МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

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

Факультет прикладной информатики

Кафедра Компьютерных систем и технологий

КУРСОВАЯ РАБОТА

по дисциплине: Интеллектуальные системы и технологии

на тему: «АСК-анализ факторов, влияющих на вероятность отказа оборудования в ближайшие 24 часа»

Выполнил студент группы: ИТ2442 Гуржиянц Ростислав Андреевич

Допущен к защите _____

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

(подпись, расшифровка подписи)

Защищен _____

(дата)

Оценка отлично

Краснодар

2025

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

Факультет прикладной информатики

РЕЦЕНЗИЯ
на курсовую работу

Студента Гуржиянц Ростислава Андреевича
курса 2 очной формы обучения группы ИТ2442
Направление подготовки 09.04.02 «Информационные системы и технологии»
Наименование темы «АСК-анализ факторов, влияющих на вероятность отказа оборудования в ближайшие 24 часа»
Рецензент: Луценко Евгений Вениаминович, д.э.н., к.т.н., профессор
(Ф.И.О., ученое звание и степень, должность)

Оценка качества выполнения курсовой работы

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

Достоинства работы _____
_____
Недостатки работы _____
_____

Итоговая оценка при защите ___отлично_____

Рецензент _____ (Е. В. Луценко)

«» 2025 г.

РЕФЕРАТ

Курсовая работа содержит: 101 страницу, 40 рисунков, 18 таблиц, 49 литературных источников.

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

Автоматизированный системно-когнитивный анализ (АСК-анализ) эффективности маршрутов доставки еды направлен на исследование факторов, определяющих дистанцию маршрута доставки и время доставки еды.

Целью работы является проведение автоматизированного системно-когнитивного анализа эффективности маршрутов доставки еды.

Для достижения цели требуется проанализировать методы создания обобщенных представлений классов и решения задач идентификации объектов с применением методов принятия решений и изучения моделируемой области путем анализа модели.

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ СИСТЕМНО-КОГНИТИВНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ МАРШРУТОВ ДОСТАВКИ ЕДЫ

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

Современная индустрия доставки еды является быстрорастущей сферой услуг, в которой эффективность логистических процессов напрямую влияет на качество обслуживания клиентов, себестоимость доставки, уровень конкурентоспособности и общую прибыльность компаний. Основной задачей служб доставки является обеспечение максимально быстрого и точного перемещения заказов от ресторанов или складов до конечных потребителей с минимальными затратами ресурсов.
В данной статье для анализа эмпирических данных 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, 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»

AUTOMATED SYSTEM-COGNITIVE ANALYSIS OF FOOD DELIVERY ROUTE EFFICIENCY

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

The modern food delivery industry is a rapidly growing service sector in which the efficiency of logistics processes directly impacts customer service quality, delivery costs, competitiveness, and company profitability. The primary goal of delivery services is to ensure the fastest and most accurate movement of orders from restaurants or warehouses to end consumers with minimal resource expenditure.
In this article, we propose to use Automated System-Cognitive Analysis (ASC-analysis) and its software tools – the Eidos intelligent system – to analyze empirical data. A detailed numerical example is given. This example contains many different visual tabular and graphical output forms and can be used to teach the use of ASK analysis and the Eidos system for scientific research, to develop practical recommendations and substantiate scientific provisions on the mechanisms of causal relationships in this subject area.

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

СОДЕРЖАНИЕ

1. INTRODUCTION (ВВЕДЕНИЕ) 8

1.1. Описание исследуемой предметной области 8

1.2. Объект и предмет исследования 9

1.3. Проблема, решаемая в работе и ее актуальность 9

1.4. Цель работы 10

2. METHODS (МЕТОДЫ) 10

2.1. Обоснование требований к методу решения проблемы 10

2.2. Литературный обзор методов решения проблемы, их характеристика и оценка степени соответствия обоснованным требованиям 11

2.3. Автоматизированный системно-когнитивный анализ (АСК-анализ) как метод решения проблемы 11

2.4. Система «Эйдос» – инструментарий АСК-анализа 13

2.5. Цель и задачи работы 20

3. RESULTS (РЕЗУЛЬТАТЫ) 23

3.1. *Задача-1.* Когнитивная структуризация предметной области. Две интерпретации классификационных и описательных шкал и градаций 23

