиями или фактами.
- Например, фактом является наблюдение определенного значения какого-либо свойства у объектов некоторой обобщенной категории (классов), или наблюдение определенного значения фактора при переходе объекта в будущее состояние, соответствующее к классу.
- Система "Эйдос" выявляет эмпирические закономерности в фактах и тем самым преобразует исходные данные в информацию, а ее в знания и решает на основе этих знаний задачи идентификации, прогнозирования, принятия решений и исследования моделируемой предметной области путем исследования ее модели.
- Кроме того система "Эйдос" выводит информацию об обнаруженных закономерностях в большом количестве разнообразных и оригинальных текстовых, табличных и графических выводных форм. Работы автора системы "Эйдос" проф.Е.В.Луценко, С" по АСК-анализу и системе "Эйдос":

[Кратко об АСК-анализе](#)
[Подборки публикаций по АСК-анализу](#)

[Скачать все публикации проф.Е.В.Луценко из Научного журнала КубГАУ \(> 2 Гб\)](#)

СЕРТИФИКАТ об освоении системы "Эйдос" от проф.Е.В.Луценко. ПОДДЕРЖКА

Ok
Cancel

(c) Авторизация в системе ЭЙДОС-X++
— □ ×

—Задайте имя и пароль:

Advantage Database Server (ADS) - OFF

Login :

Password :

—Особенности работы в системе:

- Если система в данной папке запускается впервые, то будет произведена ЛОКАЛИЗАЦИЯ системы, т.е. будут удалены все приложения и пользователи и заново прописаны пути на все базы данных по фактическому расположению системы.
- Новое окно главного меню можно открывать только после закрытия всех предыдущих.

—Объявление о получении магистерского образования по искусственному интеллекту в КубГУ:

В связи с высокой востребованностью на рынке труда специалистов в области цифровой экономики Кубанскому государственному университету оказано доверие и увеличено число бюджетных мест в магистратуру по приоритетному ИТ направлению до 75. Приглашаем получать высоквалифицированную подготовку по актуальным ИТ специальностям.

СПИСОК направлений подготовки магистрантов (очная и заочная формы обучения):

- 09.04.02 Информационные системы и технологии (Искусственный интеллект и машинное обучение);
- 09.04.02 Информационные системы и технологии (Искусственный интеллект и машинное обучение);
- 01.04.02 Прикладная математика и информатика (Матем.и инф. обеспечение экономической деятельности);
- 01.04.02 Прикладная математика и информатика (Матем.модели в естественных и технических);
- 01.04.02 Прикладная математика и информатика (Технологии программ и разн.инф.-компьютер. систем);
- 02.04.02 Физ.информатика и информ.технологии (Интеллектуальные системы и технологии).

3. КОНТАКТЫ: +79189800003, zavanna-05@mail.ru, докт.техн.наук Анна Владимировна Коваленко

[Кратко об АСК-анализе](#)
[Подборки публикаций по АСК-анализу](#)

[Скачать все публикации проф.Е.В.Луценко из Научного журнала КубГАУ \(> 2 Гб\)](#)

СЕРТИФИКАТ об освоении системы "Эйдос" от проф.Е.В.Луценко. ПОДДЕРЖКА

Ok
Cancel

(c) Авторизация в системе ЭЙДОС-X++
— □ ×

—Задайте имя и пароль:

Advantage Database Server (ADS) - OFF

Login :

Password :

—Особенности работы в системе:

- Если система в данной папке запускается впервые, то будет произведена ЛОКАЛИЗАЦИЯ системы, т.е. будут удалены все приложения и пользователи и заново прописаны пути на все базы данных по фактическому расположению системы.
- Новое окно главного меню можно открывать только после закрытия всех предыдущих.

—Announcement of own fonts of the Eidos system:

When trying to download your own fonts of the Eidos system from the folder:
c:\Videos\XVID_DATA\Fonts\ it is found that they are missing!!!

To fix the situation, you need to download the font update file
<http://ic.kubagro.ru/Fonts.exe> from the developer's website and deploy updates in the system folder: c:\Videos\X with the replacement of all files, and then run the system as usual.

If MS Windows is Russified, then you do not need to do all this, because everything will be work fine with standard MS Windows fonts.

[Кратко об АСК-анализе](#)
[Подборки публикаций по АСК-анализу](#)

[Скачать все публикации проф.Е.В.Луценко из Научного журнала КубГАУ \(> 2 Гб\)](#)

СЕРТИФИКАТ об освоении системы "Эйдос" от проф.Е.В.Луценко. ПОДДЕРЖКА

Ok
Cancel

(c) Авторизация в системе ЭЙДОС-X++
— □ ×

—Задайте имя и пароль:

Advantage Database Server (ADS) - OFF

Login :

Password :

—Особенности работы в системе:

- Если система в данной папке запускается впервые, то будет произведена ЛОКАЛИЗАЦИЯ системы, т.е. будут удалены все приложения и пользователи и заново прописаны пути на все базы данных по фактическому расположению системы.
- Новое окно главного меню можно открывать только после закрытия всех предыдущих.

—Приложение к размещению интеллектуальных облачков Эйдос-приложений:

Уважаемые пользователи системы "Эйдос" во всем мире <http://ic.kubagro.ru/maps.php!>

Приглашаю размещать свои интеллектуальные облачки Эйдос-приложения. Это делается в диспетчере приложений [вкладка 1.3]. Для разработки приложения рекомендуется ознакомиться с инструкцией для учащихся по адресу: http://ic.kubagro.ru/eidos/How_to_make_your_own_cloud_Eidos-application.pdf

Прошу вас отнестись ОТВЕТСТВЕННО к качеству разработки приложения и его описанию и размещать только разработанные вами лично приложения, описанные в соответствии со стандартом IMRAD. Это общепринятый в мире стандарт изложения научных результатов, принятый в наукометрических базах Scopus и Web of science (WoS). Описание, т.е. его текст и все выходные формы и скриншоты, должно ПОЛНОСТЬЮ соответствовать модели, полученной в системе "Эйдос" на приведенных исходных данных при выполнении всех пунктов этого описания. Примеры подробных описаний интеллектуальных облачков Эйдос-приложений приведены в работе автора и разработчика системы "Эйдос" проф.Е.В.Луценко, например по ссылке: <https://www.researchgate.net/publication/362211691>.

[Кратко об АСК-анализе](#)
[Подборки публикаций по АСК-анализу](#)

[Скачать все публикации проф.Е.В.Луценко из Научного журнала КубГАУ \(> 2 Гб\)](#)

СЕРТИФИКАТ об освоении системы "Эйдос" от проф.Е.В.Луценко. ПОДДЕРЖКА

Ok
Cancel

(c) Авторизация в системе ЭЙДОС-X++
— □ ×

—Задайте имя и пароль:

Advantage Database Server (ADS) - OFF

Login :

Password :

—Особенности работы в системе:

- Если система в данной папке запускается впервые, то будет произведена ЛОКАЛИЗАЦИЯ системы, т.е. будут удалены все приложения и пользователи и заново прописаны пути на все базы данных по фактическому расположению системы.
- Новое окно главного меню можно открывать только после закрытия всех предыдущих.

—Пояснение о некорректном запуске системы "Эйдос".

Студенты и некоторые другие пользователи иногда запускают систему "Эйдос" некорректно:

- в папке загрузки или на рабочем столе;
- в архиве инсталляции системы "Эйдос", который скачали с сайта разработчика;
- в папке, в пути на которую встречаются проблемы и кириллица.

Кроме того иногда систему запускают в одной и той же папке несколько раз, чем делать нельзя (ее можно запускать несколько раз одновременно на одном компьютере, но в разных папках).

Некорректный запуск системы "Эйдос" вызывает ошибку исполнения. Поэтому приходится проверять корректность запуска системы "Эйдос". Однако эта проверка занимает довольно много времени. Поэтому она оставлена только в моду

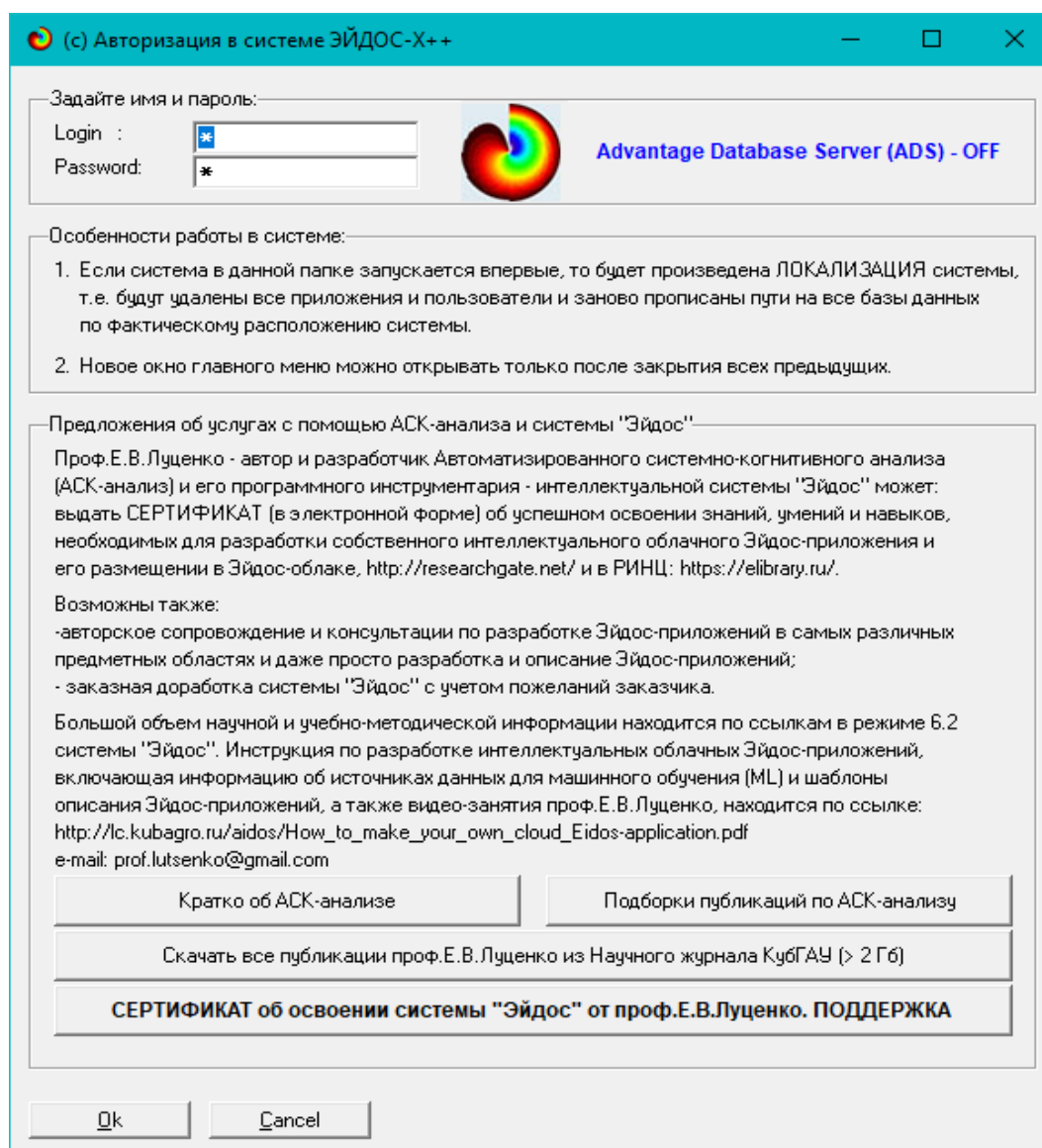


Рисунок 2. Титульные видеogramмы текущей версии системы «Эйдос»

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 переход аккумуляторной батареи электромобиля в различные состояния, соответствующие уровням ее технического состояния и степени деградации.

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**

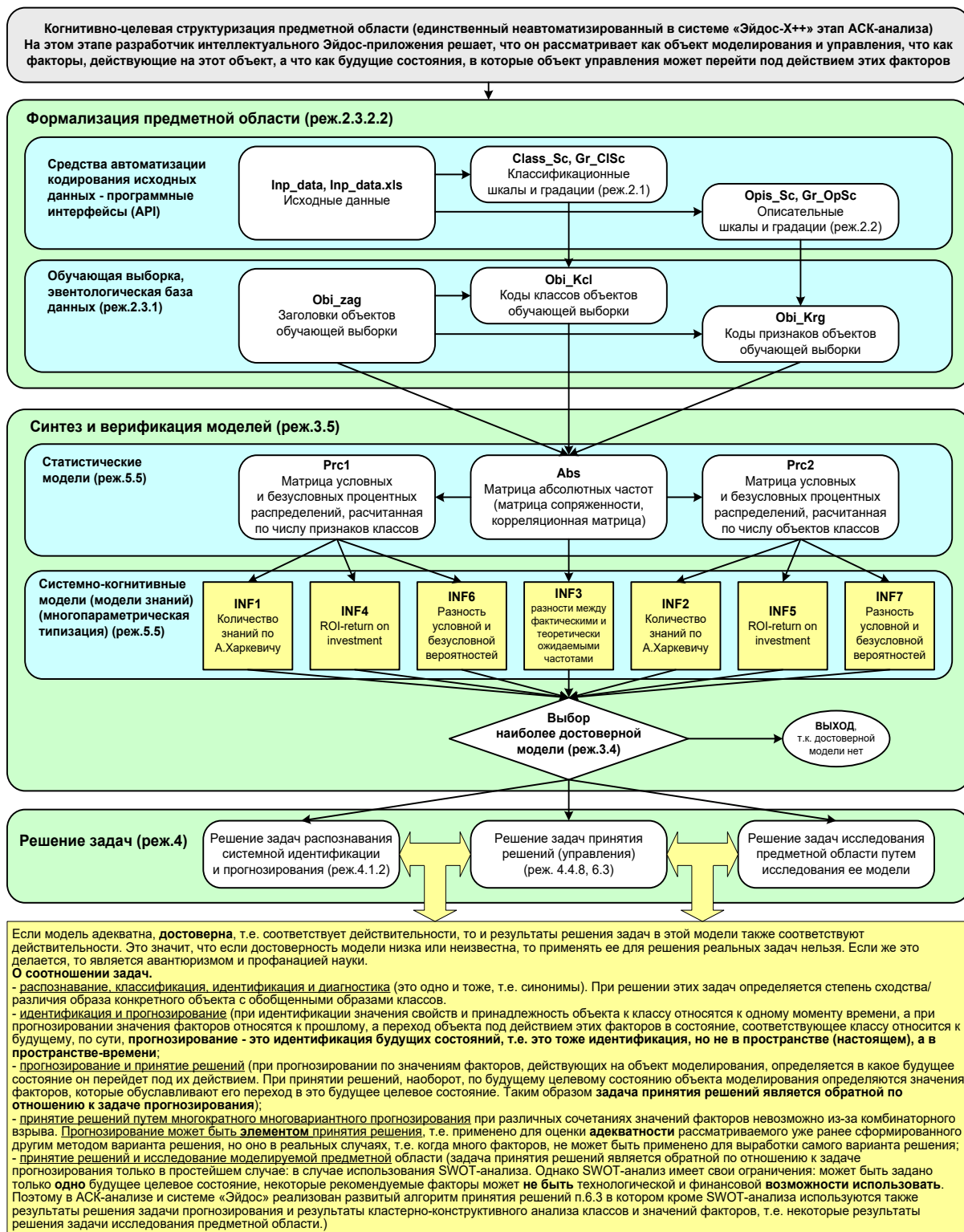


Рисунок 3. Последовательность преобразования исходных данных в информацию, а ее в знания и применения этих знаний для решения различных задач в системе «Эйдос» (этапы АСК-анализа)

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 слива, в качестве *факторов*: МОДЕЛЬ_АВТОМОБИЛЯ, ТИП_БАТАРЕИ, ЕМКОСТЬ_БАТАРЕИ_КВТ·Ч, ВОЗРАСТ_АВТОМОБИЛЯ_ЛЕТ, КОЛИЧЕСТВО_ЦИКЛОВ_ЗАРЯДКИ, ТЕМПЕРАТУРА_С, РЕЖИМ_ЗАРЯДА_РАЗРЯДА, СТИЛЬ_ВОЖДЕНИЯ, ИСПОЛЬЗОВАНИЕ_БЫСТРОЙ_ЗАРЯДКИ, ПРОБЕГ_КМ (таблица 1), а в качестве *результатов* действия этих факторов: СОСТОЯНИЕ_БАТАРЕИ (таблица 2):

Таблица 1 – Описательные шкалы (факторы)

KOD_OPSC	NAME_OPSC
1	МОДЕЛЬ_АВТОМОБИЛЯ
2	ТИП_БАТАРЕИ
3	ЕМКОСТЬ_БАТАРЕИ_КВТ·Ч
4	ВОЗРАСТ_АВТОМОБИЛЯ_ЛЕТ
5	КОЛИЧЕСТВО_ЦИКЛОВ_ЗАРЯДКИ
6	ТЕМПЕРАТУРА_С
7	РЕЖИМ_ЗАРЯДА_РАЗРЯДА
8	СТИЛЬ_ВОЖДЕНИЯ
9	ИСПОЛЬЗОВАНИЕ_БЫСТРОЙ_ЗАРЯДКИ
10	ПРОБЕГ_КМ

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

Таблица 2 – Классификационные шкалы (результаты действия факторов)

KOD_CLSC	NAME_CLSC
1	СОСТОЯНИЕ_БАТАРЕИ

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

Датасет сформирован на основе данных о деградации аккумуляторных батарей электромобилей и режимах их эксплуатации с сайта Kaggle (<https://www.kaggle.com/datasets/bertnardomarioskono/electric-vehicle-ev-battery-degradation-and-charge>) и содержит следующие атрибуты:

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

Таблица 3 – Исходные данные по деградации аккумуляторных батарей электромобилей

FileHomeInsertReferencesSend to SlidesPrintCommentsView

Calibri11A A

Ж К Ч

Буфер обменаШрифт

Выравнивание

ОбщийЧисло

Условное форматирование

Форматировать как таблицу

Стили ячеек

Вставить Удалить Формат ячеек

Автосумма Заполнить Очистить

Сортировка и фильтр

Найти и выделить

ev_battery_degradation.v1 - Excel

Ввод

Поделиться

Vehicle_ID,Car_Model,Battery_Type,Battery_Capacity_kWh,Vehicle_Age_Months>Total_Charging_Cycles,Avg_Temperature_C,Fast_Charge_Ratio,Avg_Discharge_Rate_C,Driving_Style,Internal_Resistance_Ohm,SoH_Percent,Battery_Status

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X
1	Vehicle_ID	Car_Model	Battery_Type	Battery_Capacity_kWh	Vehicle_Age_Months	Total_Charging_Cycles	Avg_Temperature_C	Fast_Charge_Ratio	Avg_Discharge_Rate_C	Driving_Style	Internal_Resistance_Ohm	SoH_Percent	Battery_Status										
2	1f046ae8	Tesla Model 3	NMC	75.0	41	390	21.5	0.51	2.22	Aggressive	0.0362	94.6	Healthy										
3	b7ef33aa	Tesla Model 3	NMC	75.0	29	401	18.0	0.62	1.34	Aggressive	0.0333	95.68	Healthy										
4	76cb49e0	Ford Mustang Mach-E	NMC	88.0	71	941	18.4	0.78	1.48	Conservative	0.0526	89.8	Healthy										
5	456a7aef	Ford Mustang Mach-E	NMC	88.0	57	378	10.8	0.61	0.72	Moderate	0.0314	96.29	Healthy										
6	bd758049	Tesla Model 3	NMC	75.0	58	239	30.0	0.89	1.48	Conservative	0.0297	96.75	Healthy										
7	d5f95b58	Hyundai Ioniq 5	NMC	72.6	27	225	20.0	0.35	2.5	Moderate	0.0265	98.07	Healthy										
8	b135d980	Hyundai Ioniq 5	NMC	72.6	49	734	3.2	0.51	0.65	Conservative	0.0401	94.2	Healthy										
9	a99c510d	Hyundai Ioniq 5	NMC	72.6	12	121	27.4	0.29	1.41	Moderate	0.0223	98.76	Healthy										
10	9d628060	Ford Mustang Mach-E	NMC	88.0	40	170	23.7	0.71	1.23	Conservative	0.0236	98.53	Healthy										
11	c06175d3	Wuling Air EV LFP	26.0	12	100	19.6	0.59	1.5	Conservative	0.0208	100.0	Healthy											
12	923c6da8	Tesla Model 3	NMC	75.0	55	526	25.0	0.75	1.7	Conservative	0.0335	94.76	Healthy										
13	357c23fd	Wuling Air EV LFP	26.0	51	718	19.9	0.26	1.34	Moderate	0.0288	96.42	Healthy											
14	663f1312	Wuling Air EV LFP	26.0	66	640	18.1	0.03	0.95	Aggressive	0.0263	96.2	Healthy											
15	ee2a3d36	BYD Atto 3	LFP	60.0	7	102	30.3	0.52	1.84	Aggressive	0.0211	98.95	Healthy										
16	6f170772	Ford Mustang Mach-E	NMC	88.0	55	504	7.3	0.48	0.96	Moderate	0.0324	95.28	Healthy										
17	41e10140	Tesla Model 3	NMC	75.0	81	948	23.1	0.67	1.93	Moderate	0.0503	90.14	Healthy										
18	0d0dd533	Ford Mustang Mach-E	NMC	88.0	33	335	30.7	0.67	1.12	Moderate	0.0319	95.97	Healthy										
19	017fbc34	Ford Mustang Mach-E	NMC	88.0	90	834	28.6	0.88	1.37	Conservative	0.0451	91.44	Healthy										
20	2744e263	Hyundai Ioniq 5	NMC	72.6	35	143	28.0	0.15	2.26	Moderate	0.0238	98.79	Healthy										
21	8462e303	Wuling Air EV LFP	26.0	67	951	20.1	0.36	0.9	Aggressive	0.034	93.36	Healthy											
22	2f0aefbd	Wuling Air EV LFP	26.0	60	577	23.7	0.83	2.12	Aggressive	0.03	95.22	Healthy											
23	b83c8e0d	Ford Mustang Mach-E	NMC	88.0	85	1188	23.5	0.83	1.13	Moderate	0.0573	87.1	Healthy										
24	1b172146	Tesla Model 3	NMC	75.0	57	660	36.3	0.79	1.53	Moderate	0.0467	91.38	Healthy										
25	35697bf7	Wuling Air EV LFP	26.0	24	351	24.5	0.84	1.46	Moderate	0.0227	98.36	Healthy											
26	b7747f37	Tesla Model 3	NMC	75.0	84	582	16.2	0.5	0.69	Aggressive	0.0425	92.86	Healthy										
27	4a53bf53	Wuling Air EV LFP	26.0	19	169	33.7	0.01	0.5	Moderate	0.0215	98.64	Healthy											
28	8b63ceff	Ford Mustang Mach-E	NMC	88.0	70	997	27.6	0.08	2.09	Conservative	0.0443	92.41	Healthy										
29	43c8dfb1	BYD Atto 3	LFP	60.0	16	173	24.3	0.75	2.41	Moderate	0.0254	98.67	Healthy										

ev_battery_degradation.v1

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»

Vehicle ID	Car Model	Battery Type	Battery Capacity kWh	Vehicle Age Months	Total Charging Cycles	Avg. Temperature C	Fast Charge Ratio	Avg. Discharge Rate	Driving Style	Internal Resistance Ohm	SoH Percent	Battery Status
1fb46ae8	Tesla Model 3	NMC	75	41	390	21,5	0,51	2,22	Aggressive	0,0362	94,6	Healthy
b7ef35aa	Tesla Model 3	NMC	75	29	401	18	0,62	1,34	Aggressive	0,0333	95,68	Healthy
76cb49e0	Ford Mustang Mach-E	NMC	88	71	941	18,4	0,78	1,48	Conservative	0,0526	89,8	Healthy
456a7aef	Ford Mustang Mach-E	NMC	88	57	378	10,8	0,61	0,72	Moderate	0,0314	96,29	Healthy
bd758049	Tesla Model 3	NMC	75	58	239	30,3	0,89	1,48	Conservative	0,0297	96,75	Healthy
d5f95b58	Hyundai Ioniq 5	NMC	72,6	27	225	20	0,35	2,5	Moderate	0,0265	98,07	Healthy
b135d980	Hyundai Ioniq 5	NMC	72,6	49	734	3,2	0,51	0,65	Conservative	0,0401	94,2	Healthy
a99c510d	Hyundai Ioniq 5	NMC	72,6	12	121	27,4	0,29	1,41	Moderate	0,0223	98,76	Healthy
9d628060	Ford Mustang Mach-E	NMC	88	40	170	23,7	0,71	1,23	Conservative	0,0236	98,53	Healthy
c06175d3	Wuling Air EV	LFP	26	12	100	19,6	0,59	1,5	Conservative	0,0208	100	Healthy
923c6da8	Tesla Model 3	NMC	75	55	526	25	0,75	1,7	Conservative	0,0335	94,76	Healthy
357c23df	Wuling Air EV	LFP	26	51	718	19,9	0,26	1,34	Moderate	0,0288	96,42	Healthy
663f1312	Wuling Air EV	LFP	26	66	640	18,1	0,03	0,95	Aggressive	0,0263	96,2	Healthy
ee2a3d36	BYD Atto 3	LFP	60	7	102	30,3	0,52	1,84	Aggressive	0,0211	98,95	Healthy
6f170772	Ford Mustang Mach-E	NMC	88	55	504	7,3	0,48	0,96	Moderate	0,0324	95,28	Healthy
41e10140	Tesla Model 3	NMC	75	81	948	23,1	0,67	1,93	Moderate	0,0503	90,14	Healthy
0d0dd533	Ford Mustang Mach-E	NMC	88	33	335	30,7	0,67	1,12	Moderate	0,0319	95,97	Healthy
d17fbc34	Ford Mustang Mach-E	NMC	88	90	834	28,6	0,88	1,37	Conservative	0,0451	91,44	Healthy
2744e2d3	Hyundai Ioniq 5	NMC	72,6	35	143	28,6	0,15	2,26	Moderate	0,0238	98,79	Healthy
8,46E+306	Wuling Air EV	LFP	26	67	951	20,1	0,36	0,9	Aggressive	0,034	93,36	Healthy
2f0aefbd	Wuling Air EV	LFP	26	60	577	23,7	0,83	2,12	Aggressive	0,03	95,22	Healthy
b83c8e0d	Ford Mustang Mach-E	NMC	88	85	1188	23,5	0,83	1,13	Moderate	0,0573	87,1	Healthy
1b172146	Tesla Model 3	NMC	75	57	660	36,3	0,79	1,53	Moderate	0,0467	91,38	Healthy
356977bf	Wuling Air EV	LFP	26	24	351	24,5	0,84	1,46	Moderate	0,0227	98,36	Healthy
b7747f37	Tesla Model 3	NMC	75	84	582	16,2	0,5	0,69	Aggressive	0,0425	92,86	Healthy
4a53bf53	Wuling Air EV	LFP	26	19	169	33,7	0,01	0,5	Moderate	0,0215	98,64	Healthy
8b63ceff	Ford Mustang Mach-E	NMC	88	70	997	27,6	0,08	2,09	Conservative	0,0443	92,41	Healthy
43c8dfb1	BYD Atto 3	LFP	60	16	173	24,3	0,75	2,41	Moderate	0,0254	98,67	Healthy

Таблица имеет следующую структуру:

- каждая строка описывает одно наблюдение, соответствующее определенной аккумуляторной батарее электромобиля или одному состоянию ее эксплуатации, с определенным сочетанием значений факторов и определенным результатом, характеризующим состояние батареи;

- каждое наблюдение описывается одновременно двумя способами: с одной стороны значениями факторов, действующих на объект моделирования (лингвистические и числовые переменные, градации описательных шкал, бесцветный фон в таблице), а с другой стороны результатами действия этих факторов, т.е. состоянием батареи, выраженным в классификационной шкале (желтый фон). Такая структура описания наблюдений в технологиях искусственного интеллекта называется «онтологией» и в модели представления знаний Марвина Мински (1975) называется «фрейм-экземпляр»;

- 1-я колонка (A) — не является шкалой и содержит номер наблюдения или другую идентифицирующую информацию;

- колонки со 2-й по 11-ю (B-K) — это описательные шкалы, формализующие факторы, действующие на объект моделирования. Эти шкалы имеют числовой и текстовый тип, а их градациями являются лингвистические и числовые переменные (модель автомобиля, тип батареи, емкость батареи, возраст автомобиля, количество циклов зарядки, температура, режим заряда-разряда, стиль вождения, использование быстрой зарядки, пробег);

- колонка 12-я (L) — это классификационная шкала, описывающая результат действия факторов, а именно состояние батареи. В общем случае в исходных данных может быть значительно больше классификационных

шкал. В системе «Эйдос» существует ограничение на суммарное количество градаций классификационных шкал: их должно быть не более 2032;

– при вводе данных в систему «Эйдос» нули и пробелы в исходных данных могут рассматриваться как значащие или как отсутствие данных. В данной работе использован вариант, при котором они считаются отсутствием данных.

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 нечисловой 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 3.

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, которые могут быть представлены в этих форматах (рисунок 4).

2.3.2. Программные интерфейсы с внешними базами данных	2.3.2.1. Импорт данных из текстовых файлов
	2.3.2.2. Универсальный программный интерфейс импорта данных в систему
	2.3.2.3. Импорт данных из транспонированных внешних баз данных
	2.3.2.4. Оцифровка изображений по внешним контурам
	2.3.2.5. Оцифровка изображений по всем пикселям и спектру
	2.3.2.6. Сценарный АСК-анализ символьных и числовых рядов
	2.3.2.7. Транспонирование файлов исходных данных
	2.3.2.8. Объединение нескольких файлов исходных данных в один
	2.3.2.9. Разбиение TXT-файла на файлы-абзацы
	2.3.2.10. CSV => DBF конвертер системы "Эйдос"
	2.3.2.11. Прогноз событий по астропараметрам по Н.А.Чердиченко
	2.3.2.12. Прогнозирование землетрясений методом Н.А.Чердиченко
	2.3.2.13. Чемпионат RAIF-Challenge 2017-API-bank
	2.3.2.14. Чемпионат RAIF-Challenge 2017-API-retail
	2.3.2.15. Вставка промежуточных строк в файл исходных данных Inp_data

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 желпах этого режима (рисунки 5):

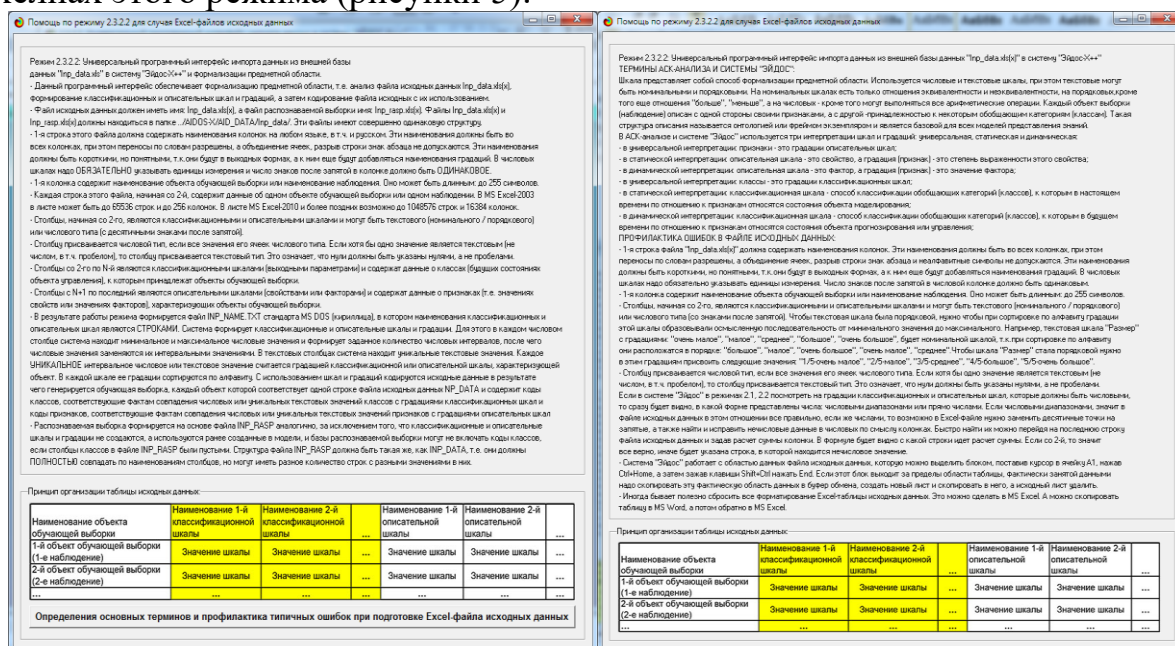


Рисунок 5. Желпы API-2.3.2.2 системы «Эйдос»

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-X++"

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

Задайте тип файла исходных данных: "Inp_data":

☐ XLS - MS Excel-2003 Стандарт XLS-файла

☒ XLSX - MS Excel-2007(2010) Стандарт 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: 13

Конечный столбец: 13

Задайте диапазон столбцов описательных шкал:

Начальный столбец: 2

Конечный столбец: 12

Задайте режим:

☒ Формализации предметной области (на основе "Inp_data")

☐ Генерации распознаваемой выборки (на основе "Inp_rasp")

Задайте способ выбора размера интервалов:

☒ Равные интервалы с разным числом наблюдений

☐ Разные интервалы с равным числом наблюдений

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

☒ Не применять сценарный метод АСК-анализа

☐ Применить сценарный метод АСК-анализа

☐ Применить спец.интерпретацию текстовых полей классов

☐ Применить спец.интерпретацию текстовых полей признаков

Параметры интерпретации значений текстовых полей "Inp_data":

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

Интерпретация TXT-полей признаков:
Значения полей текстовых описательных шкал файла исходных данных "Inp_data" рассматриваются как целое

Какие наименования ГРАДАЦИЙ числовых шкал использовать:

☒ Только интервальные числовые значения (например: "1/3-(59873.0000000, 178545.6666667)")

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

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

Старт 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 значения, 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	СОСТОЯНИЕ_БАТАРЕИ-1/N-[1-й класс состояния]
2	СОСТОЯНИЕ_БАТАРЕИ-2/N-[2-й класс состояния]
3	СОСТОЯНИЕ_БАТАРЕИ-3/N-[3-й класс состояния]
...	...
N	СОСТОЯНИЕ_БАТАРЕИ-N/N-[Наименование класса]

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

Таблица 6 – Описательные шкалы и градации (полностью)

KOD_ATR	NAME_ATR
1	МОДЕЛЬ_АВТОМОБИЛЯ-1/N-[1-е значение]
...	...
N	МОДЕЛЬ_АВТОМОБИЛЯ-N/N-[Значение модели]
...	...
N	ТИП_БАТАРЕИ-1/N-[1-е значение]
...	...
N	ТИП_БАТАРЕИ-N/N-[Значение типа]
...	...
N	ЕМКОСТЬ_БАТАРЕИ_КВТ·Ч-1/N-[Интервал]
...	...
N	ВОЗРАСТ_АВТОМОБИЛЯ_ЛЕТ-1/N-[Интервал]
...	...
N	КОЛИЧЕСТВО_ЦИКЛОВ_ЗАРЯДКИ-1/N-[Интервал]
...	...
N	ТЕМПЕРАТУРА_С-1/N-[Интервал]
...	...
N	РЕЖИМ_ЗАРЯДА_РАЗРЯДА-1/N-[Значение]
...	...
N	СТИЛЬ_ВОЖДЕНИЯ-1/N-[Значение]
...	...
N	ИСПОЛЬЗОВАНИЕ_БЫСТРОЙ_ЗАРЯДКИ-1/N-[Значение]
...	...
N	ПРОБЕГ_КМ-1/N-[Интервал]

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

Таблица 7 – Обучающая выборка (полностью)

NAME_OB J	N_CAR_MODE L	N_BATTERY_TYP E	N_BATTERY_CAPACIT Y	...	N_BATTERY_STATU S
1	3	1	3	...	7
2	1	1	3	...	8
3	2	1	3	...	8
...	...	...	...	...	...
N	N	N	N	...	N

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				$N_{\Sigma j} = \sum_{i=1}^M N_{ij}$			$N_{\Sigma\Sigma} = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^W N_{ij}$
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 матрицы 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 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	---	
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	$I_{ij} = \Psi \times \log_2 \frac{P_{ij}}{P_i}$	$I_{ij} = \Psi \times \log_2 \frac{N_{ij}}{\bar{N}_{ij}} = \Psi \times \log_2 \frac{N_{ij} N}{N_i N_j}$
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.		
INF3 , 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		
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		

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	...	j	...	W	
Значения факторов	1	I_{11}		I_{1j}		I_{1W}	$\sigma_{1\Sigma} = \sqrt[2]{\frac{1}{W-1} \sum_{j=1}^W (I_{1j} - \bar{I}_1)^2}$
	...						
	i	I_{i1}		I_{ij}		I_{iW}	$\sigma_{i\Sigma} = \sqrt[2]{\frac{1}{W-1} \sum_{j=1}^W (I_{ij} - \bar{I}_i)^2}$
	...						
	M	I_{M1}		I_{Mj}		I_{MW}	$\sigma_{M\Sigma} = \sqrt[2]{\frac{1}{W-1} \sum_{j=1}^W (I_{Mj} - \bar{I}_M)^2}$
Степень редукции класса		$\sigma_{\Sigma 1}$		$\sigma_{\Sigma j}$		$\sigma_{\Sigma W}$	$H = \sqrt[2]{\frac{1}{(W \cdot M - 1)} \sum_{j=1}^W \sum_{i=1}^M (I_{ij} - \bar{I})^2}$

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	INF3, 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 INF3), 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 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

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

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 вариабельность 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):

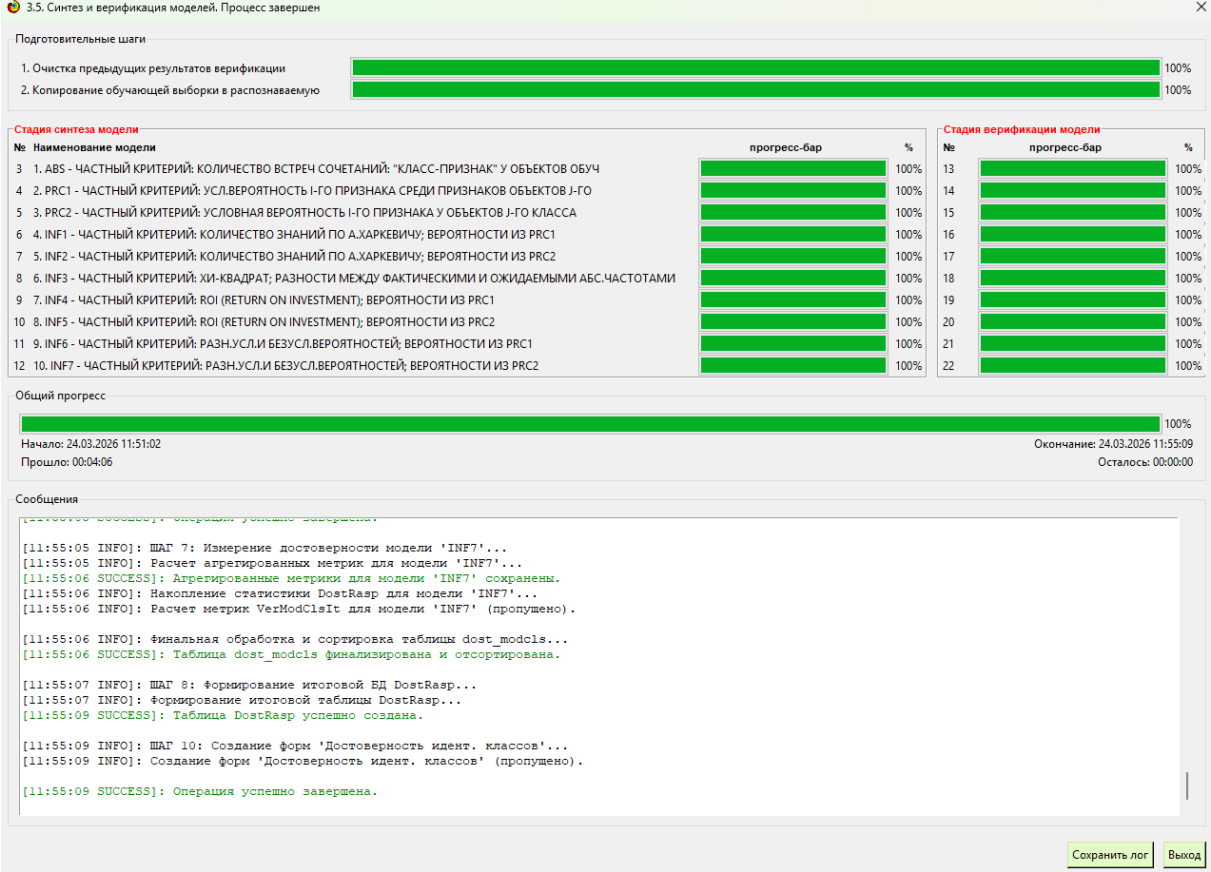


Рисунок 7. Экранные формы режима синтеза и верификации моделей

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) **ОМОЦ**

Модель: "Abs"

Код признака	Описательные шкалы и градации (признаки)	1 - Battery_Status - Healthy	2 - Battery_Status - Replace Required	Сумма	Среднее	Средн. квадр. отклонение	Средний модуль отклонения от среднего
1	Car_Model - BYD Atto 3	2032.000		2032.000	1016.000	1436.841	1016.000
2	Car_Model - Ford Mustang Mach-E	2007.000	2.000	2009.000	1004.500	1417.749	1002.500
3	Car_Model - Hyundai Ioniq 5	2002.000	1.000	2003.000	1001.500	1414.921	1000.500
4	Car_Model - Tesla Model 3	2007.000	1.000	2008.000	1004.000	1418.456	1003.000
5	Car_Model - Wuling Air EV	1948.000		1948.000	974.000	1377.444	974.000
6	Battery_Type - LFP	3980.000		3980.000	1990.000	2814.285	1990.000
7	Battery_Type - NMC	6016.000	4.000	6020.000	3010.000	4251.126	3006.000
8	Battery_Capacity_kWh - 1/5-{26.0000000, 38.4000000}	1948.000		1948.000	974.000	1377.444	974.000
9	Battery_Capacity_kWh - 2/5-{38.4000000, 50.8000000}						
10	Battery_Capacity_kWh - 3/5-{50.8000000, 63.2000000}	2032.000		2032.000	1016.000	1436.841	1016.000
11	Battery_Capacity_kWh - 4/5-{63.2000000, 75.6000000}	4009.000	2.000	4011.000	2005.500	2833.377	2003.500
12	Battery_Capacity_kWh - 5/5-{75.6000000, 88.0000000}	2007.000	2.000	2009.000	1004.500	1417.749	1002.500
13	Vehicle_Age_Months - 1/5-{1.0000000, 20.0000000}	2073.000		2073.000	1036.500	1465.832	1036.500
14	Vehicle_Age_Months - 2/5-{20.0000000, 39.0000000}	1980.000		1980.000	990.000	1400.071	990.000
15	Vehicle_Age_Months - 3/5-{39.0000000, 58.0000000}	2018.000		2018.000	1009.000	1426.941	1009.000
16	Vehicle_Age_Months - 4/5-{58.0000000, 77.0000000}	2058.000	1.000	2059.000	1029.500	1454.519	1028.500
17	Vehicle_Age_Months - 5/5-{77.0000000, 96.0000000}	1867.000	3.000	1870.000	935.000	1318.047	932.000
18	Total_Charging_Cycles - 1/5-{4.0000000, 290.4000000}	3614.000		3614.000	1807.000	2555.484	1807.000
19	Total_Charging_Cycles - 2/5-{290.4000000, 576.8000000}	3219.000		3219.000	1609.500	2276.177	1609.500
20	Total_Charging_Cycles - 3/5-{576.8000000, 863.2000000}	1900.000		1900.000	950.000	1343.503	950.000
21	Total_Charging_Cycles - 4/5-{863.2000000, 1149.6000000}	968.000	2.000	970.000	485.000	683.065	483.000
22	Total_Charging_Cycles - 5/5-{1149.6000000, 1436.0000000}	295.000	2.000	297.000	148.500	207.182	146.500
23	Avg_Temperature_C - 1/5-{12.9000000, 0.5400000}	10.000		10.000	5.000	7.071	5.000