3.1.1. Универсальная постановка задачи, не зависящая от предметной области 23

3.1.2. Конкретное решение задачи в данной работе 24

3.2. *Задача-2.* Формализация предметной области 24

3.2.1. Универсальная постановка задачи, не зависящая от предметной области 24

3.2.2. Конкретное решение задачи в данной работе 25

3.3. *Задача-3.* Синтез статистических и системно-когнитивных моделей. Многопараметрическая типизация и частные критерии знаний 32

3.3.1. Универсальная постановка задачи, не зависящая от предметной области 32

3.3.2. Конкретное решение задачи в данной работе 40

3.4. *Задача-4.* Верификация моделей 43

3.4.1. Универсальная постановка задачи, не зависящая от предметной области 43

3.4.2. Конкретное решение задачи в данной работе 44

3.5. *Задача-5.* Выбор наиболее достоверной модели 47

3.5.1. Универсальная постановка задачи, не зависящая от предметной области 47

3.5.2. Конкретное решение задачи в данной работе 47

3.6. *Задача-6.* Системная идентификация и прогнозирование 48

3.6.1. Универсальная постановка задачи, не зависящая от предметной области 48

3.6.1.1. Интегральный критерий «Сумма знаний» 48

3.6.1.2. Интегральный критерий «Семантический резонанс знаний» 49

3.6.1.3. Важные математические свойства интегральных критериев 50

3.6.2. Конкретное решение задачи идентификации и прогнозирования в данной работе в системе «Эйдос»..... 51

3.7. *Задача-7.* Поддержка принятия решений..... 54

3.7.1. Упрощенный вариант принятия решений как обратная задача прогнозирования, позитивный и негативный информационные портреты классов, SWOT-анализ 54

3.7.1.1. Универсальная постановка задачи, не зависящая от предметной области..... 54

3.7.1.2. Конкретное решение задачи идентификации и прогнозирования в данной работе в системе «Эйдос» 56

3.7.2. Развитый алгоритм принятия решений в адаптивных интеллектуальных системах управления на основе АСК-анализа и системы «Эйдос» 58

3.7.2.1. Универсальная постановка задачи, не зависящая от предметной области..... 58

3.7.2.2. Конкретное решение задачи управления в данной работе в системе «Эйдос» 62

3.8. *Задача-8.* Исследование объекта моделирования путем исследования его модели..... 62

3.8.1. Инвертированные SWOT-диаграммы значений описательных шкал (семантические потенциалы) 62

3.8.1.1. Универсальная постановка задачи, не зависящая от предметной области..... 62

3.8.1.2. Конкретное решение задачи в данной работе 62

3.8.2. Кластерно-конструктивный анализ классов..... 65

3.8.2.1. Универсальная постановка задачи, не зависящая от предметной области..... 65

3.8.2.2. Конкретное решение задачи в данной работе 65

3.8.3. Кластерно-конструктивный анализ значений описательных шкал 68

3.8.3.1. Универсальная постановка задачи, не зависящая от предметной области..... 68

3.8.3.2. Конкретное решение задачи в данной работе 68

3.8.4. Модель знаний системы «Эйдос» и нелокальные нейроны..... 71

3.8.4.1. Универсальная постановка задачи, не зависящая от предметной области..... 71

3.8.4.2. Конкретное решение задачи в данной работе 72

3.8.5. Нелокальная нейронная сеть..... 74

3.8.5.1. Универсальная постановка задачи, не зависящая от предметной области..... 74

3.8.5.2. Конкретное решение задачи в данной работе 75

3.8.7. 2D-интегральные когнитивные карты содержательного сравнения классов (опосредованные нечеткие правдоподобные рассуждения)..... 76

3.8.7.1. Универсальная постановка задачи, не зависящая от предметной области..... 76

3.8.7.2. Конкретное решение задачи в данной работе 76

3.8.8. 2D-интегральные когнитивные карты содержательного сравнения значений факторов (опосредованные нечеткие правдоподобные рассуждения) 78

3.8.8.1. Универсальная постановка задачи, не зависящая от предметной области..... 78

3.8.8.2. Конкретное решение задачи в данной работе 78

3.8.9. Когнитивные функции 80

3.8.9.1. Универсальная постановка задачи, не зависящая от предметной области..... 80
3.8.9.2. Конкретное решение задачи в данной работе 81
3.8.10. Значимость описательных шкал и их градаций 85
3.8.10.1. Универсальная постановка задачи, не зависящая от предметной области 85
3.8.10.2. Конкретное решение задачи в данной работе 86
3.8.11. Степень детерминированности классов и классификационных шкал 89
3.8.11.1. Универсальная постановка задачи, не зависящая от предметной области 89
3.8.11.2. Конкретное решение задачи в данной работе 89
4. DISCUSSION (ОБСУЖДЕНИЕ)..... 92
5. CONCLUSIONS (ВЫВОДЫ)..... 93
REFERENCES (ЛИТЕРАТУРА) 94