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) **ОМОЩ**

Модель: "Prc2"

Код признака	Описательные шкалы и градации (признаки)	1 - Battery_Status - Healthy	2 - Battery_Status - Replace Required	Безусловная вероятность	Среднее	Средн. квадр. отклонение	Средний модуль отклонения от среднего
1	Car_Model - BYD Atto 3	20.328		20.320	10.164	14.374	10.164
2	Car_Model - Ford Mustang Mach-E	20.078	50.000	20.090	35.039	21.158	14.961
3	Car_Model - Hyundai Ioniq 5	20.028	25.000	20.030	22.514	3.516	2.486
4	Car_Model - Tesla Model 3	20.078	25.000	20.080	22.539	3.480	2.461
5	Car_Model - Wuling Air EV	19.488		19.480	9.744	13.780	9.744
6	Battery_Type - LFP	39.816		39.800	19.908	28.154	19.908
7	Battery_Type - NMC	60.184	100.000	60.200	80.092	28.154	19.908
8	Battery_Capacity_kWh - 1/5-{26.0000000, 38.4000000}	19.488		19.480	9.744	13.780	9.744
9	Battery_Capacity_kWh - 2/5-{38.4000000, 50.8000000}						
10	Battery_Capacity_kWh - 3/5-{50.8000000, 63.2000000}	20.328		20.320	10.164	14.374	10.164
11	Battery_Capacity_kWh - 4/5-{63.2000000, 75.6000000}	40.106	50.000	40.110	45.053	6.996	4.947
12	Battery_Capacity_kWh - 5/5-{75.6000000, 88.0000000}	20.078	50.000	20.090	35.039	21.158	14.961
13	Vehicle_Age_Months - 1/5-{1.0000000, 20.0000000}	20.738		20.730	10.369	14.664	10.369
14	Vehicle_Age_Months - 2/5-{20.0000000, 39.0000000}	19.808		19.800	9.904	14.006	9.904
15	Vehicle_Age_Months - 3/5-{39.0000000, 58.0000000}	20.188		20.180	10.094	14.275	10.094
16	Vehicle_Age_Months - 4/5-{58.0000000, 77.0000000}	20.588	25.000	20.590	22.794	3.120	2.206
17	Vehicle_Age_Months - 5/5-{77.0000000, 96.0000000}	18.677	75.000	18.700	46.839	39.826	28.161
18	Total_Charging_Cycles - 1/5-{4.0000000, 290.4000000}	36.154		36.140	18.077	25.565	18.077
19	Total_Charging_Cycles - 2/5-{290.4000000, 576.8000000}	32.203		32.190	16.101	22.771	16.101
20	Total_Charging_Cycles - 3/5-{576.8000000, 863.2000000}	19.008		19.000	9.504	13.440	9.504
21	Total_Charging_Cycles - 4/5-{863.2000000, 1149.6000000}	9.684	50.000	9.700	29.842	28.508	20.158
22	Total_Charging_Cycles - 5/5-{1149.6000000, 1436.0000000}	2.951	50.000	2.970	26.476	33.269	23.524
23	Avg_Temperature_C - 1/5-{-12.9000000, 0.5400000}	0.100		0.100	0.050	0.071	0.050

Рисунок 9. Статистическая модель «Prc2», матрица условных и безусловных процентных распределений (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) **ОМОЦ**

Модель: "Inf1"

Код признака	Описательные шкалы и градации (признаки)	1 - Battery_Status - Healthy	2 - Battery_Status - Replace Required	Сумма	Среднее	Средн. квадр. отклонение	Средний модуль отклонения от среднего
1	Car_Model - BYD Atto 3	0.000		0.000	0.000	0.000	0.000
2	Car_Model - Ford Mustang Mach-E	-0.000	0.079	0.078	0.039	0.056	0.039
3	Car_Model - Hyundai Ioniq 5	-0.000	0.019	0.019	0.010	0.013	0.010
4	Car_Model - Tesla Model 3	-0.000	0.019	0.019	0.009	0.013	0.009
5	Car_Model - Wuling Air EV	0.000		0.000	0.000	0.000	0.000
6	Battery_Type - LFP	0.000		0.000	0.000	0.000	0.000
7	Battery_Type - NMC	-0.000	0.044	0.044	0.022	0.031	0.022
8	Battery_Capacity_kWh - 1/5-{26.0000000, 38.4000000}	0.000		0.000	0.000	0.000	0.000
9	Battery_Capacity_kWh - 2/5-{38.4000000, 50.8000000}						
10	Battery_Capacity_kWh - 3/5-{50.8000000, 63.2000000}	0.000		0.000	0.000	0.000	0.000
11	Battery_Capacity_kWh - 4/5-{63.2000000, 75.6000000}	-0.000	0.019	0.019	0.009	0.013	0.009
12	Battery_Capacity_kWh - 5/5-{75.6000000, 88.0000000}	-0.000	0.079	0.078	0.039	0.056	0.039
13	Vehicle_Age_Months - 1/5-{1.0000000, 20.0000000}	0.000		0.000	0.000	0.000	0.000
14	Vehicle_Age_Months - 2/5-{20.0000000, 39.0000000}	0.000		0.000	0.000	0.000	0.000
15	Vehicle_Age_Months - 3/5-{39.0000000, 58.0000000}	0.000		0.000	0.000	0.000	0.000
16	Vehicle_Age_Months - 4/5-{58.0000000, 77.0000000}	-0.000	0.017	0.017	0.008	0.012	0.008
17	Vehicle_Age_Months - 5/5-{77.0000000, 96.0000000}	-0.000	0.120	0.120	0.060	0.085	0.060
18	Total_Charging_Cycles - 1/5-{4.0000000, 290.4000000}	0.000		0.000	0.000	0.000	0.000
19	Total_Charging_Cycles - 2/5-{290.4000000, 576.8000000}	0.000		0.000	0.000	0.000	0.000
20	Total_Charging_Cycles - 3/5-{576.8000000, 863.2000000}	0.000		0.000	0.000	0.000	0.000
21	Total_Charging_Cycles - 4/5-{863.2000000, 1149.6000000}	-0.000	0.141	0.141	0.071	0.100	0.071
22	Total_Charging_Cycles - 5/5-{1149.6000000, 1436.0000000}	-0.001	0.243	0.243	0.121	0.172	0.122
23	Avg_Temperature_C - 1/5-{-12.9000000, 0.5400000}	0.000		0.000	0.000	0.000	0.000

Рисунок 10. Системно-когнитивная модель «INF1», матрица информативностей (по А.Харкевичу) (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) **ОМОЩ**

Модель: "Inf3"

Код признака	Описательные шкалы и градации (признаки)	1 - Battery_Status - Healthy	2 - Battery_Status - Replace Required	Сумма	Среднее	Средн. квадр. отклонение	Средний модуль отклонения от среднего
1	Car_Model - BYD Atto 3	0.813	-0.813	0.000	0.000	1.150	0.813
2	Car_Model - Ford Mustang Mach-E	-1.196	1.196	0.000	0.000	1.691	1.196
3	Car_Model - Hyundai Ioniq 5	-0.198	0.198	0.000	0.000	0.281	0.198
4	Car_Model - Tesla Model 3	-0.196	0.196	-0.000	-0.000	0.278	0.196
5	Car_Model - Wuling Air EV	0.780	-0.780	0.000	0.000	1.102	0.780
6	Battery_Type - LFP	1.593	-1.593	0.000	0.000	2.252	1.593
7	Battery_Type - NMC	-1.591	1.591	-0.000	-0.000	2.250	1.591
8	Battery_Capacity_kWh - 1/5-{26.0000000, 38.4000000}	0.780	-0.780	0.000	0.000	1.102	0.780
9	Battery_Capacity_kWh - 2/5-{38.4000000, 50.8000000}						
10	Battery_Capacity_kWh - 3/5-{50.8000000, 63.2000000}	0.813	-0.813	0.000	0.000	1.150	0.813
11	Battery_Capacity_kWh - 4/5-{63.2000000, 75.6000000}	-0.395	0.395	-0.000	-0.000	0.559	0.395
12	Battery_Capacity_kWh - 5/5-{75.6000000, 88.0000000}	-1.196	1.196	0.000	0.000	1.691	1.196
13	Vehicle_Age_Months - 1/5-{1.0000000, 20.0000000}	0.830	-0.830	0.000	0.000	1.173	0.830
14	Vehicle_Age_Months - 2/5-{20.0000000, 39.0000000}	0.792	-0.792	0.000	0.000	1.121	0.792
15	Vehicle_Age_Months - 3/5-{39.0000000, 58.0000000}	0.808	-0.808	0.000	0.000	1.142	0.808
16	Vehicle_Age_Months - 4/5-{58.0000000, 77.0000000}	-0.176	0.176	0.000	0.000	0.249	0.176
17	Vehicle_Age_Months - 5/5-{77.0000000, 96.0000000}	-2.252	2.252	0.000	0.000	3.184	2.252
18	Total_Charging_Cycles - 1/5-{4.0000000, 290.4000000}	1.446	-1.446	-0.000	-0.000	2.045	1.446
19	Total_Charging_Cycles - 2/5-{290.4000000, 576.8000000}	1.288	-1.288	-0.000	-0.000	1.822	1.288
20	Total_Charging_Cycles - 3/5-{576.8000000, 863.2000000}	0.760	-0.760	-0.000	-0.000	1.075	0.760
21	Total_Charging_Cycles - 4/5-{863.2000000, 1149.6000000}	-1.612	1.612	-0.000	-0.000	2.279	1.612
22	Total_Charging_Cycles - 5/5-{1149.6000000, 1436.0000000}	-1.881	1.881	-0.000	-0.000	2.660	1.881
23	Avg_Temperature_C - 1/5-{12.9000000, 0.5400000}	0.004	-0.004	-0.000	-0.000	0.006	0.004

Рисунок 11 . Системно-когнитивная модель «INF3», матрица Хи-квадрат (по К.Пирсону) (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 Ризбергена, а также по критериям L1- L2-мерам проф. Е.В.Луценко, которые предложены для того, чтобы смягчить или полностью преодолеть некоторые недостатки F-меры [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 INF3 (хи-квадрат К.Пирсона) с интегральным критерием: «Сумма знаний»: $L1=0.952$ при максимуме 1 (рисунок 12). *Эту модель и будем использовать для решения поставленных в работе задач.*

3.4. Обобщенная форма достоверности при разнотипности. (Приложение: Система прогнозирования деградации и зарядки аккумулятора электромобиля)

№	Наименование модели и частного критерия	Интегральный критерий	Всего логических объектов выборки	Число истинно-положительных решений (TP)	Число истинно-отрицательных решений (TN)	Число ложно-положительных решений (FP)	Число ложно-отрицательных решений (FN)	Точность модели	Полнота модели	F-мера Ван Ризбергера	Сумма модулей уровней истинности-складываемости (STP)	Сумма модулей уровней истинности-отрицательности (STN)
1	ABS - частный критерий: количество встреч сочетаний "класс-признак" у объектов обуч. выборки	корреляция abs частот с обр. объекта	10000	9904	4348	5052	96	0.662	0.990	0.794	5171.659	1153.574
2	ABS - частный критерий: количество встреч сочетаний "класс-признак" у объектов обуч. выборки	сумма abs частот по признакам объекта	10000	10000	112	9888	0	0.503	1.000	0.669	8186.682	0.000
3	PRC1 - частный критерий: усл. вероятность i-го признака среди признаков объектов i-го класса	корреляция усл.отн. частот с обр. объекта	10000	9904	4348	5052	96	0.662	0.990	0.794	5171.659	1153.574
4	PRC1 - частный критерий: усл. вероятность i-го признака среди признаков объектов i-го класса	сумма усл.отн. частот по признакам объекта	10000	10000	112	9888	0	0.503	1.000	0.669	5211.987	0.000
5	PRC2 - частный критерий: условная вероятность i-го признака у объектов i-го класса	корреляция усл.отн. частот с обр. объекта	10000	9904	4348	5052	96	0.662	0.990	0.794	5171.659	1153.574
6	PRC2 - частный критерий: условная вероятность i-го признака у объектов i-го класса	сумма усл.отн. частот по признакам объекта	10000	10000	112	9888	0	0.503	1.000	0.669	5209.856	0.000
7	INF1 - частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу; вероятности из PRC1	семантический резонанс знаний	10000	9151	9906	94	849	0.990	0.915	0.951	1965.609	2577.476
8	INF1 - частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу; вероятности из PRC1	сумма знаний	10000	7400	826	9174	2600	0.446	0.740	0.557	4.320	12.190
9	INF2 - частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу; вероятности из PRC2	семантический резонанс знаний	10000	9151	9906	94	849	0.990	0.915	0.951	1965.395	2577.176
10	INF2 - частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу; вероятности из PRC2	сумма знаний	10000	7400	826	9174	2600	0.446	0.740	0.557	4.320	12.166
11	INF3 - частный критерий: Хи-квадрат; разности между фактическими и ожидаемыми abs частотами	семантический резонанс знаний	10000	8595	8595	1405	1405	0.860	0.860	0.860	3284.537	3284.537
12	INF3 - частный критерий: Хи-квадрат; разности между фактическими и ожидаемыми abs частотами	сумма знаний	10000	8595	8595	1405	1405	0.860	0.860	0.860	3283.685	3283.685
13	INF4 - частный критерий: ROI (Return On Investment); вероятности из PRC1	семантический резонанс знаний	10000	9148	10000	0	852	1.000	0.915	0.956	2467.455	2415.081
14	INF4 - частный критерий: ROI (Return On Investment); вероятности из PRC1	сумма знаний	10000	7400	677	9323	2600	0.443	0.740	0.554	3.994	0.033
15	INF5 - частный критерий: ROI (Return On Investment); вероятности из PRC2	семантический резонанс знаний	10000	9148	10000	0	852	1.000	0.915	0.956	2467.422	2415.122
16	INF5 - частный критерий: ROI (Return On Investment); вероятности из PRC2	сумма знаний	10000	7400	677	9323	2600	0.443	0.740	0.554	3.994	0.033
17	INF6 - частный критерий: разн. усл. и безуслов. вероятностей; вероятности из PRC1	семантический резонанс знаний	10000	7877	8422	1578	2123	0.833	0.788	0.810	3059.746	1894.616
18	INF6 - частный критерий: разн. усл. и безуслов. вероятностей; вероятности из PRC1	сумма знаний	10000	8595	858	9142	1405	0.485	0.860	0.620	5.074	24.674
19	INF7 - частный критерий: разн. усл. и безуслов. вероятностей; вероятности из PRC2	семантический резонанс знаний	10000	7876	8422	1578	2124	0.833	0.788	0.810	3059.680	1894.078
20	INF7 - частный критерий: разн. усл. и безуслов. вероятностей; вероятности из PRC2	сумма знаний	10000	8595	858	9142	1405	0.485	0.860	0.620	5.072	24.623

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 INF3.

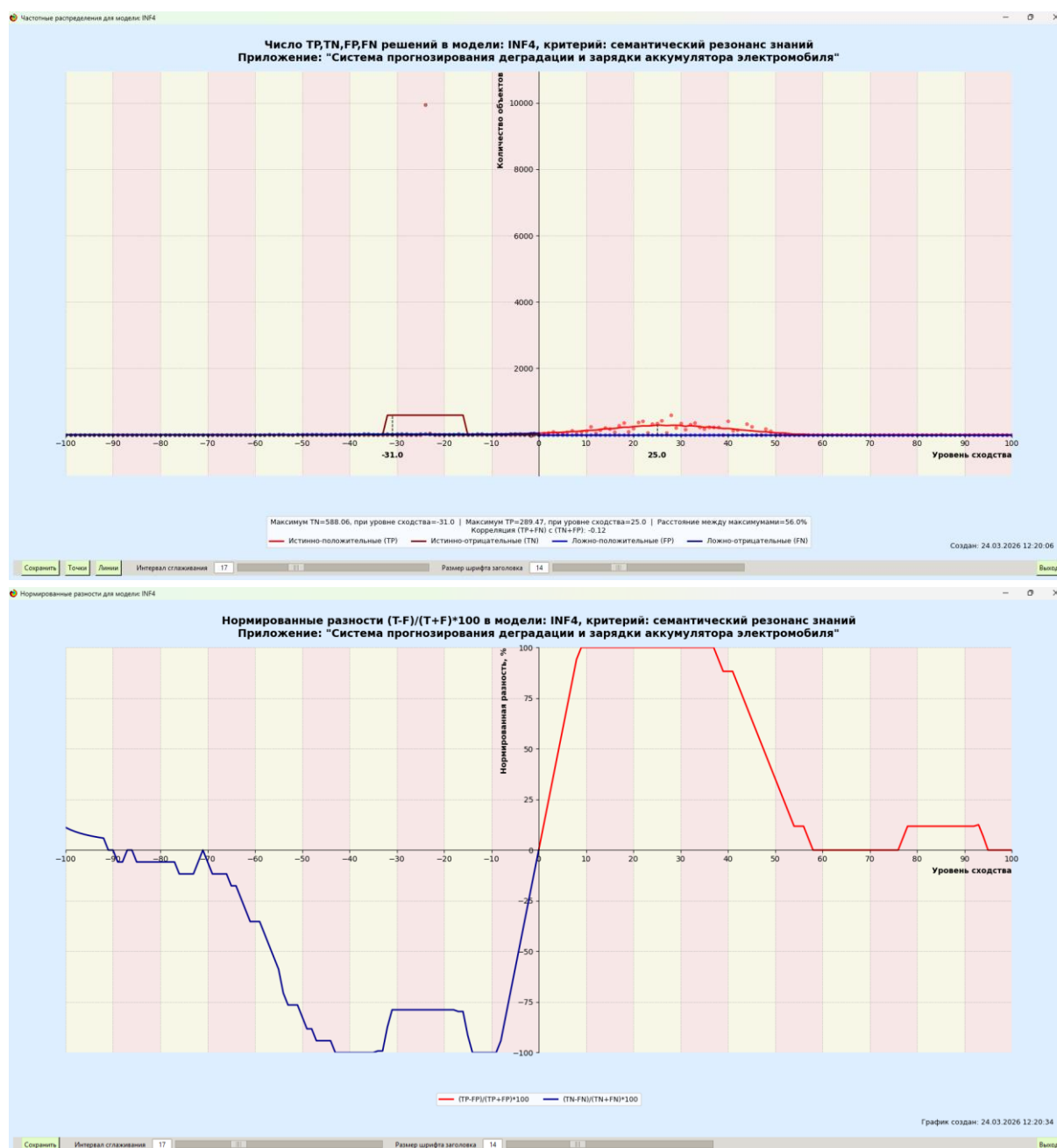


Рисунок 13. Частотные распределения количества истинных и ложных, положительных и отрицательных решений в наиболее достоверной по L1-мере проф.Е.В.Луценко СК-модели INF3 [9]

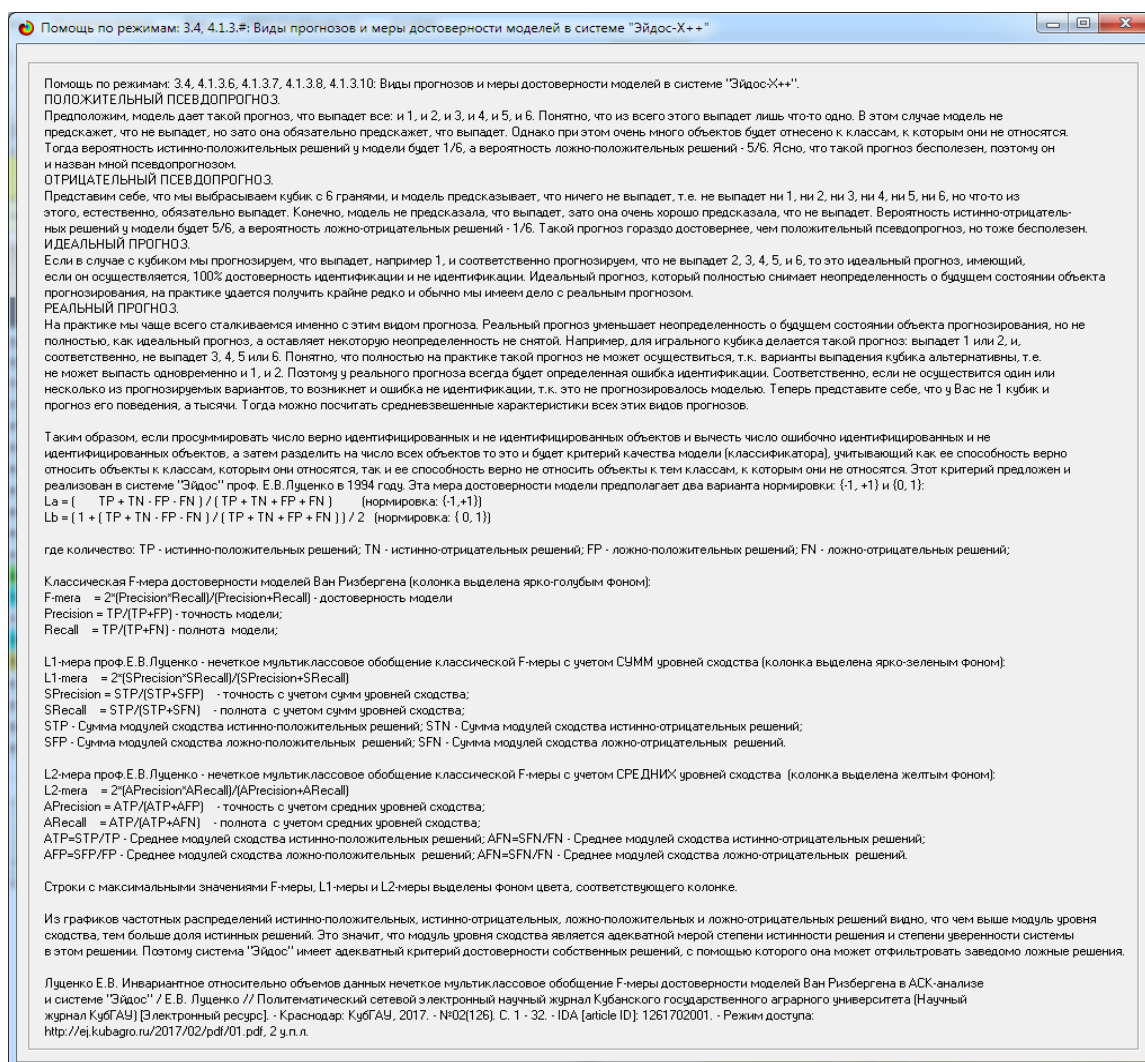
Из этих частотных распределений видно, что в наиболее достоверной по критерию достоверности L1-мерой проф.Е.В.Луценко СК-модели INF3:

— 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.