1. INTRODUCTION (ВВЕДЕНИЕ)

1.1. Описание исследуемой предметной области

Промышленное производство представляет собой динамичную и сложную предметную область, где техническое состояние оборудования формируется под воздействием множества взаимосвязанных количественных и качественных факторов. На вероятность отказа влияют такие характеристики, как уровень вибрации, температура мотора, потребляемый ток, уровень давления и частота вращения ротора (обороты в минуту). Помимо этого, на техническое состояние воздействуют режим работы оборудования, количество часов с момента последнего обслуживания, температура окружающей среды, а также остаточный ресурс, рассчитанный на основе предыдущих наблюдений. Особую роль играет тип оборудования – CNC-станки, насосы, компрессоры и роботизированные руки имеют различные физические принципы работы и, соответственно, разные профили отказов.

Процесс сбора и подготовки данных в данной области осложнён высокой степенью неравномерности и информационной асимметрии: данные с датчиков часто содержат пропуски или противоречивые записи (сбои в передаче показаний, ошибки калибровки), в них присутствуют выбросы (аномально высокие или низкие значения вибрации или температуры из-за кратковременных сбоев или внешних воздействий), а поведение оборудования может кардинально меняться при экстремальных событиях (резкие перепады нагрузки, скачки напряжения, нештатные режимы эксплуатации). Кроме того, деградация оборудования со временем создаёт дополнительные искажения, которые необходимо учитывать при анализе – одни и те же значения вибрации могут означать нормальную работу для нового станка и критическое состояние для оборудования, давно не проходившего обслуживание.

Ключевой задачей в предметной области является построение устойчивых и интерпретируемых моделей, способных корректно учитывать нелинейные взаимодействия между факторами (например, влияние температуры мотора на вероятность отказа может зависеть от текущей нагрузки и режима работы), категориальные признаки (тип оборудования, режим работы) и редкие события (внезапные отказы, критические отклонения параметров). Модель должна быть робастной к шуму и пропускам в данных, выявлять и корректно трактовать выбросы, а также обеспечивать объяснимые выводы для технического персонала и лиц, принимающих решения о проведении обслуживания.

Таким образом, исследуемая предметная область представляет собой совокупность процессов, данных и моделей, направленных на качественную и количественную оценку влияния технических и эксплуатационных характеристик на вероятность отказа оборудования.

Повышение точности и прозрачности оценки способствует оптимизации графиков технического обслуживания, снижению экономических потерь от внеплановых простоев и повышению эффективности функционирования промышленного производства в целом.

1.2. Объект и предмет исследования

Объект исследования (моделирования) – промышленное оборудование в процессе эксплуатации.

Предмет исследования – выявление взаимосвязи между техническими и эксплуатационными факторами и вероятностью отказа оборудования в ближайшие 24 часа.

1.3. Проблема, решаемая в работе и ее актуальность

Промышленное производство характеризуется высокой интенсивностью эксплуатации оборудования, значительными колебаниями нагрузок во времени и наличием множества факторов, влияющих на техническое состояние и вероятность отказов. Участники производственной экосистемы – обслуживающий персонал, инженеры по надежности и руководители производства – сталкиваются с необходимостью быстро и корректно определять вероятность отказа оборудования с учётом изменяющихся условий: текущих показаний датчиков (вибрация, температура, ток, давление), режима работы, наработки с момента последнего обслуживания, а также внешних факторов, таких как температура окружающей среды. Основная проблема заключается в недостаточной точности и прозрачности текущих методов прогнозирования отказов в условиях неполных, зашумленных и разрозненных данных, что приводит к внеплановым простоям, аварийным остановкам производства и значительным экономическим потерям.