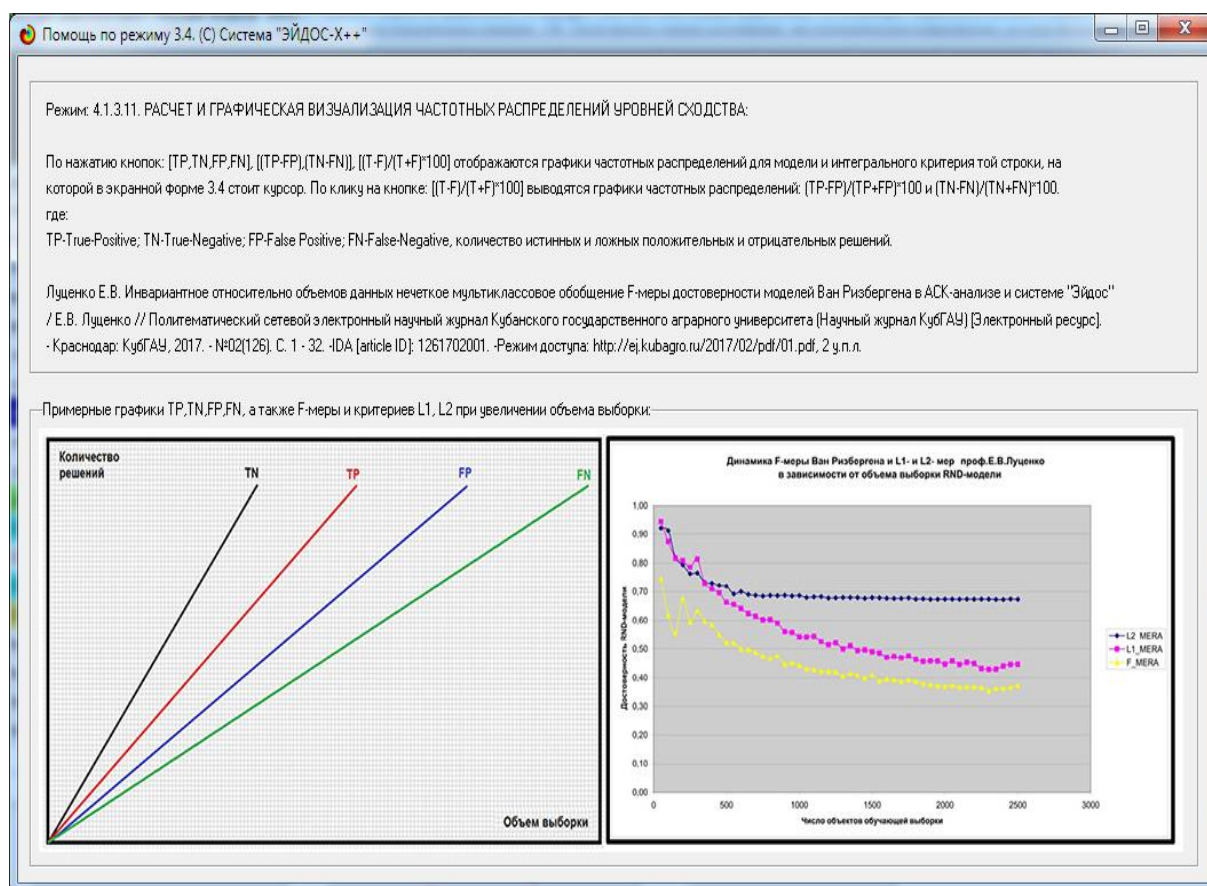


Рисунок 14. Экранные формы хелпов режима измерения достоверности моделей

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.

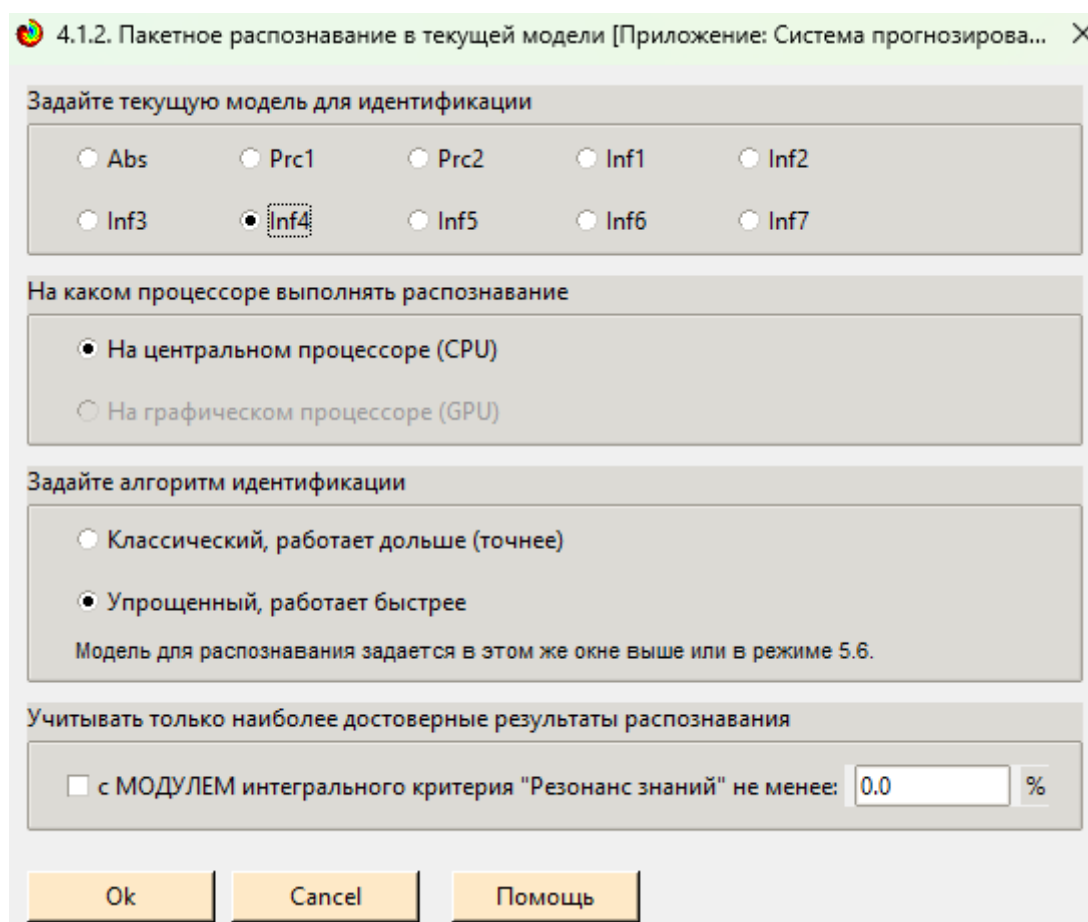


Рисунок 15. Задание СК-модели INF3 в качестве текущей

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 классу 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:

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

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.:

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

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

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.

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

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

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: $I_{ij} \rightarrow \frac{I_{ij} - \bar{I}_j}{\sigma_j}$, $L_i \rightarrow \frac{L_i - \bar{L}}{\sigma_L}$. Поэтому по своей сути он также является скалярным

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

4.1.2. Пакетное распознавание в текущей модели [Приложение: Система прогнозирава... X]

Задайте текущую модель для идентификации

☐ Abs ☐ Prc1 ☐ Prc2 ☐ Inf1 ☐ Inf2
☐ Inf3 ☒ Inf4 ☐ Inf5 ☐ Inf6 ☐ Inf7

На каком процессоре выполнять распознавание

☒ На центральном процессоре (CPU)
☐ На графическом процессоре (GPU)

Задайте алгоритм идентификации

☐ Классический, работает дольше (точнее)
☒ Упрощенный, работает быстрее
 Модель для распознавания задается в этом же окне выше или в режиме 5.6.

Учитывать только наиболее достоверные результаты распознавания

☐ с МОДУЛЕМ интегрального критерия "Резонанс знаний" не менее: %

Рисунок 16. Экранные формы режима 4.1.2 идентификации и прогнозирования

4.1.3. Вывод результатов распознавания

- 4.1.3.1. Подробно наглядно: "Объект - классы"
- 4.1.3.2. Подробно наглядно: "Класс - объекты"
- 4.1.3.3. Итоги наглядно: "Объект - класс"
- 4.1.3.4. Итоги наглядно: "Класс - объект"
- 4.1.3.5. Подробно сжато: "Объекты - классы"

- 4.1.3.6. Обобщ. форма по достов. моделей при разных интегральных крит.
- 4.1.3.7. Обобщ. стат. анализ результатов идент. по моделям и инт. крит.
- 4.1.3.8. Стат. анализ результ. идент. по классам, моделям и инт. крит.
- 4.1.3.9. Достоверность идент. объектов при разных моделях и инт. крит.
- 4.1.3.10. Достоверность идент. классов при разных моделях и инт. крит.
- 4.1.3.11. Объединение в одной БД строк по самым достоверным моделям
- 4.1.3.12. Вывод результатов распознавания в стиле: "Inp_data.xlsx"
- 4.1.3.13. Частотное распределение наблюдений по самым похожим классам
- 4.1.3.14. Распределение уровней сходства наблюдений по всем классам

Рисунок 17. Меню подсистемы 4.1.3 системы «Эйдос», обеспечивающей вывод форм по результатам решения задачи идентификации и прогнозирования

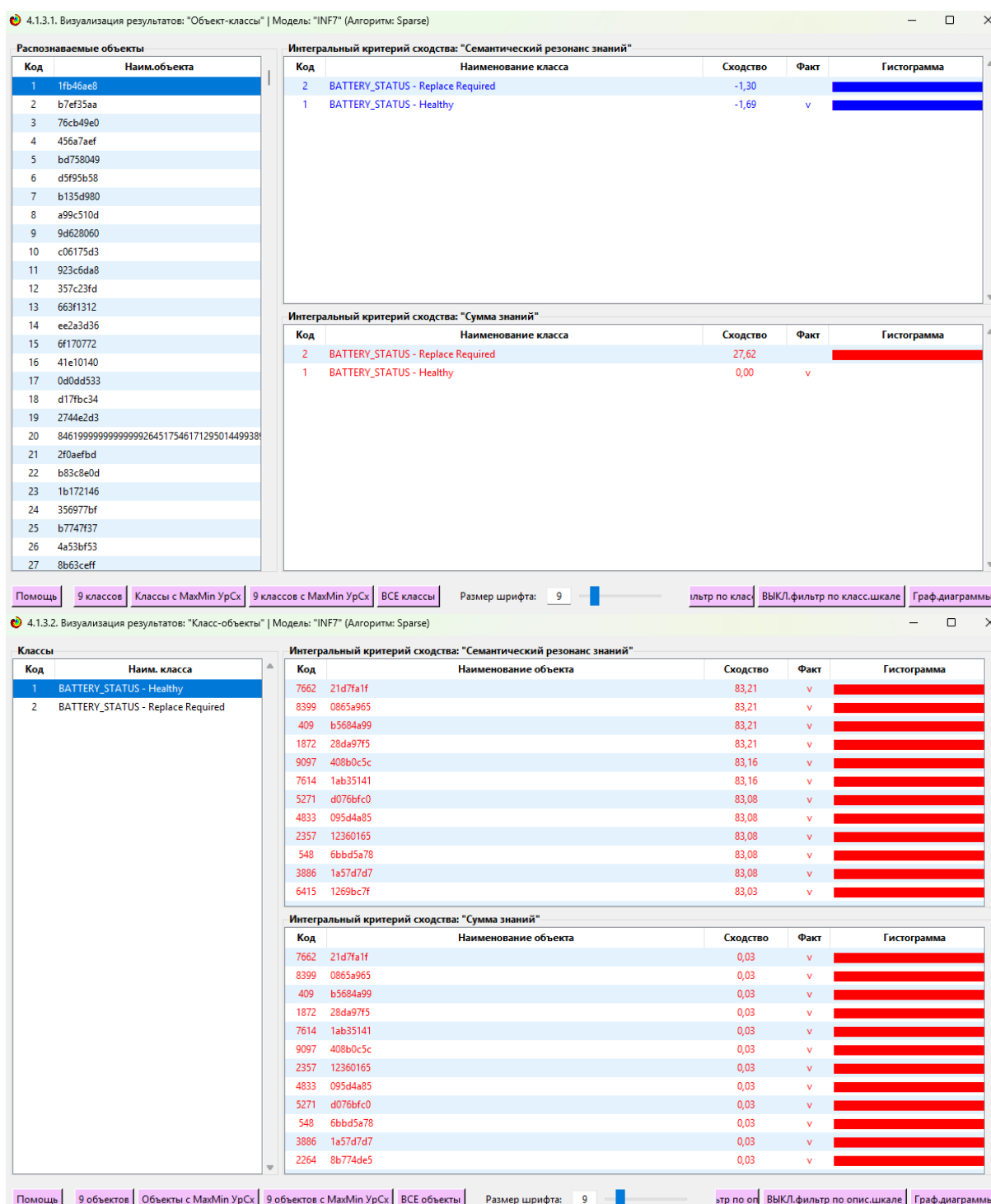


Рисунок 18. Некоторые экранные формы результатов идентификации и прогнозирования 4.1.3 системы «Эйдос»

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.

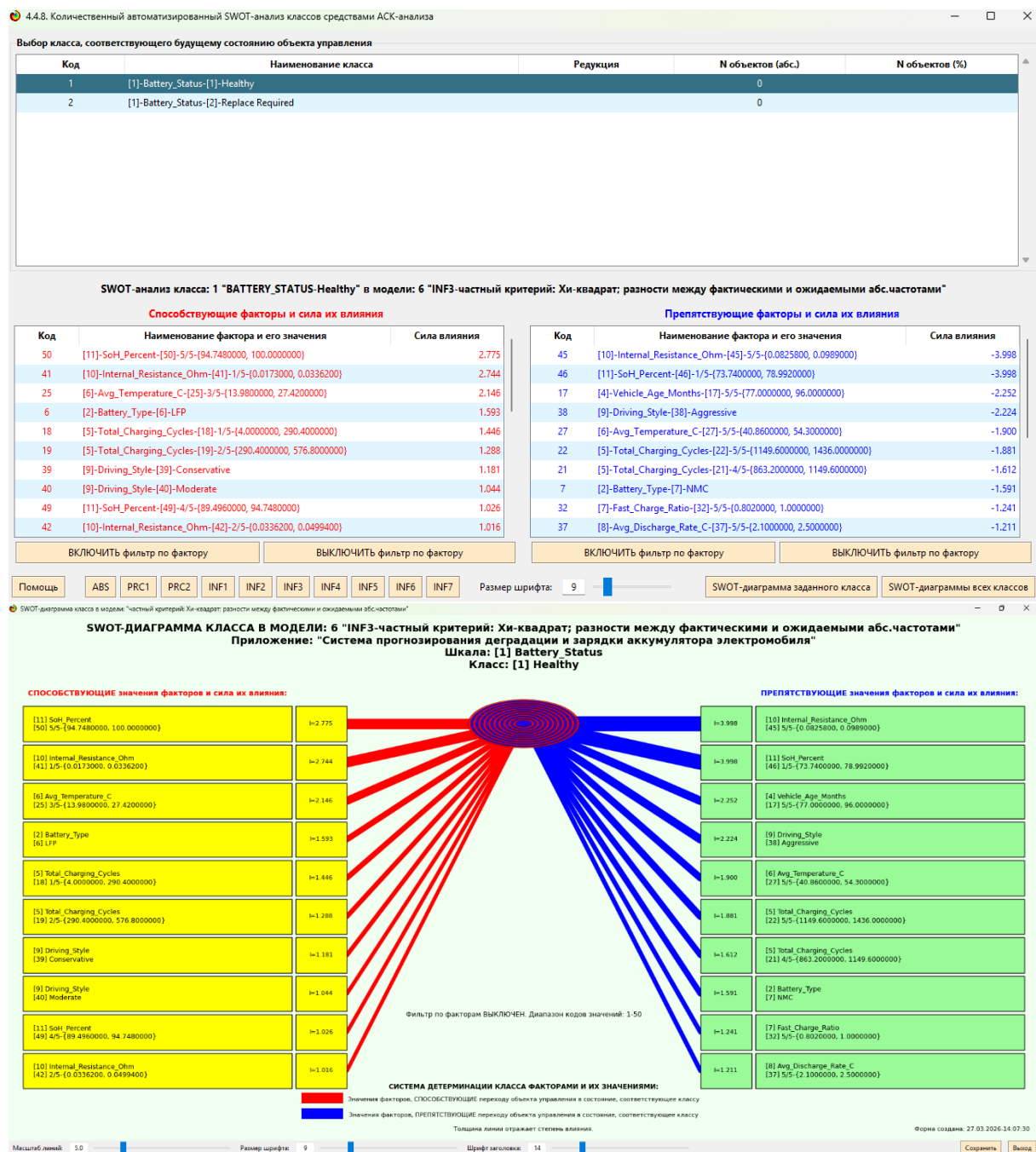
Графические выходные формы, приведенные на рисунках 19, интуитивно понятны и не требуют особых комментариев. Отметим лишь, что на SWOT-диаграммах наглядно показаны знак и сила влияния каждого значения фактора на переход объекта моделирования в состояние, соответствующее классу, выбранному в верхнем окне.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



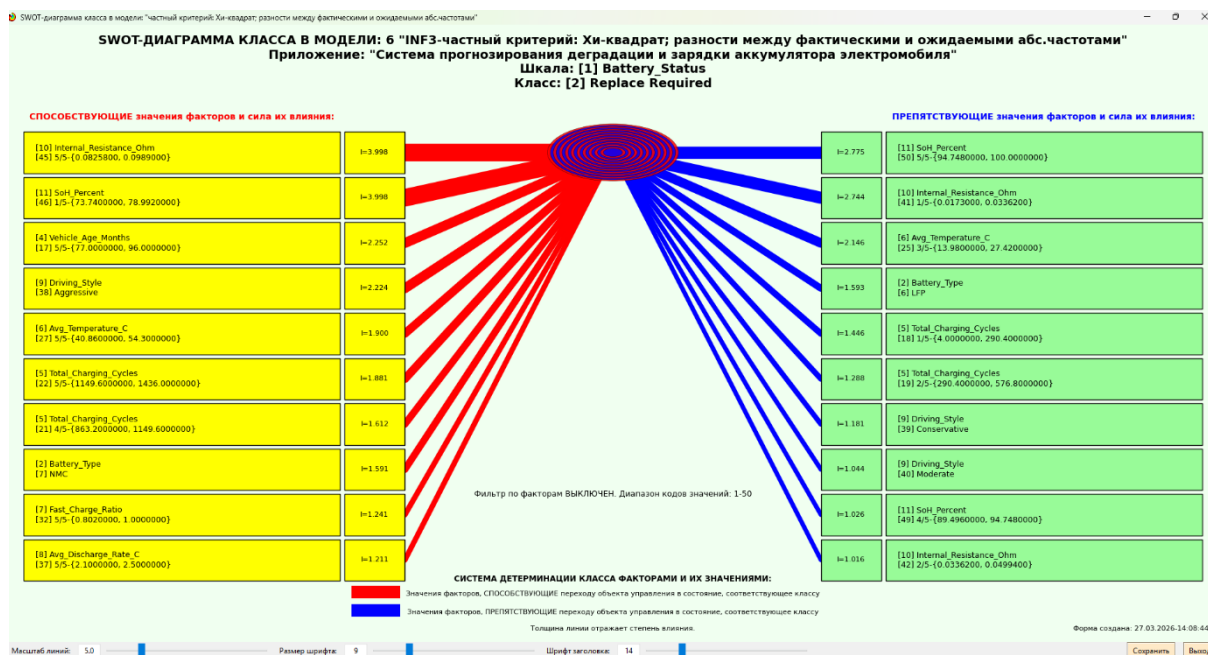


Рисунок 19. Примеры экранной формы режима автоматизированного SWOT-анализа (режим 4.4.8 системы «Эйдос»)

Из приведенных выходных форм SWOT-анализа видно, какие значения факторов способствуют переходу объекта моделирования в состояния, соответствующие различным классам состояния аккумуляторной батареи электромотоцикла, а какие препятствуют этому переходу. В частности, по данным модели можно выявить сочетания эксплуатационных и зарядных факторов, связанные с более благоприятным состоянием батареи, а также значения факторов, связанные с ухудшением ее технического состояния и усилением деградации. Тем самым SWOT-анализ в системе «Эйдос» позволяет наглядно оценить силу и направление влияния конкретных значений факторов на состояние аккумуляторной батареи электромотоцикла.