Актуальность исследования вызвана несколькими взаимосвязанными факторами. Во-первых, корректное прогнозирование отказов напрямую влияет на безопасность производственного персонала и бесперебойность выпуска продукции: внезапные отказы могут привести не только к финансовым потерям, но и к угрозе жизни и здоровью людей. Во-вторых, для инженерных служб и руководства предприятий важна точность прогнозов для оптимального планирования графиков технического обслуживания и ремонтов, своевременной закупки запасных частей и предотвращения аварийных остановок; ошибки в оценке состояния оборудования ведут либо к избыточным профилактическим ремонтам, либо к пропуску критических состояний и внезапным отказам. В-третьих, влияние внешних обстоятельств – резкие перепады температур, скачки нагрузки, нештатные режимы эксплуатации – делает статические правила обслуживания малоэффективными и подчёркивает необходимость адаптивных моделей, учитывающих текущее состояние оборудования.

Дополнительные сложности создаёт качество и структура доступных данных: в реальных логах с датчиков часто встречаются пропуски и ошибки, выбросы в показаниях, а также неоднородность данных по типам оборудования и режимам работы. Это требует применения методов, устойчивых к шуму и пропускам, способных обнаруживать аномалии и корректно учитывать взаимодействия между факторами. Кроме того, важным требованием является интерпретируемость моделей: технический персонал, инженеры по надежности и лица, принимающие решения о выводе оборудования в ремонт, должны понимать, почему система прогнозирует высокую вероятность отказа, чтобы своевременно предпринимать обоснованные меры и повышать доверие к автоматизированным системам мониторинга.

Решение указанной проблемы позволит повысить точность прогнозирования отказов и прозрачность оценки технического состояния, что принесёт практическую пользу всем участникам производственного процесса: обслуживающий персонал получит своевременные предупреждения о необходимости проверки оборудования, инженеры – инструменты для оптимизации графиков ремонтов, руководство предприятий – снижение простоев и экономических потерь. Практическая значимость работы заключается в разработке методов и инструментов для автоматизированной оценки и прогнозирования вероятности отказа оборудования на основе данных с датчиков, поддержки принятия решений при планировании технического обслуживания, а также в повышении безопасности и эффективности промышленного производства. Поэтому исследование влияния уровня вибрации, температуры мотора, потребляемого тока, давления, оборотов, режима работы, наработки с момента обслуживания и типа оборудования на вероятность отказа является востребованным направлением прикладной аналитики и машинного обучения в промышленной сфере.

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 годов[1] и фундаментальной монографии [2].

Сам термин: «Автоматизированный системно-когнитивный анализ (АСК-анализ)» был предложен проф.Е.В.Луценко в 2001 году. На тот момент этот термин вообще не встречался в Internet. Сегодня по соответствующему запросу в Гугле находится около 23000 сайтов с этим сочетанием слов[2].

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

---

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

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

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 США[4].

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, психологическими и медицинским наукам, еще несколько докторских и кандидатских диссертаций по техническим, эконмическим, филологическим и медицинским наукам с применением АСК-анализа находятся в стадии выхода на защиту.

Автор является основателем междисциплинарной научной школы: «Автоматизированный системно-когнитивный анализ»[5]. Научная школа: "Автоматизированный системно-когнитивный анализ" является междисциплинарным научным направлением на пересечении, по крайней мере, трех научных специальностей (согласно недавно утвержденной новой номенклатуры научных специальностей ВАК РФ[6]). Основные научные специальности, которым соответствует научная школа:

– 5.12.4. Когнитивное моделирование;

– 1.2.1. Искусственный интеллект и машинное обучение;

– 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации.

---

[3] http://lc.kubagro.ru/aidos/Sprab0802.pdf

[4] https://catalog.loc.gov/vwebv/search?searchArg=Lutsenko+E.V. (и кликнуть: “**Search**”)

[5] https://www.famous-scientists.ru/school/1608

[6] https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/400450248/

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

– Автоматизированный системно-когнитивный анализ числовых и текстовых табличных данных [1-47];

– Автоматизированный системно-когнитивный анализ текстовых данных [32];

– Спектральный и контурный автоматизированный системно-когнитивный анализ изображений [31];

– Сценарный автоматизированный системно-когнитивный анализ временных и динамических рядов [44].