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.

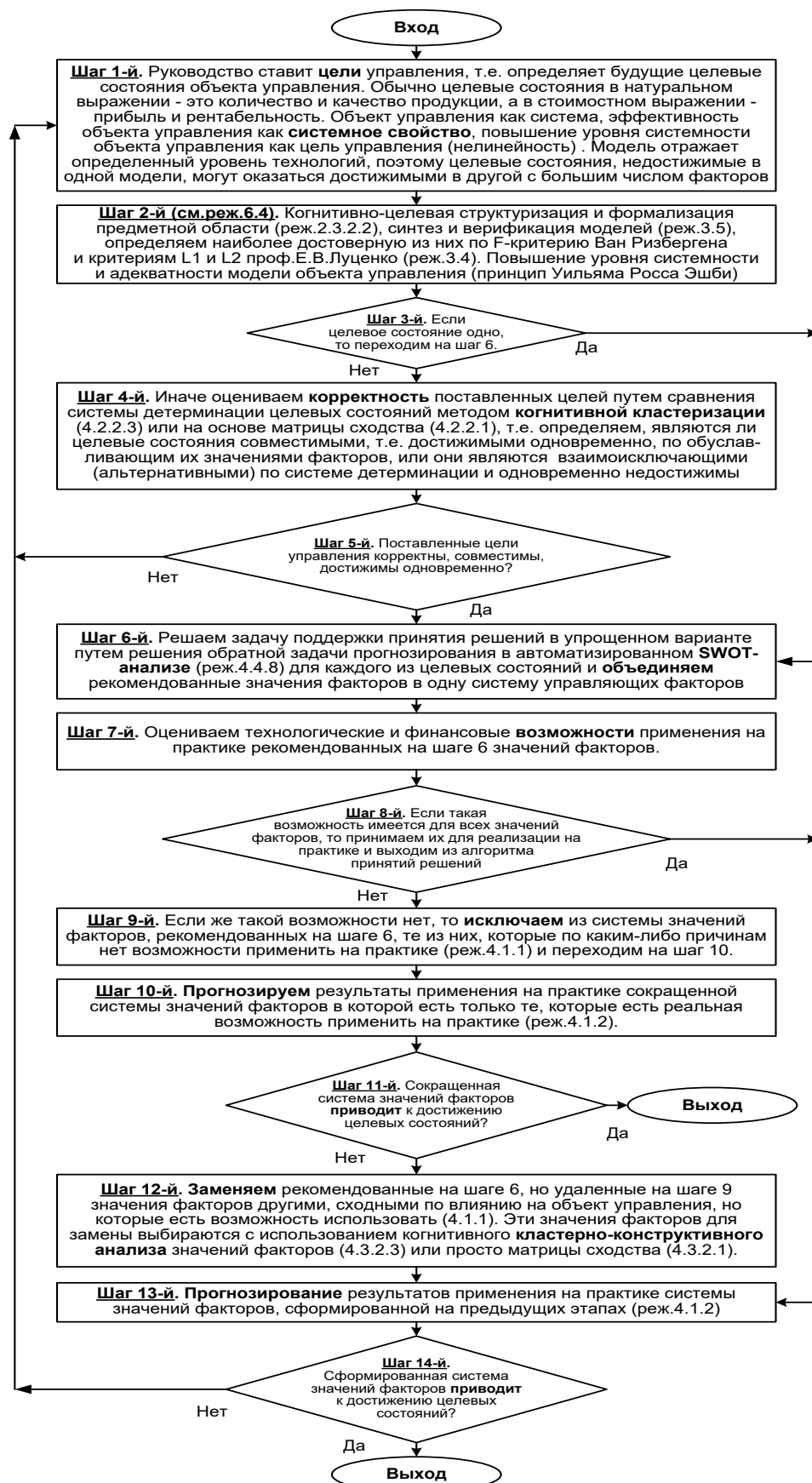


Рисунок 20. Разработанный алгоритм принятия решений в интеллектуальных системах управления на основе АСК-анализа и системы «Эйдос»

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:

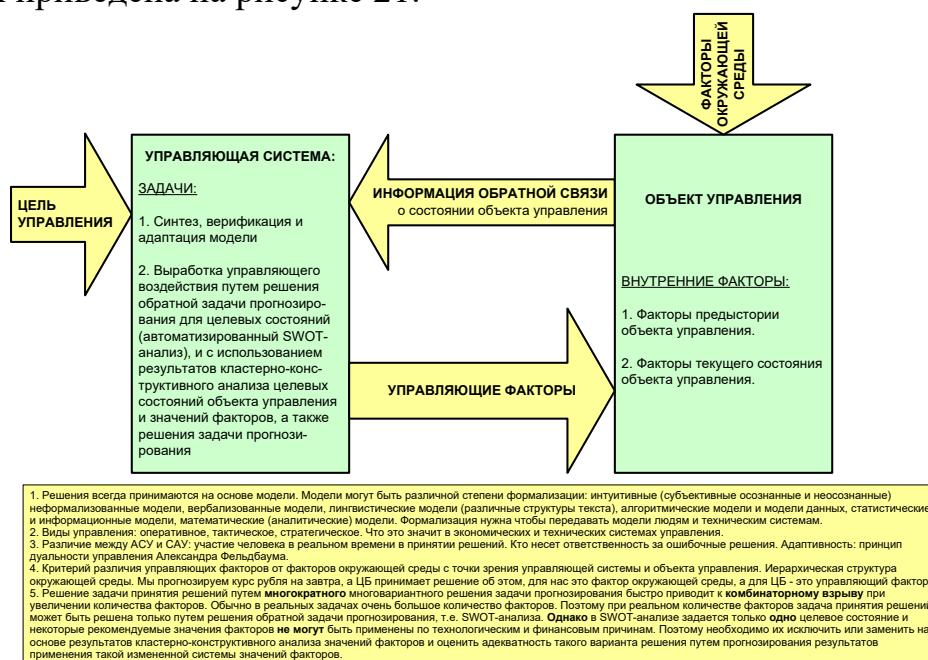


Рисунок 21. Принципиальная схема адаптивной интеллектуальной системы управления на основе АСК-анализа и системы «Эйдос»

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

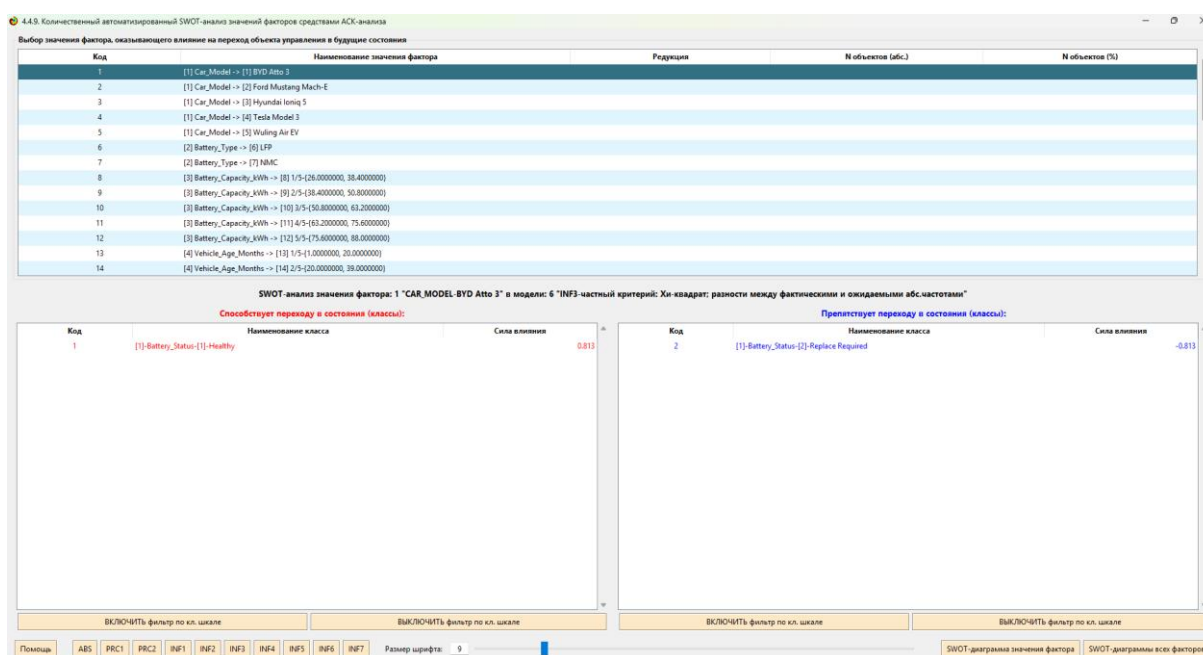
3.8.1. Инвертированные SWOT-диаграммы значений описательных шкал (семантические потенциалы)

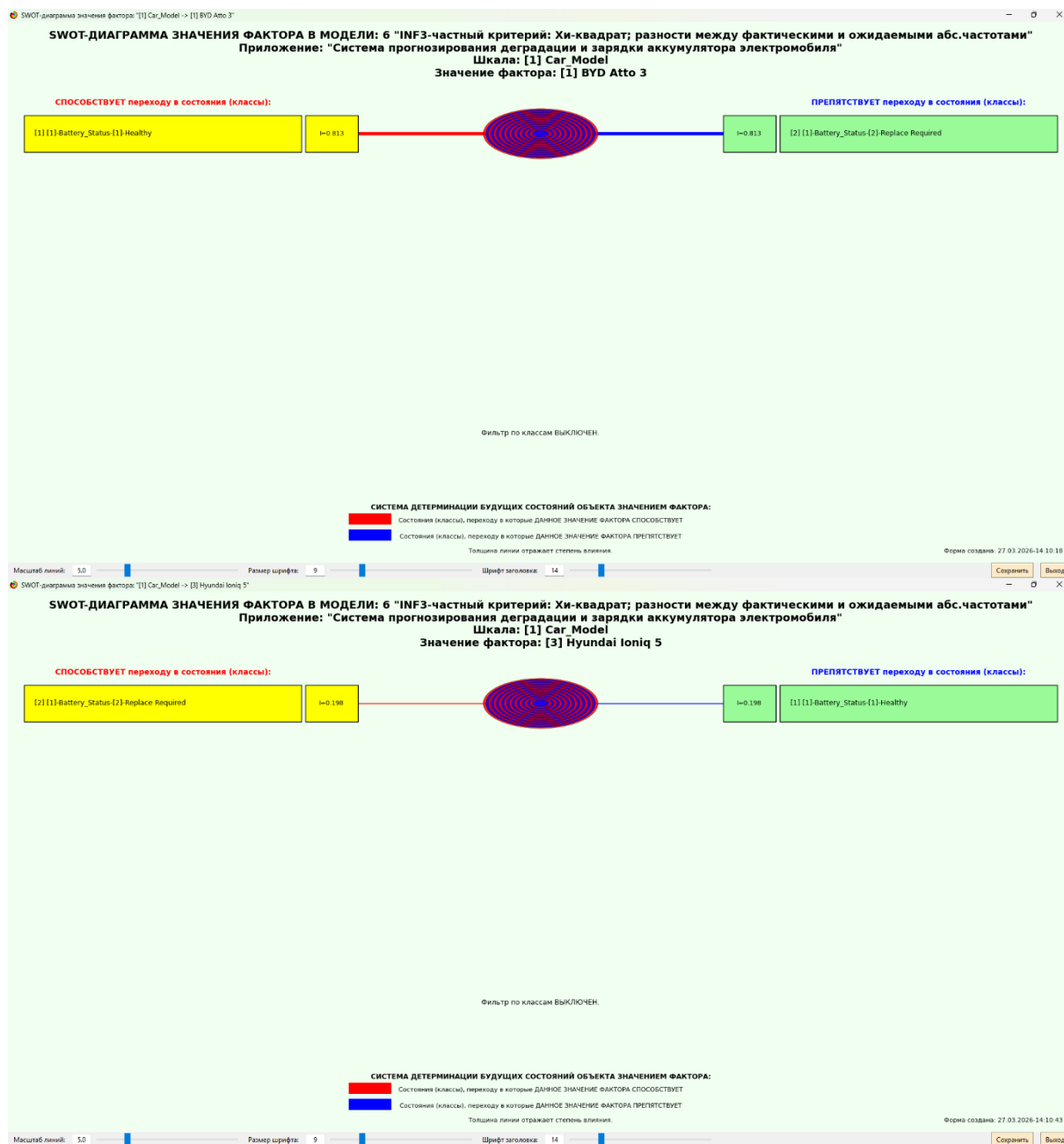
3.8.1.1. Универсальная постановка задачи, не зависящая от предметной области

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:





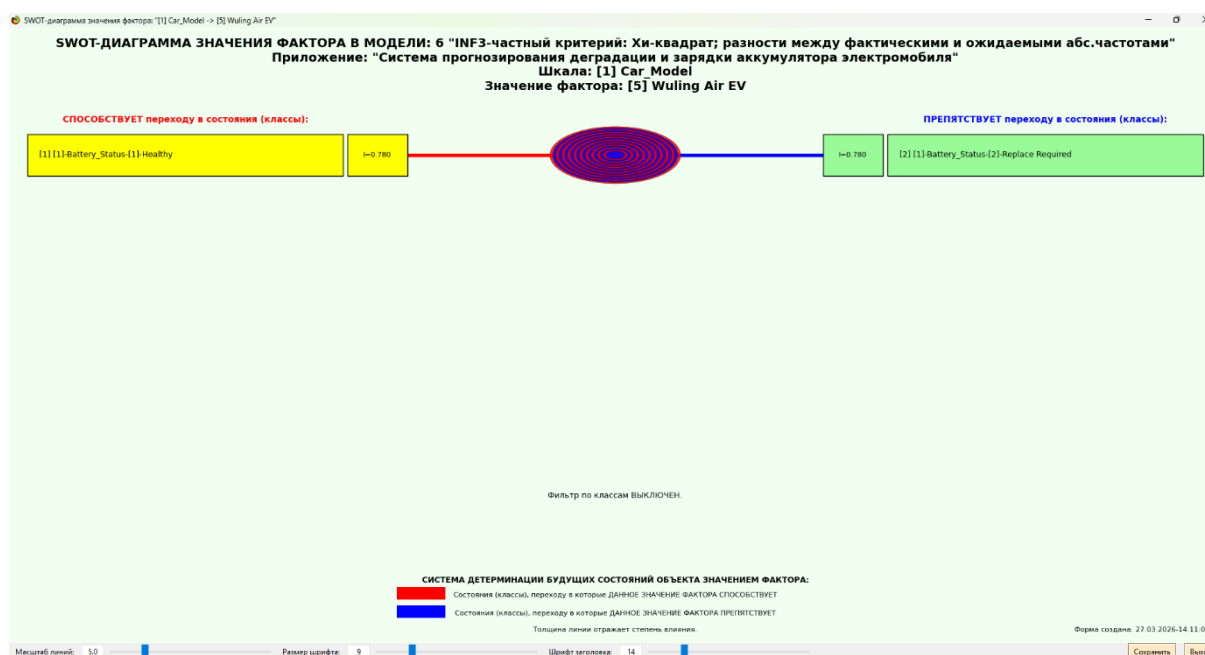


Рисунок 22. Примеры инвертированных SWOT-диаграмм влияния значений факторов на переход объекта моделирования в будущие состояния, соответствующие классам

Приведенные на рисунке инвертированные SWOT-диаграммы исчерпывающим образом отражают силу и направление влияния каждого значения каждого фактора на переход объекта моделирования в состояния, соответствующие различным классам состояния аккумуляторной батареи электромобиля. Это позволяет выявить, какие сочетания эксплуатационных и зарядных факторов связаны с более благоприятным техническим состоянием батареи, а какие, напротив, соответствуют усилению процессов ее деградации.

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:

4.2.2.4. Классическая кластеризация классов

1. Выбор модели для кластеризации

- ☐ 1. ABS - Абсолютные частоты
- ☐ 2. PRC1 - Условная вероятность (1)
- ☐ 3. PRC2 - Условная вероятность (2)
- ☐ 4. INF1 - Количество знаний (Харкевич, PRC-1)
- ☐ 5. INF2 - Количество знаний (Харкевич, PRC-2)
- ☒ 6. INF3 - Хи-квадрат
- ☐ 7. INF4 - ROI (PRC-1)
- ☐ 8. INF5 - ROI (PRC-2)
- ☐ 9. INF6 - Разность вероятностей (PRC-1)
- ☐ 10. INF7 - Разность вероятностей (PRC-2)

2. Параметры круговой диаграммы

Связи не менее (%):

☐ Показывать классы без связей

Размер по X (px):

Размер по Y (px):

Толщина линий (px):

Разрешение (DPI):

3. Параметры дендрограммы

Размер по X (px):

Размер по Y (px):

Толщина линий (px):

Шрифт заголовка:

Шрифт объектов:

Разрешение (DPI):

4. Методы кластеризации

- ☒ Single (одиночная связь)
- ☒ Complete (полная связь)
- ☒ Average (средняя связь)
- ☒ Weighted (взвешенная связь)
- ☒ Centroid (центроидная связь)
- ☒ Median (медианная связь)
- ☒ Ward (метод Уорда)
- ☒ Выбрать все

5. Действия

Выполнить кластеризацию

Сохранить лог

Помощь по методам

Заккрыть

Лог выполнения

```
[14:12:30] дендрограмма для метода 'median' создана за 0.15 сек.
[14:12:30] Этап 14: Построение графика расстояний (метод: median)...
[14:12:30] График расстояний для метода 'median' создан за 0.15 сек.
[14:12:30] Этап 15: Создание дендрограммы (метод: ward)...
[14:12:30] Дендрограмма для метода 'ward' создана за 0.15 сек.
[14:12:30] Этап 16: Построение графика расстояний (метод: ward)...
[14:12:31] График расстояний для метода 'ward' создан за 0.30 сек.
[14:12:31] Кластеризация завершена. Результаты сохранены в папке:
D:\Eidos_Portable\app\AID_DATA\A0000001\ClusteringClasses
```

100% Начало: 14:12:21 Прошло: 00:00:09 Осталось: 00:00:00 Окончание: 14:12:31

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

Таблица 14 – Матрица сходства классов в СК-модели INF3 (полностью)

Calibri

Classes_similarity_matrix.xlsx - Excel

ФайлГлавнаяВставкаРазметка страницыФормулыДанныеРецензированиеВидРазработчикСправкаЧто вы хотите сделать?