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

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

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

2.4. Система «Эйдос» – инструментарий АСК-анализа

Конечно, на системе «Эйдос» как говорят «Свет клином не сошелся». Существует много очень достойных систем искусственного интеллекта. Чтобы лично убедиться в этом достаточно самостоятельно осуществить поиск в Internet, просто посмотреть файлы: NCKR-1, NCKR-2, NCKR-3, NCKR-4 или пройти по ссылкам: https://learn.microsoft.com/ru-ru/dotnet/machine-learning/how-does-mldotnet-work, http://chat.openai.com/, https://poe.com/, https://neural-university.ru/, https://dzen.ru/a/ZCKZRKvrlEMBWOk8, 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, приятия 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);

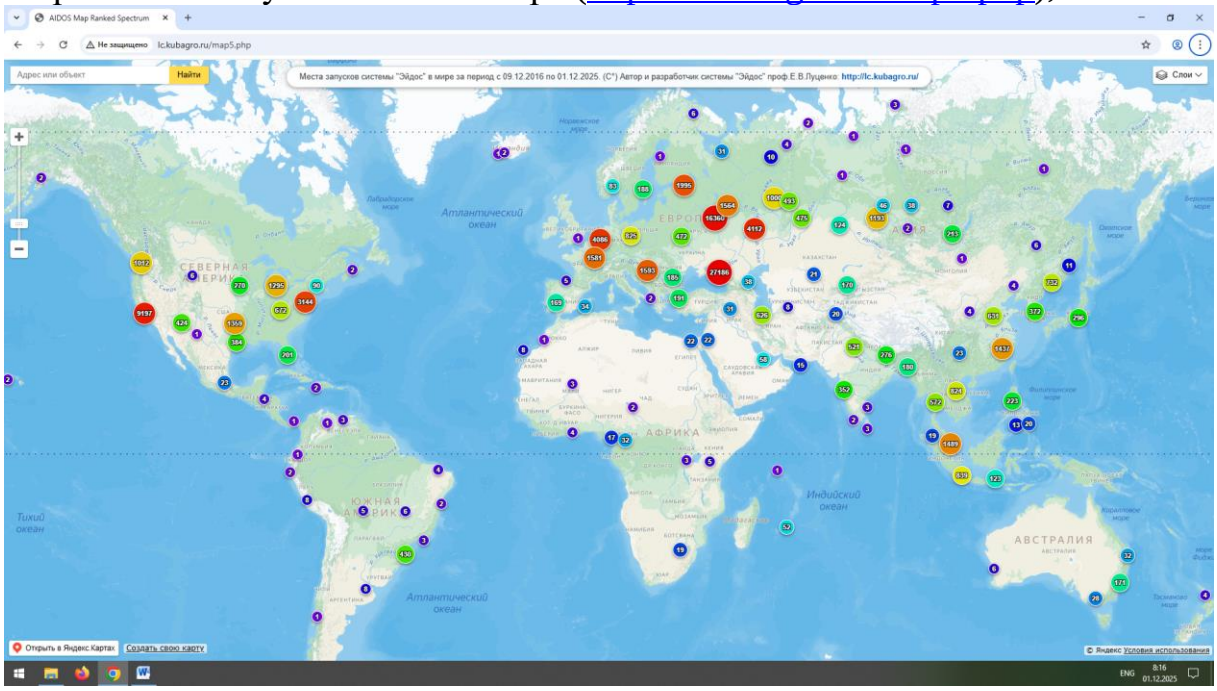
  - находится в полном открытом бесплатном доступе (http://lc.kubagro.ru/aidos/_Aidos-X.htm), причем с актуальными исходными текстами (http://lc.kubagro.ru/__AidosALL.txt): открытая лицензия: CC BY-SA 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/), и это означает, что ей могут пользоваться все, 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++.