Вставить

Вырезать

Копировать

Формат по образцу

Буфер обмена

Calibri

11

Ж

К

Ч

Шрифт

Переносить текст

Объединить и поместить в центре

Выравнивание

Общий

%

000

Число

Условное форматирование

Формат

A1

	A	B	C	D	E
1		[1]-Battery_Status-[1]-Healthy	[1]-Battery_Status-[2]-Replace Required		
2	[1]-Battery_Status-[1]-Healthy	1	-1		
3	[1]-Battery_Status-[2]-Replace Required	-1	1		
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					

КРУГОВАЯ КОГНИТИВНАЯ ДИАГРАММА СХОДСТВА КЛАССОВ
(С) Персональная интеллектуальная online среда "Эйдос"
Приложение: Система прогнозирования деградации и зарядки аккумулятора электромобиля
Модель: 6. INF3 - частный критерий: Хи-квадрат, разности между фактическими и ожидаемыми abs-частотами
Дата и время создания диаграммы: 2026-03-27 14:12:24



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

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

ЗАВИСИМОСТЬ МЕЖКЛАСТЕРНЫХ РАССТОЯНИЙ ОТ УРОВНЯ ИЕРАРХИИ (КЛАССЫ)
 Приложение: Система прогнозирования деградации и зарядки аккумулятора электромобиля
 Модель: 6. INF3 - частный критерий: Хи-квадрат, разности между фактическими и ожидаемыми абс. частотами
 Метод кластеризации: average

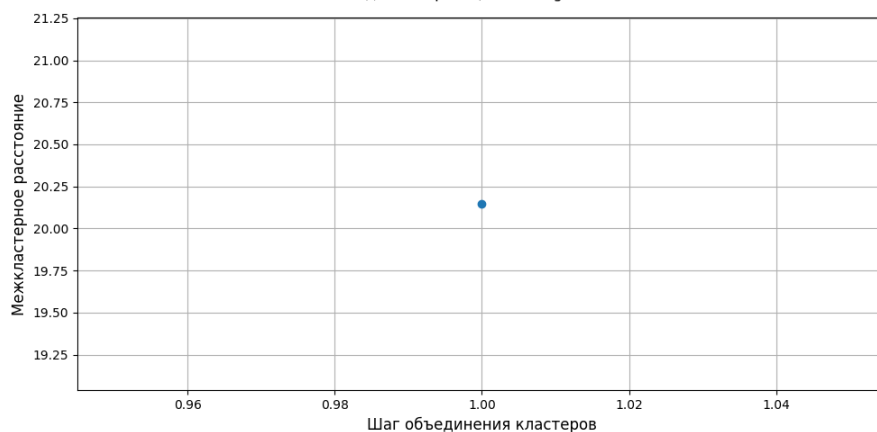


Рисунок 25. График изменения межкластерных расстояний (режим 4.2.2.3)

ДЕНДРОГРАММА АГЛОМЕРАТИВНОЙ КЛАСТЕРИЗАЦИИ КЛАССОВ
 (C*) Персональная интеллектуальная on-line среда "Эйдос"
 Приложение: Система прогнозирования деградации и зарядки аккумулятора электромобиля
 Модель: 6. INF3 - частный критерий: Хи-квадрат, разности между фактическими и ожидаемыми абс. частотами
 Метод кластеризации: average
 Дата и время создания: 2026-03-27 14:12:29

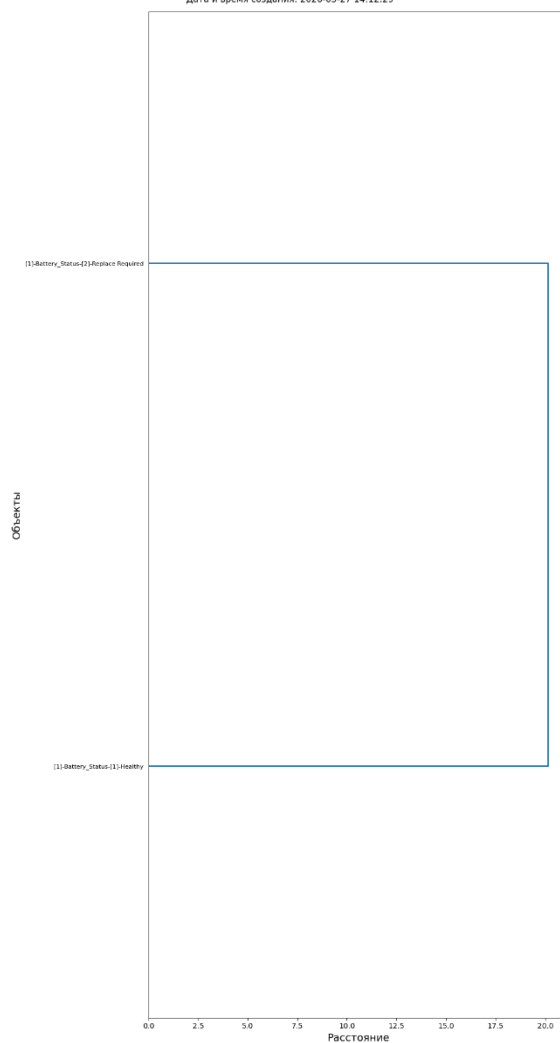


Рисунок 26. Агломеративная дендрограмма, полученная в результате когнитивной (истинной) кластеризации классов (режим 4.2.2.3)

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:

4.3.2.4. Классическая кластеризация признаков

1. Выбор модели для кластеризации

☐ 1. ABS - Абсолютные частоты
☐ 2. PRC1 - Условная вероятность (1)
☐ 3. PRC2 - Условная вероятность (2)
☐ 4. INF1 - Количество знаний (Харкевич, PRC-1)
☐ 5. INF2 - Количество знаний (Харкевич, PRC-2)
☐ 6. INF3 - Хи-квадрат
☒ 7. INF4 - ROI (PRC-1)
☐ 8. INF5 - ROI (PRC-2)
☐ 9. INF6 - Разность вероятностей (PRC-1)
☐ 10. INF7 - Разность вероятностей (PRC-2)

2. Параметры круговой диаграммы

Связи не менее (%):

☐ Показывать признаки без связей

Размер по X (px):

Размер по Y (px):

Толщина линий (px):

Разрешение (DPI):

3. Параметры дендрограммы

Размер по X (px):

Размер по Y (px):

Толщина линий (px):

Шрифт заголовка:

Шрифт объектов:

Разрешение (DPI):

4. Методы кластеризации

☒ Single (одиночная связь)
☒ Complete (полная связь)
☒ Average (средняя связь)
☒ Weighted (взвешенная связь)
☒ Centroid (центроидная связь)
☒ Median (медианная связь)
☒ Ward (метод Уорда)
☒ Выбрать все

5. Действия

Лог выполнения

```

[14:23:37] дендрограмма для метода 'median' создана за 0.63 сек.
[14:23:37] Этап 14: Построение графика расстояний (метод: median)...
[14:23:38] График расстояний для метода 'median' создан за 0.15 сек.
[14:23:38] Этап 15: Создание дендрограммы (метод: ward)...
[14:23:38] Дендрограмма для метода 'ward' создана за 0.35 сек.
[14:23:38] Этап 16: Построение графика расстояний (метод: ward)...
[14:23:38] График расстояний для метода 'ward' создан за 0.42 сек.
[14:23:38] Кластеризация завершена. Результаты сохранены в папке:
D:\Eidos_Portable\app\AID_DATA\A0000001\ClusteringAttributes
        
```

100% Начало: 14:23:33 Прошло: 00:00:05 Осталось: 00:00:00 Окончание: 14:23:38

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

	ТЕМПЕРАТУРА_С-1/3-[1-й интервал]	ТЕМПЕРАТУРА_С-2/3-[2-й интервал]	ТЕМПЕРАТУРА_С-3/3-[3-й интервал]	ИСПОЛЬЗОВАНИЕ_БЫСТРОЙ_ЗАРЯДКИ-1/2-[нет]	ИСПОЛЬЗОВАНИЕ_БЫСТРОЙ_ЗАРЯДКИ-2/2-[да]
ТЕМПЕРАТУРА_С-1/3-[1-й интервал]	1,000	0,684	0,271	0,318	0,146
ТЕМПЕРАТУРА_С-2/3-[2-й интервал]	0,684	1,000	0,557	0,402	0,291
ТЕМПЕРАТУРА_С-3/3-[3-й интервал]	0,271	0,557	1,000	0,188	0,731

3/3-[3-й интервал]					
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ _БЫСТРОЙ_ЗАРЯД КИ-1/2-[нет]	0,318	0,402	0,188	1,000	0,114
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ _БЫСТРОЙ_ЗАРЯД КИ-2/2-[да]	0,146	0,291	0,731	0,114	1,000

Таблица 15 – Матрица сходства значений факторов в СК-модели INF3 (фрагмент)

Рисунок 28. Круговая 2d-когнитивная диаграмма значений факторов в СК-модели INF3 (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: Система прогнозирования деградации и зарядки аккумулятора электромобиля
 Модель: 7. INF4 - частный критерий: ROI (Return On Investment); вероятности из PRC-1
 Метод кластеризации: complete

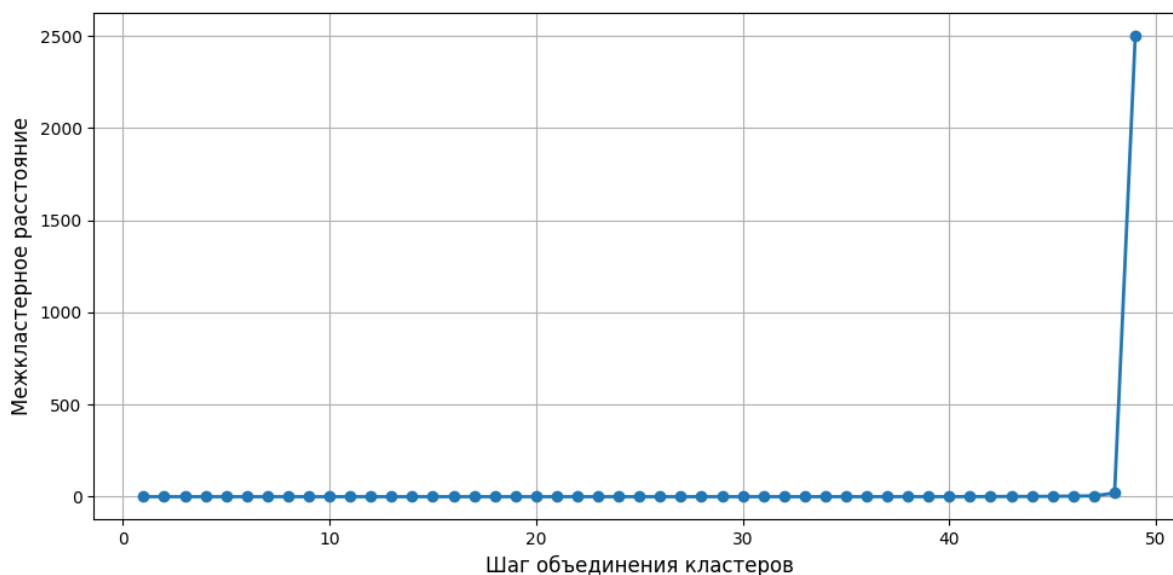


Рисунок 30. График изменения межкластерных расстояний (режим 4.3.2.3)

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 реализации и быстроедействие 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]-BATTERY_STATUS-[1]-healthy
2	[1]-BATTERY_STATUS-[2]-replace required

Подготовка визуализации нейрона: 1 "[1]-BATTERY_STATUS-[1]-healthy" в модели: 6 "INF3"

АКТИВИРУЮЩИЕ рецепторы и сила их влияния

Код	Наименование описательной шкалы и градации	Сила
50	[11] SoH_Percent -> [50] 5/5-(94.7480000, 100.0000000)	2.7747
41	[10] Internal_Resistance_Ohm -> [41] 1/5-(0.0173000, 0.0336200)	2.7443
25	[6] Avg_Temperature_C -> [25] 3/5-(13.9800000, 27.4200000)	2.1461
6	[2] Battery_Type -> [6] LFP	1.5927
18	[5] Total_Charging_Cycles -> [18] 1/5-(4.0000000, 290.4000000)	1.4462
19	[5] Total_Charging_Cycles -> [19] 2/5-(290.4000000, 576.8000000)	1.2881
39	[9] Driving_Style -> [39] Conservative	1.1813
40	[9] Driving_Style -> [40] Moderate	1.0444
49	[11] SoH_Percent -> [49] 4/5-(89.4960000, 94.7480000)	1.0264
42	[10] Internal_Resistance_Ohm -> [42] 2/5-(0.0336200, 0.0499400)	1.0156
13	[4] Vehicle_Age_Months -> [13] 1/5-(1.0000000, 20.0000000)	0.8295

ТОРМОЗЯЩЕЕ рецепторы и сила их влияния

Код	Наименование описательной шкалы и градации	Сила
45	[10] Internal_Resistance_Ohm -> [45] 5/5-(0.0825800, 0.0989000)	-3.9984
46	[11] SoH_Percent -> [46] 1/5-(73.7400000, 78.9920000)	-3.9984
17	[4] Vehicle_Age_Months -> [17] 5/5-(77.0000000, 96.0000000)	-2.2517
38	[9] Driving_Style -> [38] Aggressive	-2.2241
27	[6] Avg_Temperature_C -> [27] 5/5-(40.8600000, 54.3000000)	-1.8996
22	[5] Total_Charging_Cycles -> [22] 5/5-(1149.6000000, 1436.0000000)	-1.8812
21	[5] Total_Charging_Cycles -> [21] 4/5-(863.2000000, 1149.6000000)	-1.6118
7	[2] Battery_Type -> [7] NMC	-1.5910
32	[7] Fast_Charge_Ratio -> [32] 5/5-(0.8020000, 1.0000000)	-1.2413
37	[8] Avg_Discharge_Rate_C -> [37] 5/5-(2.1000000, 2.5000000)	-1.2109
12	[3] Battery_Capacity_kWh -> [12] 5/5-(75.6000000, 88.0000000)	-1.1961

ВКЛЮЧИТЬ фильтр по фактору ВЫКЛЮЧИТЬ фильтр по фактору ВКЛЮЧИТЬ фильтр по фактору ВЫКЛЮЧИТЬ фильтр по фактору

Помощь ABS PRC1 PRC2 INF1 INF2 INF3 INF4 INF5 INF6 INF7

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

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

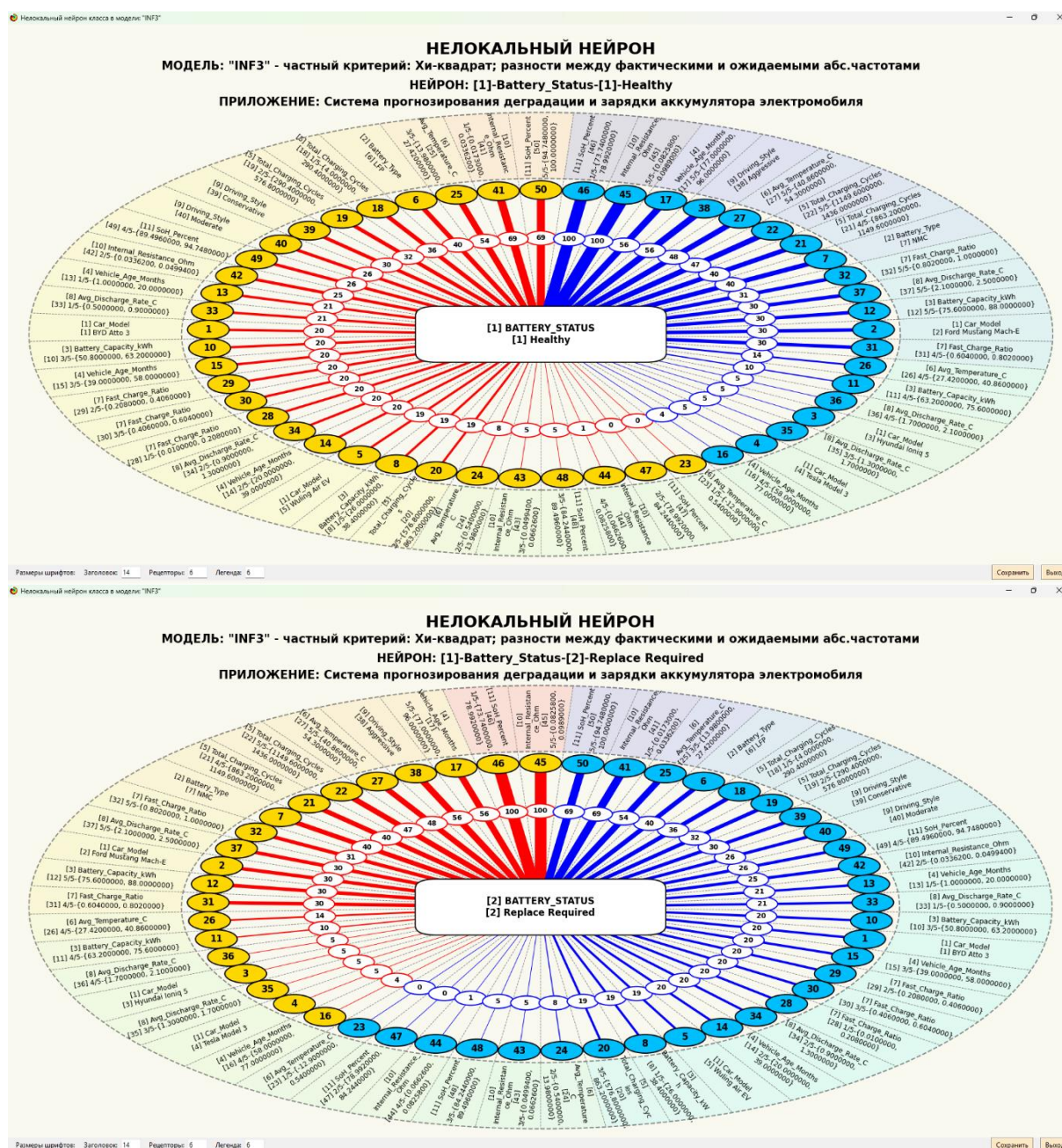


Рисунок 31. Примеры нелокальных нейронов, соответствующие классам

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 приведенных рисунках мы видим, что различные классы состояния аккумуляторной батареи электромобиля в неодинаковой степени детерминированы значениями факторов. Одни состояния батареи обусловлены рассматриваемыми факторами более жестко, тогда как другие зависят от них слабее. Кроме того, видно, что такие факторы, как число циклов заряд-разряд, температура эксплуатации, скорость зарядки, скорость разрядки, возраст батареи, внутреннее сопротивление, тип батареи, емкость батареи и стиль эксплуатации, могут оказывать сопоставимое по силе влияние на переход объекта моделирования в определенные классы состояния. Это свидетельствует о том, что деградация аккумуляторной батареи определяется не одним отдельным параметром, а совокупным действием нескольких взаимосвязанных факторов.

4.4.11. Отображение Парето-подмножеств нелокальной нейронной сети в системе "Эйдос"

Выбор нелокальных нейронов (классов) для визуализации в нейросети

Код	Наименование нелокального нейрона (класса)
1	[1]-BATTERY_STATUS-[1]-healthy
2	[1]-BATTERY_STATUS-[2]-replace required

Подготовка визуализации нейрона: 1 "[1]-BATTERY_STATUS-[1]-healthy" в модели: "INF3"

АКТИВИРУЮЩИЕ рецепторы и сила их влияния

Код	Наименование фактора и его значения	Сила влияния
50	[11] SoH_Percent -> [50] 5/5-(94.7480000, 100.0000000)	2.7747
41	[10] Internal_Resistance_Ohm -> [41] 1/5-(0.0173000, 0.0336200)	2.7443
25	[6] Avg_Temperature_C -> [25] 3/5-(13.9800000, 27.4200000)	2.1461
6	[2] Battery_Type -> [6] LFP	1.5927
18	[5] Total_Charging_Cycles -> [18] 1/5-(4.0000000, 290.4000000)	1.4462
19	[5] Total_Charging_Cycles -> [19] 2/5-(290.4000000, 576.8000000)	1.2881
39	[9] Driving_Style -> [39] Conservative	1.1813
40	[9] Driving_Style -> [40] Moderate	1.0444
49	[11] SoH_Percent -> [49] 4/5-(89.4960000, 94.7480000)	1.0264
42	[10] Internal_Resistance_Ohm -> [42] 2/5-(0.0336200, 0.0499400)	1.0156
13	[4] Vehicle_Age_Months -> [13] 1/5-(1.0000000, 20.0000000)	0.8295
33	[8] Avg_Discharge_Rate_C -> [33] 1/5-(0.5000000, 0.9000000)	0.8287

ВКЛЮЧИТЬ фильтр по фактору

ТОРМОЗЯЩИЕ рецепторы и сила их влияния

Код	Наименование фактора и его значения	Сила влияния
45	[10] Internal_Resistance_Ohm -> [45] 5/5-(0.0825800, 0.0989000)	-3.9984
46	[11] SoH_Percent -> [46] 1/5-(73.7400000, 78.9920000)	-3.9984
17	[4] Vehicle_Age_Months -> [17] 5/5-(77.0000000, 96.0000000)	-2.2517
38	[9] Driving_Style -> [38] Aggressive	-2.2241
27	[6] Avg_Temperature_C -> [27] 5/5-(40.8600000, 54.3000000)	-1.8996
22	[5] Total_Charging_Cycles -> [22] 5/5-(1149.6000000, 1436.0000000)	-1.8812
21	[5] Total_Charging_Cycles -> [21] 4/5-(863.2000000, 1149.6000000)	-1.6118
7	[2] Battery_Type -> [7] NMC	-1.5910
32	[7] Fast_Charge_Ratio -> [32] 5/5-(0.8020000, 1.0000000)	-1.2413
37	[8] Avg_Discharge_Rate_C -> [37] 5/5-(2.1000000, 2.5000000)	-1.2109
12	[3] Battery_Capacity_kWh -> [12] 5/5-(75.6000000, 88.0000000)	-1.1961
2	[1] Car_Model -> [2] Ford_Mustang_Mach-E	-1.1961

ВКЛЮЧИТЬ фильтр по фактору

Помощь

ABS PRC1 PRC2 INF1 INF2
INF3 INF4 INF5 INF6 INF7

Визуализация нейросети

Параметры визуализации нейросети:

MAX нейронов:	16	Диапазон кодов нейронов:	1 2	Размеры:	
MAX рецепторов:	16	Диапазон кодов рецепторов:	1 50	по X:	1920
MAX связей:	1000	Интенсивность >= % от макс.:	0.0	по Y:	1080

Размер шрифта графической формы:

Заголовок: 14 Условие: 8 Легенда: 7

Размер шрифта в таблицах данных формы:

9

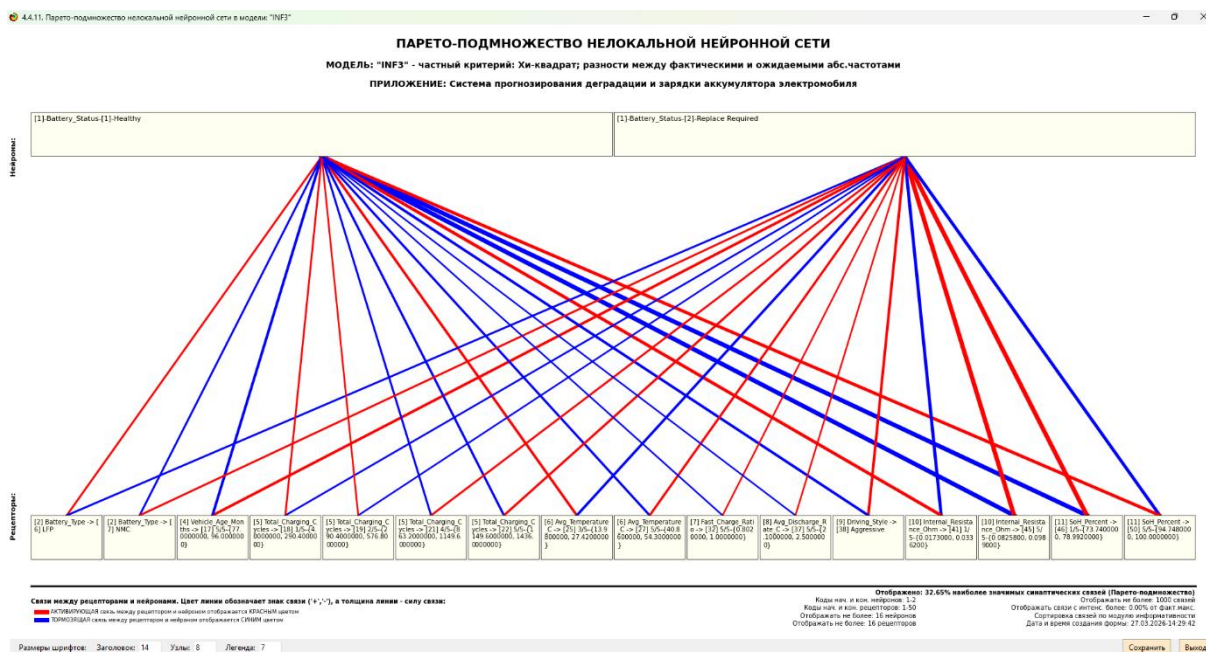


Рисунок 32. Нейронная сеть в СК-модели INF3

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 Поля [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

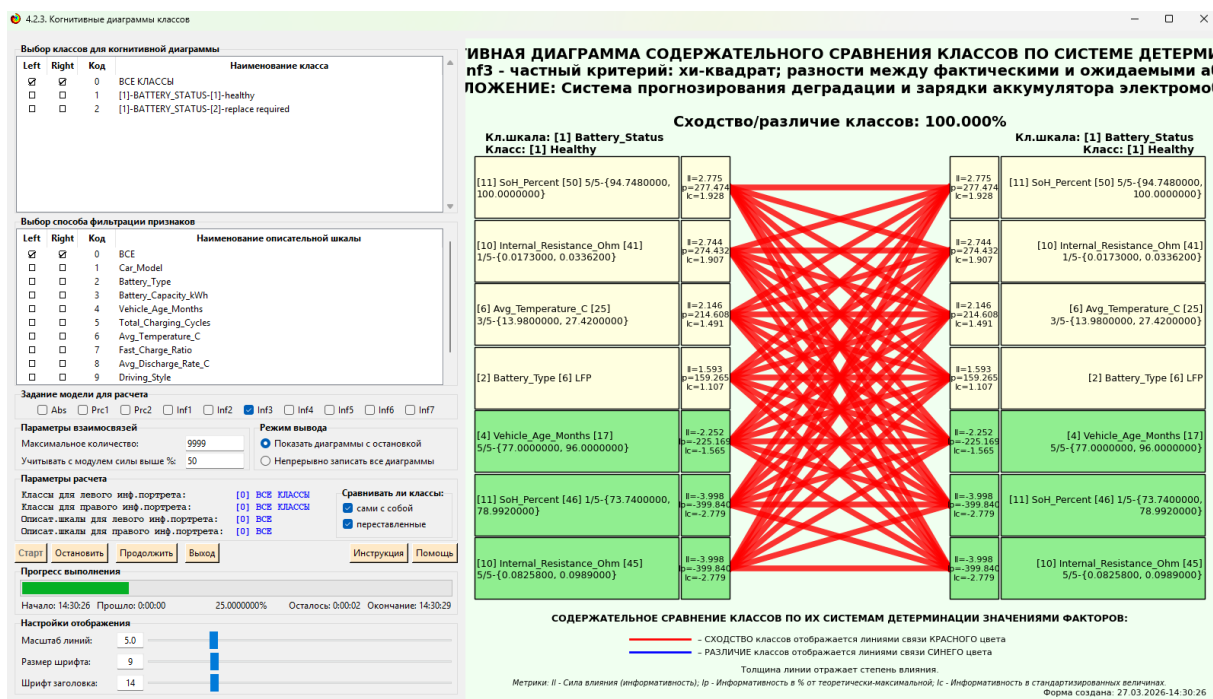
¹¹ https://www.elibrary.ru/download/elibrary_18632909_64818704.pdf, Таблица 7. 17, стр. 521

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

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 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.



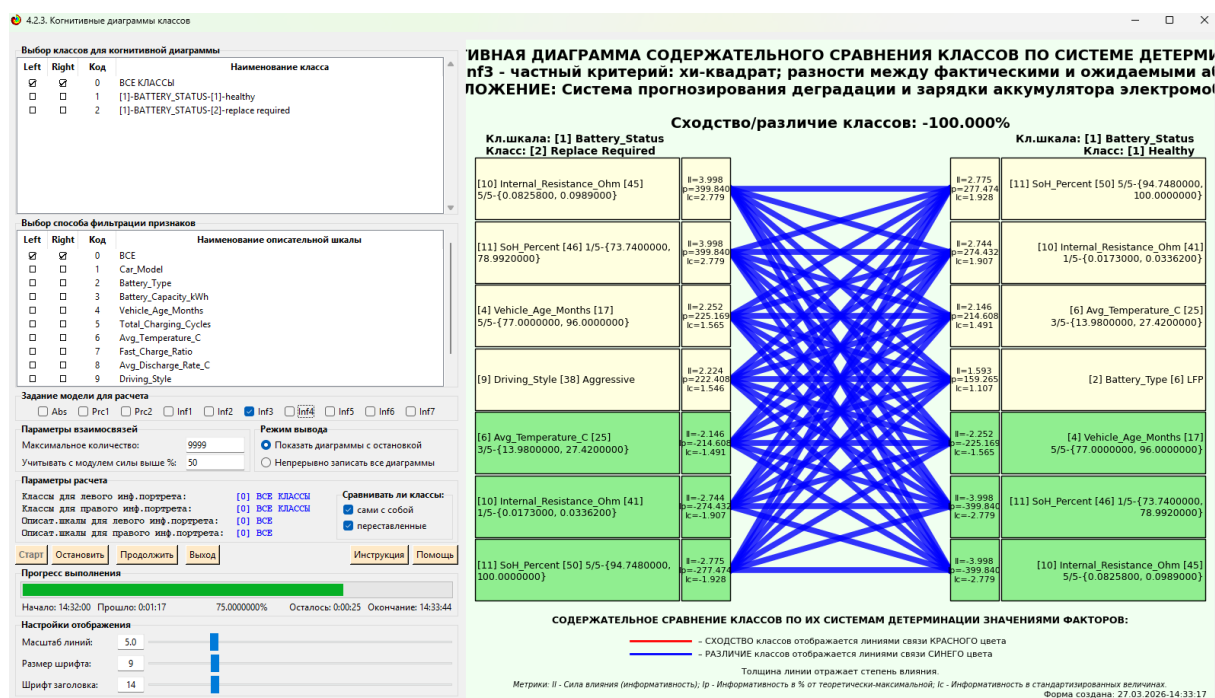


Рисунок 33. Примеры 2d-интегральных когнитивных карт содержательного сравнения классов по их системе детерминации в СК-модели INF3

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:

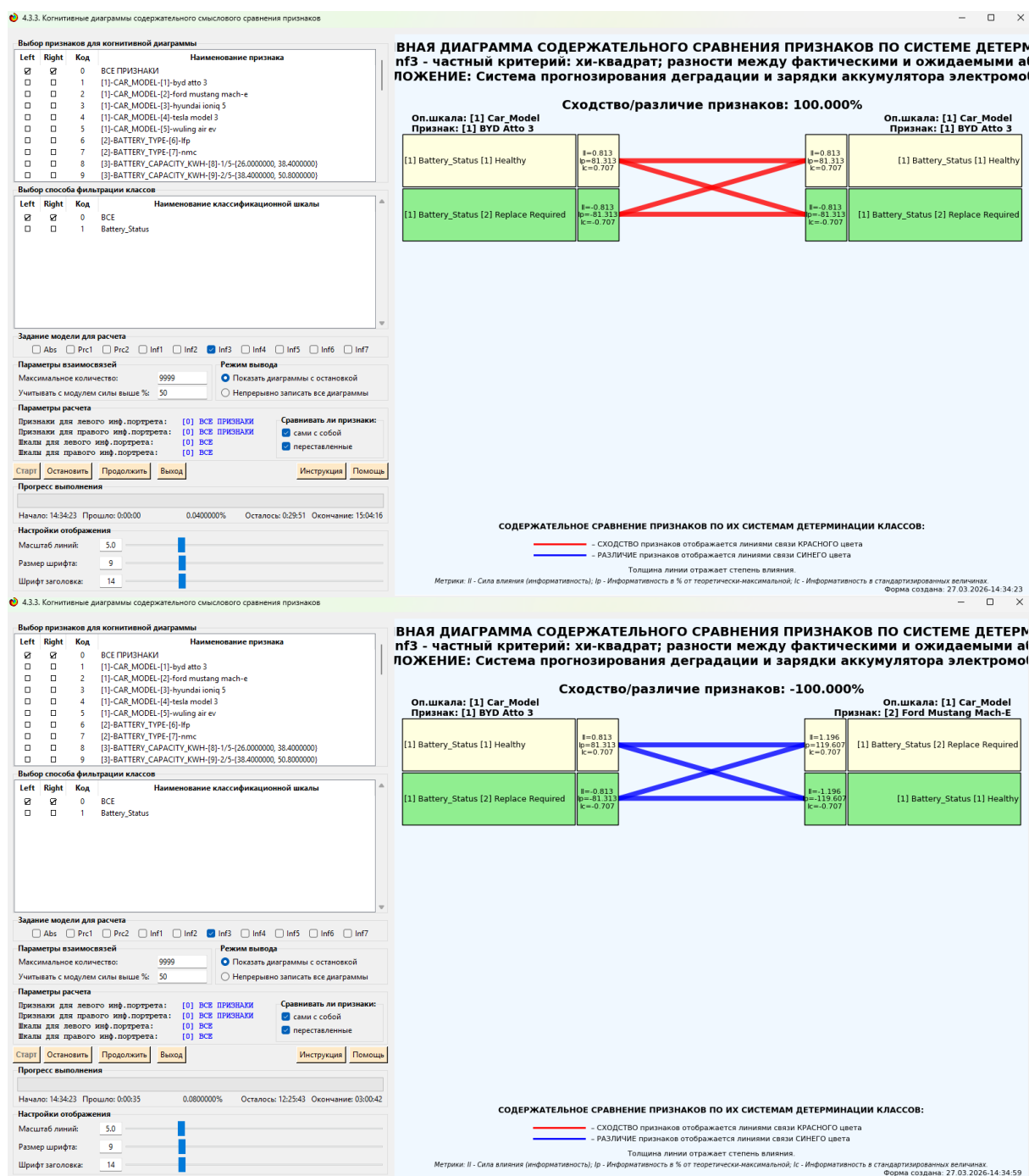


Рисунок 34. Примеры 2d-интегральных когнитивных карт содержательного сравнения значений факторов по их влиянию на переход объекта моделирования в состояния, соответствующие классам в СК-модели INF3

Всего системой в данной модели генерируется $8^2=64$ 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 №393 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.

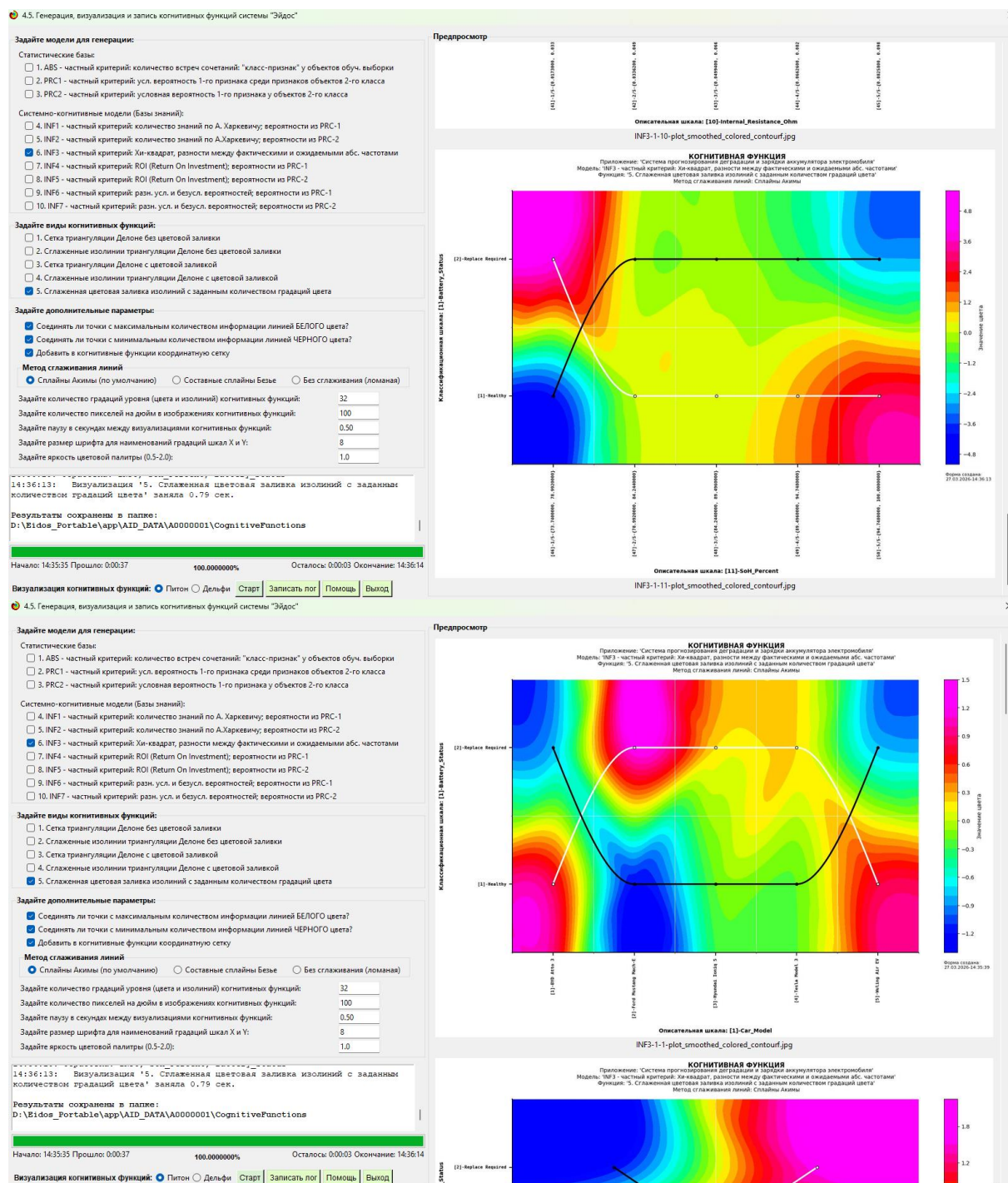
В системе «Эйдос» когнитивные функции отображаются в режиме 4.5 (рисунки 36). Первая экранная форма данного режима представляет собой краткий хелп, поясняющий смысл понятия «Когнитивная функция», а также позволяющий выйти на экранную форму системы «Эйдос» с действующими гиперссылками на работы по когнитивным 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:



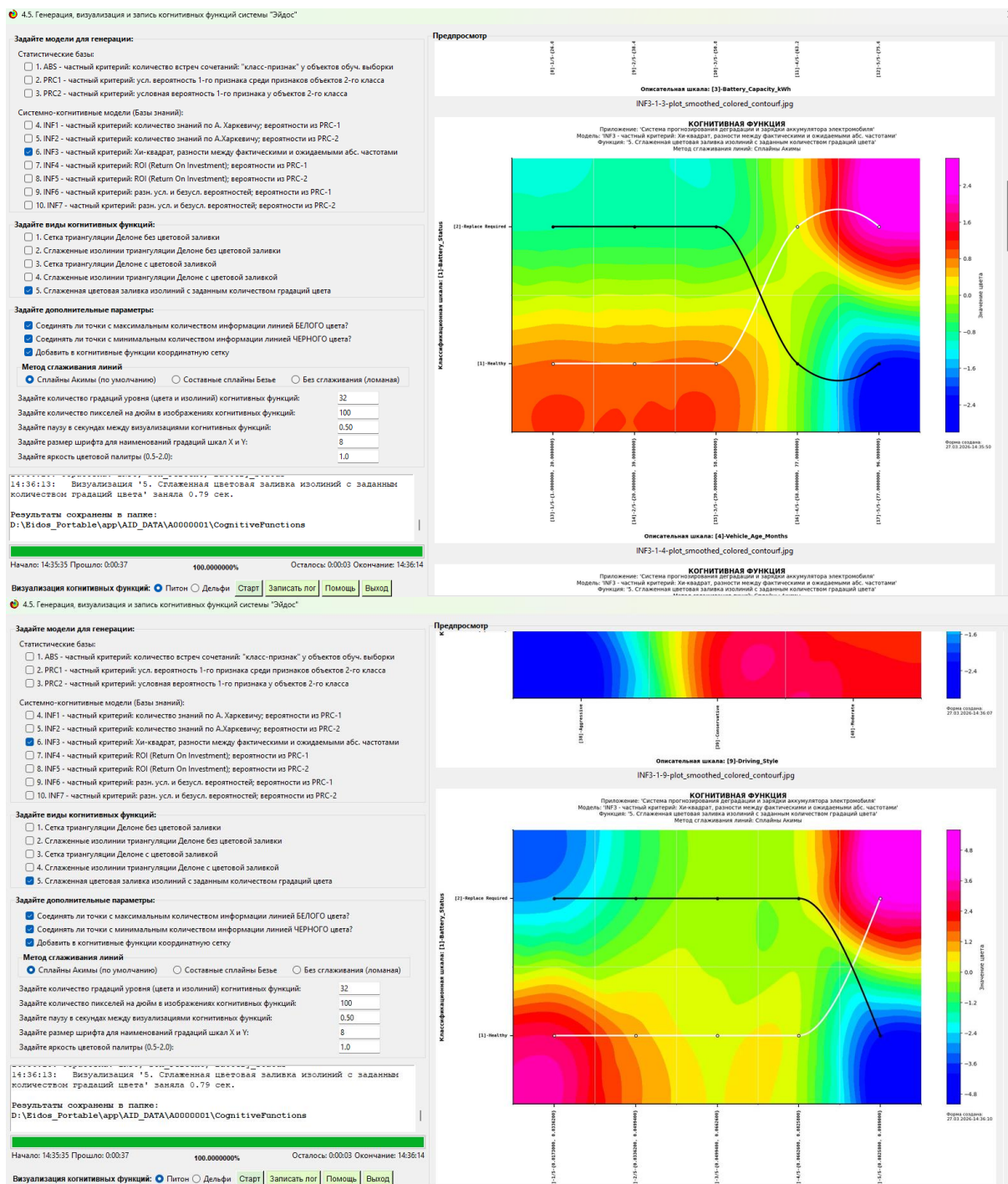


Рисунок 35. Примеры когнитивных функций в СК-модели INF3

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 Inf1, это вариабельность информативностей (режим 3.7.5 системы «Эйдос») (рисунок 37):

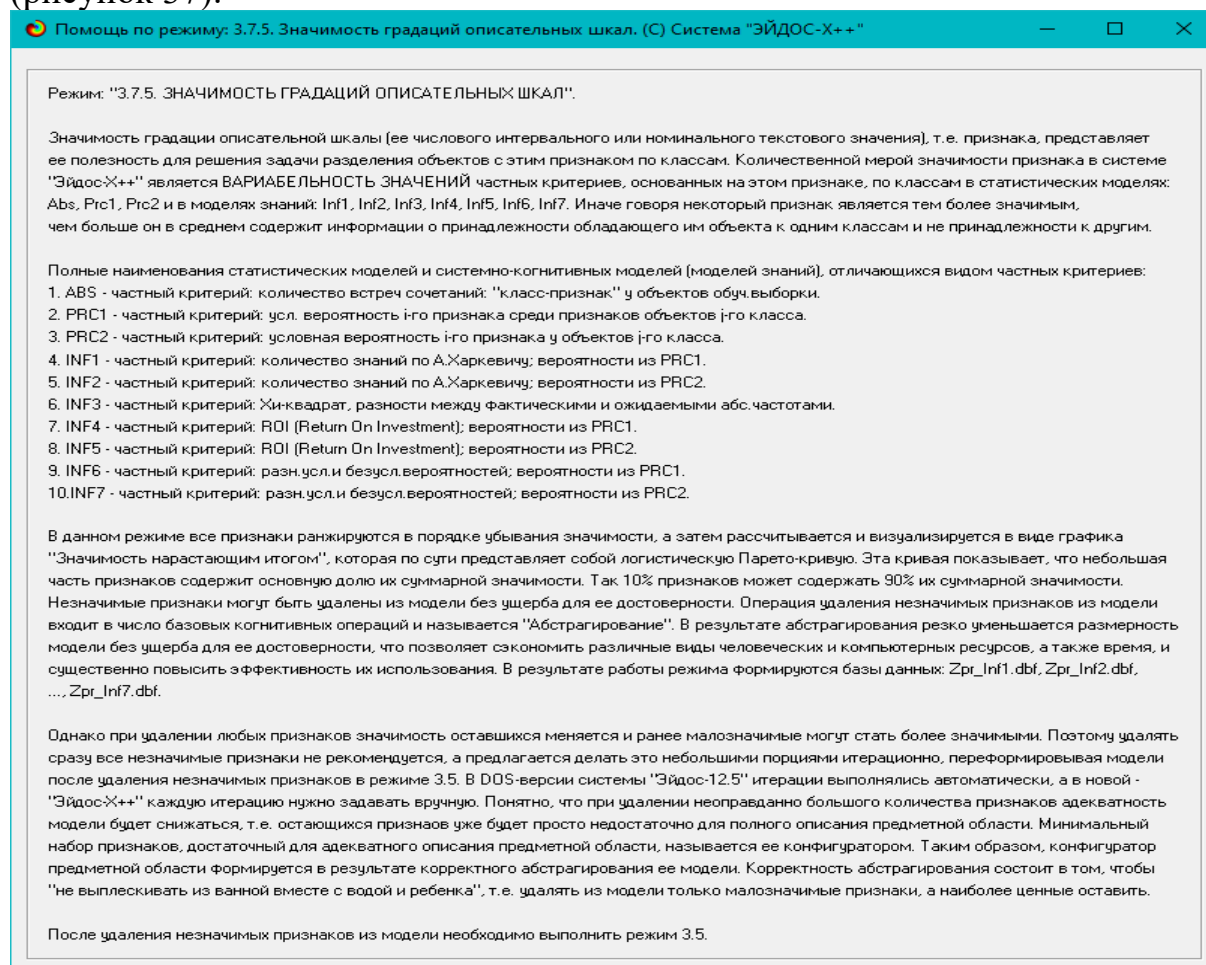


Рисунок 36. Help режима 3.7.5, поясняющий смысл значимости градаций описательных шкал

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.

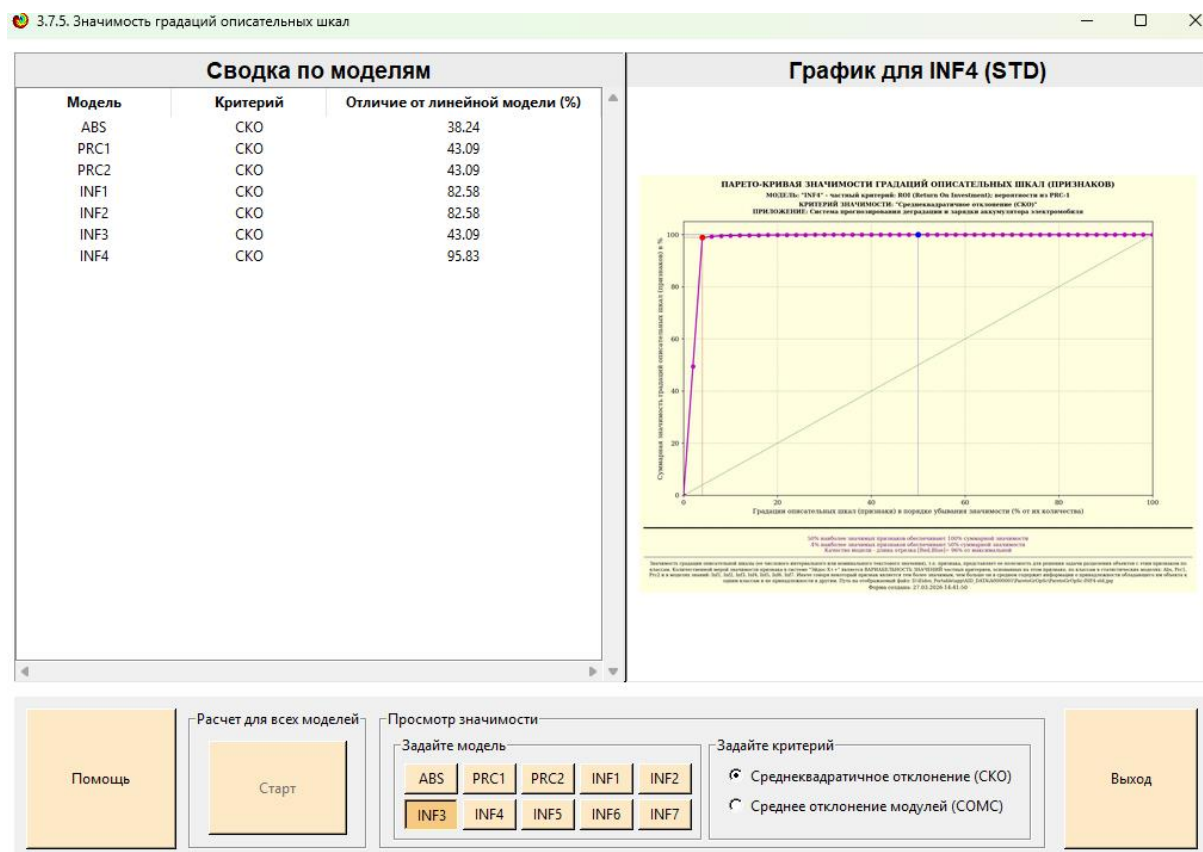


Рисунок 38. Рейтинг качества статистических и системно-когнитивных моделей и имена Excel-файлов с информацией о силе и направлении влияния значений факторов в этих моделях

Таблица 16 – Сила влияния значений факторов на поведение объекта моделирования в СК-модели INF1

№	№ %	Код значения фактора	Наименование фактора и его значения	Код фактора	Значимость, %	Значимость кумулятивно, %
1	10, 0	1	КОЛИЧЕСТВО_ЦИКЛОВ_ЗАРЯДКИ-3/3-[3-й интервал]	5	14,812	14,812
2	20, 0	2	ТЕМПЕРАТУРА_С-3/3-[3-й интервал]	6	13,947	28,759
3	30, 0	3	ИСПОЛЬЗОВАНИЕ_БЫСТРОЙ_ЗАРЯДКИ-2/2-[да]	9	12,635	41,394
4	40, 0	4	ВОЗРАСТ_АВТОМОБИЛЯ_ЛЕТ-3/3-[3-й интервал]	4	11,284	52,678
5	50, 0	5	РЕЖИМ_ЗАРЯДА_РАЗРЯДА-3/3-[3-е значение]	7	10,116	62,794
6	60, 0	6	ПРОБЕГ_КМ-3/3-[3-й интервал]	10	9,482	72,276
7	70, 0	7	СТИЛЬ_ВОЖДЕНИЯ-3/3-[3-е значение]	8	8,731	81,007
8	80, 0	8	ЕМКОСТЬ_БАТАРЕИ_КВТ·Ч-1/3-[1-й интервал]	3	7,964	88,971
9	90, 0	9	ТИП_БАТАРЕИ-2/3-[2-е значение]	2	6,144	95,115
10	100, 0	10	МОДЕЛЬ_АВТОМОБИЛЯ-2/3-[2-е значение]	1	4,885	100,000

Источник: c:\Aidos-X\AID DATA\A0000001\System\Zpr Infl.xlsx

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

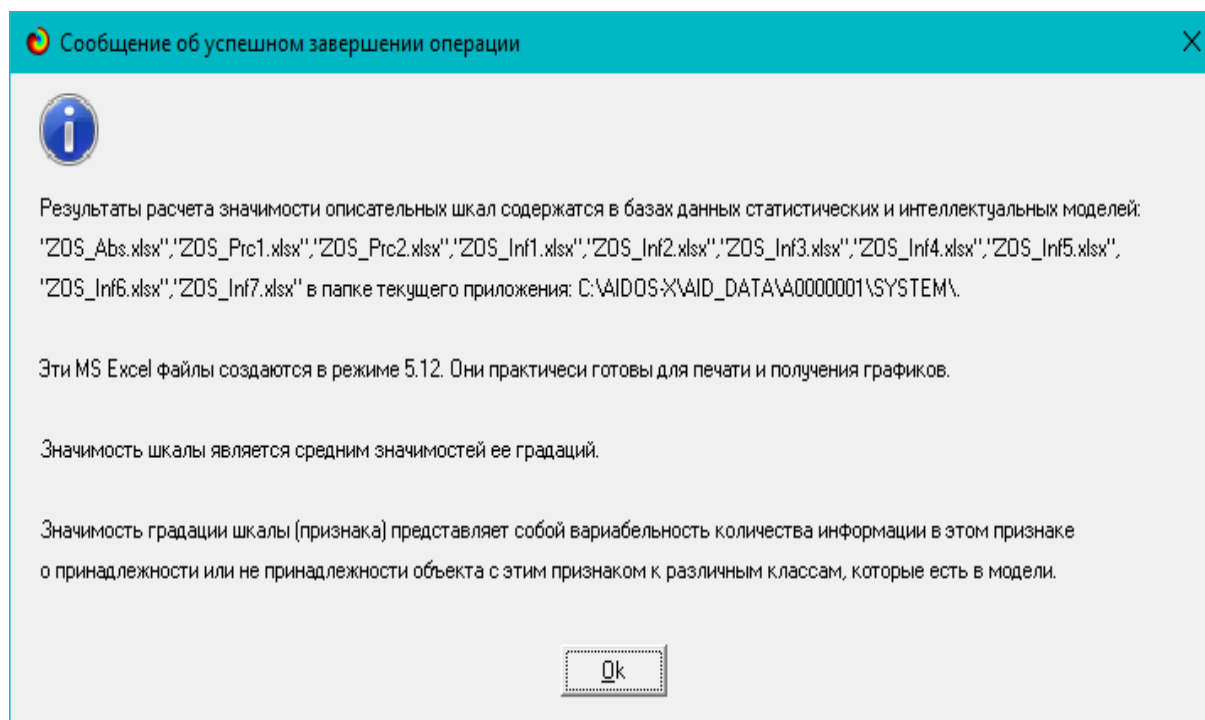


Рисунок 39. Имена Excel-файлов с информацией о силе влияния факторов в статистических и системно-когнитивных моделях

В таблице 17 приведена информация о силе влияния факторов на переход объекта моделирования в различные будущие состояния, соответствующие классам, в системно-когнитивной модели INF1.

Таблица 17 – Сила влияния факторов на поведение объекта моделирования в системно-когнитивной модели INF1

№	Код	Наименование фактора	Значимость фактора, %	Значимость фактора кумулятивно, %
1	5	КОЛИЧЕСТВО_ЦИКЛОВ_ЗАРЯДКИ	16,842	16,842
2	6	ТЕМПЕРАТУРА_С	15,736	32,578
3	9	ИСПОЛЬЗОВАНИЕ_БЫСТРОЙ_ЗАРЯДКИ	13,921	46,499
4	4	ВОЗРАСТ_АВТОМОБИЛЯ_ЛЕТ	12,684	59,183
5	7	РЕЖИМ_ЗАРЯДА_РАЗРЯДА	10,547	69,730
6	10	ПРОБЕГ_КМ	9,614	79,344
7	8	СТИЛЬ_ВОЖДЕНИЯ	8,256	87,600
8	3	ЕМКОСТЬ_БАТАРЕИ_КВТ·Ч	6,943	94,543
9	2	ТИП_БАТАРЕИ	3,741	98,284
10	1	МОДЕЛЬ_АВТОМОБИЛЯ	1,716	100,000

Источник: c:\Aidos-X\AID_DATA\A0000001\System\ZOS_Inf1.xlsx

Из таблицы 17 видно, что наибольший вклад в формирование состояния аккумуляторной батареи вносят наиболее информативные факторы, характеризующие накопленную нагрузку на батарею, тепловой режим ее эксплуатации и степень износа. К таким факторам, как правило, относятся число циклов заряд-разряд, температура, возраст батареи, внутреннее сопротивление, скорость зарядки и разрядки, а также параметры эксплуатации транспортного средства. Таким образом, наиболее значимыми факторами, влияющими на состояние аккумуляторной батареи автомобиля, являются факторы, непосредственно связанные с интенсивностью использования батареи, условиями ее работы и накопленной деградацией.

3.8.11. Степень детерминированности классов и классификационных шкал

3.8.11.1. Универсальная постановка задачи, не зависящая от предметной области

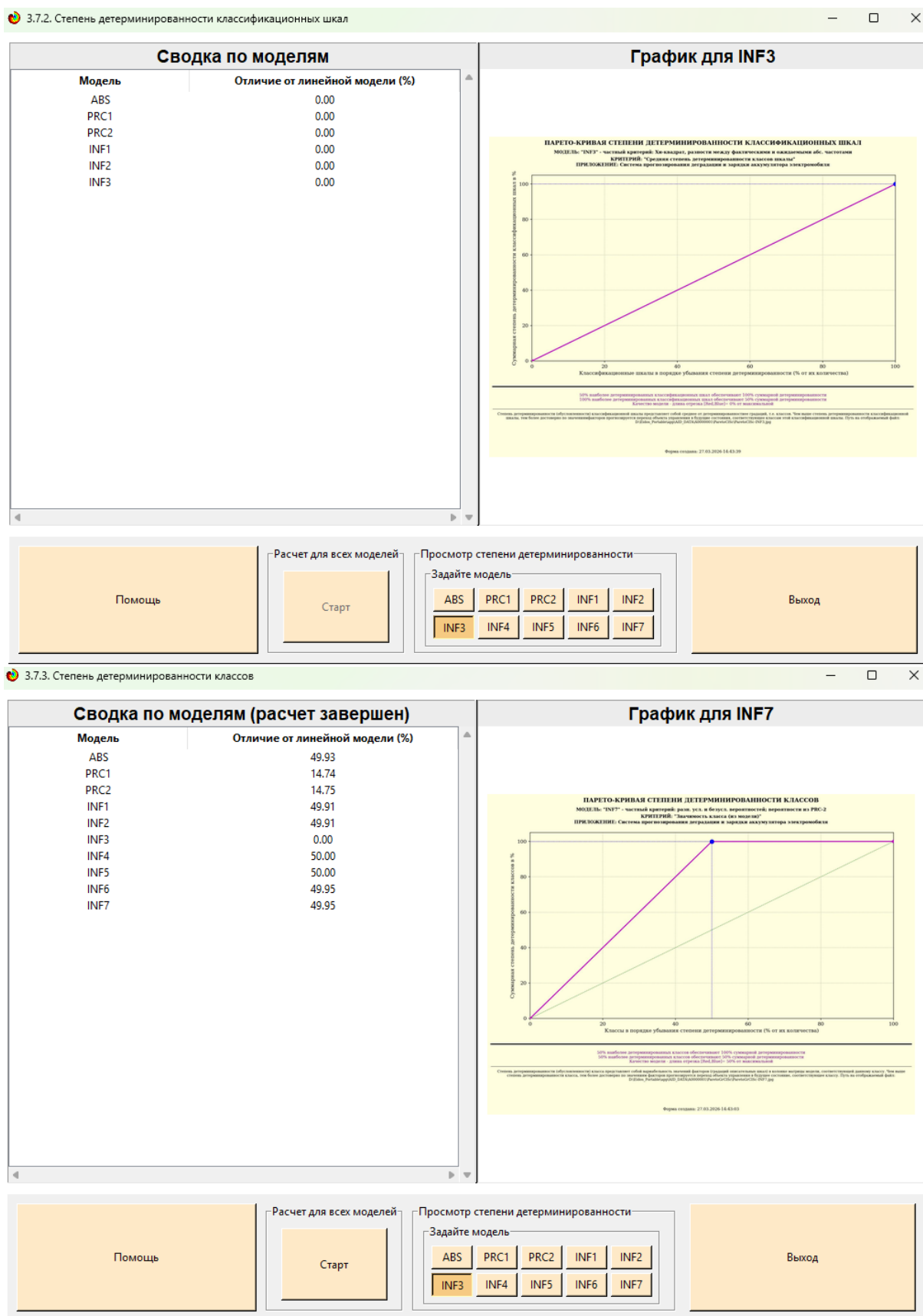
Степень детерминированности (обусловленности) класса в системе «Эйдос» количественно оценивается *степенью вариабельности значений факторов* (градаций описательных шкал) в колонке матрицы модели, соответствующей данному классу (режим 3.7.3 системы «Эйдос»).

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 рисунках 42 приведены экранные формы режимов 3.7.2 и 3.7.3 системы «Эйдос», содержащие информацию о степени детерминированности (обусловленности) состояний объекта моделирования действующими на него факторами:



Сводка по моделям (расчет завершен)

Модель	Отличие от линейной модели (%)
ABS	49.93
PRC1	14.74
PRC2	14.75
INF1	49.91
INF2	49.91
INF3	0.00
INF4	50.00
INF5	50.00
INF6	49.95
INF7	49.95

График для INF7

ПАРЕТО-КРИВАЯ СТЕПЕНИ ДЕТЕРМИНИРОВАННОСТИ КЛАССОВ
МОДЕЛЬ: "INF7" - частный критерий. Задаются: разности между фактическими и ожидаемыми абс. частотами
КРИТЕРИЙ: "Степень детерминированности классов (без масштаба)"
ПРИЛОЖЕНИЕ: Система прогнозирования деградации и зарядки аккумулятора электромобиля

100% выбранных детерминированных классов обеспечивают 100% ступенчатой детерминированности
100% выбранных детерминированных классов обеспечивают 100% ступенчатой детерминированности
Классы в порядке убывания степени детерминированности (% от их количества)

Степень детерминированности классификационных шкал представляет собой сумму от детерминированности шкалы, т.е. класса. Чем выше степень детерминированности классификационных шкал, тем более достоверно по ним можно прогнозировать деградацию и зарядку аккумулятора электромобиля. Степень детерминированности классификационных шкал рассчитывается по формуле: $\frac{\sum_{i=1}^n \text{степень детерминированности шкалы } i}{\text{количество шкал}}$

Формат отчета: 27.03.2024 14:43:43

Помощь

Расчет для всех моделей

Просмотр степени детерминированности

Выход

Задайте модель

ABS PRC1 PRC2 INF1 INF2

INF3 INF4 INF5 INF6 INF7

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 различных состояний аккумуляторной батареи электромобиля может существенно отличаться друг от друга. Это означает, что одни состояния аккумулятора прогнозируются по значениям факторов более уверенно, тогда как другие характеризуются меньшей определенностью и, следовательно, зависят от более сложной совокупности причин.

Таблица 18 – Степень детерминированности классов в СК-модели INF1

№	Код	Наименование класса	Значимость, %	Значимость кумулятивно, %
1	3	СОСТОЯНИЕ_БАТАРЕИ-3/3-[3-й класс состояния]	41,667	41,667
2	1	СОСТОЯНИЕ_БАТАРЕИ-1/3-[1-й класс состояния]	34,722	76,389
3	2	СОСТОЯНИЕ_БАТАРЕИ-2/3-[2-й класс состояния]	23,611	100,000

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

В таблице 18 приведена информация о степени детерминированности классов значениями факторов в системно-когнитивной модели ABS. 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, в целом согласуется с современными представлениями о многофакторной природе деградации аккумуляторных батарей электромобилей. 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 традиционными статистическими методами и отдельными алгоритмами машинного обучения. Поэтому есть все основания рекомендовать применение АСК-анализа и системы «Эйдос» для проведения дальнейших углубленных исследований в области эксплуатации электромобилей и диагностики состояния их аккумуляторных систем.

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 более детального описания будущих состояний объекта моделирования.

Например, можно было бы исследовать в создаваемых системно-когнитивных моделях не только эксплуатационные и конструктивные параметры аккумуляторной батареи, но и внешние факторы, в том числе температурные условия окружающей среды, интенсивность использования быстрой зарядки, режимы движения, сезонные особенности эксплуатации и характер маршрутов.

Рекомендуется ввести классификационные шкалы, отражающие влияние исследуемых факторов на объект моделирования не только в техническом выражении (состояние батареи, уровень деградации, остаточная емкость, уровень SOH), но и в экономическом и эксплуатационном выражении (затраты на обслуживание и замену батареи, изменение запаса хода, снижение эффективности эксплуатации электромобиля, экономическая целесообразность тех или иных режимов зарядки и использования).

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 №393. 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)

В условиях роста распространенности электромобилей и развития зарядной инфраструктуры актуальной задачей является повышение ресурса и надежности аккумуляторных батарей. Однако этому могут препятствовать множество взаимосвязанных факторов различной природы: модель автомобиля, тип аккумуляторной батареи, ее емкость, возраст, количество циклов зарядки, температурный режим, скорость зарядки, скорость разрядки, стиль вождения, внутреннее сопротивление и другие. В ряде научных и прикладных работ обосновывается перспективность применения интеллектуальных методов анализа данных для исследования деградации батарей электромобилей. Для анализа эмпирических данных в этой области традиционно используются статистические методы, методы машинного обучения и прогнозные модели. Эти исследования показали, что учет совокупности эксплуатационных и зарядных факторов позволяет более точно оценивать состояние батареи, хотя различные подходы демонстрируют разную эффективность в зависимости от структуры исходных данных и предметной области.

В данной статье для анализа эмпирических данных в области эксплуатации аккумуляторных батарей электромобилей 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 области электротранспорта, для выработки практических рекомендаций и обоснования научных положений о механизмах действия причинно-следственных связей в данной предметной области.

Спецификой данной задачи является то, что независимые переменные являются как лингвистическими (категориальными) переменными, так и числовыми переменными, измеряемыми в различных единицах измерения. 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 и получении той или иной урожайности.

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 агрономии* [48, 49].

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-X++" / 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 SWKGWY.

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://journal.kubansad.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 OMIPIL.
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.