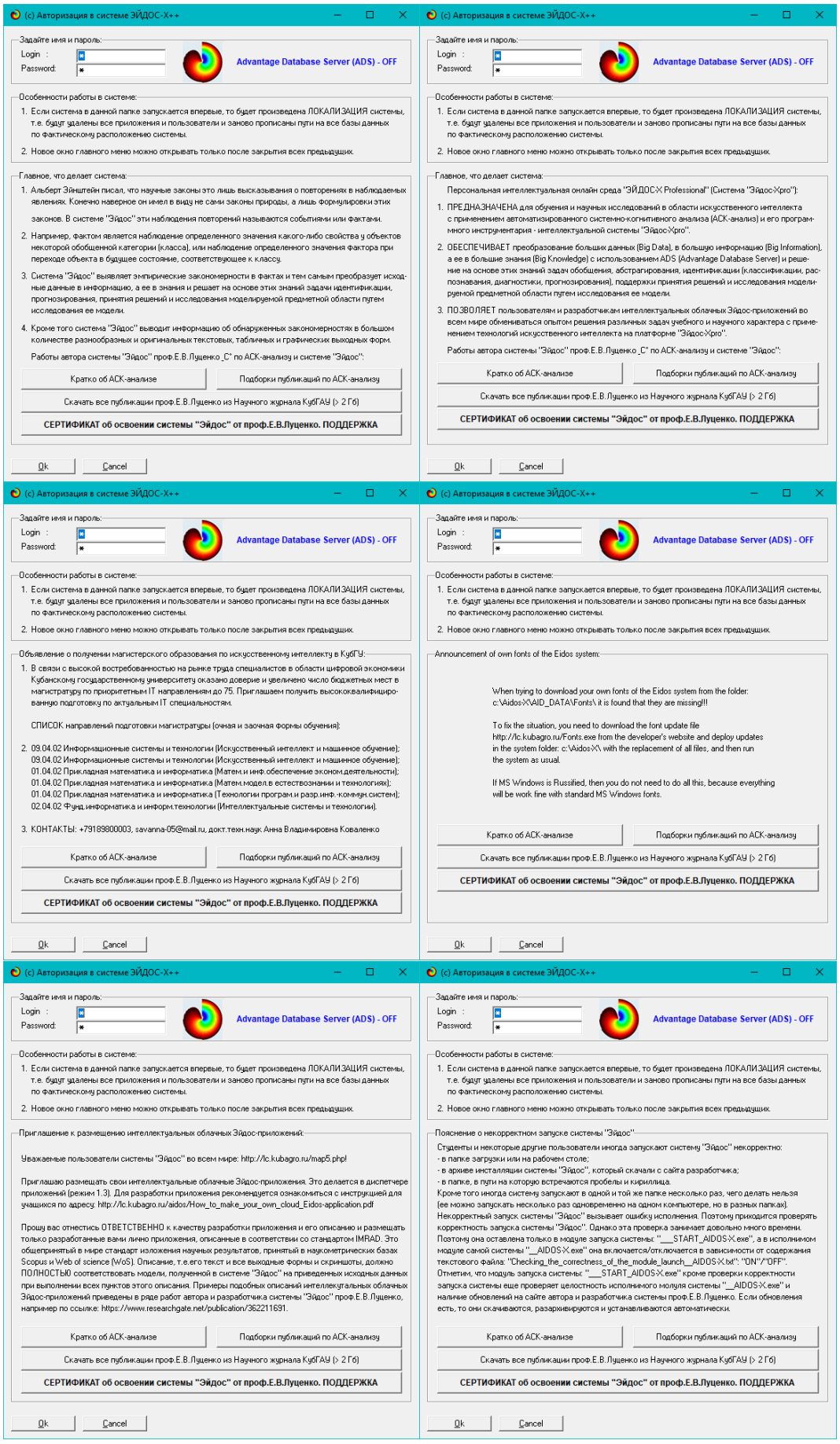
Скачать и запустить систему «Эйдос-Х++» (самую новую на текущий момент версию) или обновление системы до текущей версии. Это наиболее полная на данный момент незащищенная от несанкционированного копирования портативная (portable) версия системы (не требующая инсталляции) с полными исходными текстами 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 версии системы «Эйдос» на xBase++ (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-Х++
Задайте имя и пароль:
Login :
Password:
Advantage Database Server (ADS) - OFF
Особенности работы в системе:
1. 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.
2. Новое окно главного меню можно открывать только после закрытия всех предыдущих.
Главное, что делает система:
1. Альберт Эйнштейн писал, что научные законы это лишь высказывания о повторениях в наблюдаемых явлениях. Конечно наверное он имел в виду не сами законы природы, а лишь формулировки этих законов. В системе "Эйдос" эти наблюдения повторений называются событиями или фактами.
2. Например, фактом является наблюдение определенного значения какого-либо свойства у объектов некоторой обобщенной категории (класса), или наблюдение определенного значения фактора при переходе объекта в будущее состояние, соответствующее к классу.
3. 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.
4. Кроме того система "Эйдос" выводит информацию об обнаруженных закономерностях в большом количестве разнообразных и оригинальных текстовых, табличных и графических выходных 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-Х++
Задайте имя и пароль:
Login :
Password:
Advantage Database Server (ADS) - OFF
Особенности работы в системе:
1. 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.
2. Новое окно главного меню можно открывать только после закрытия всех предыдущих.
Главное, что делает система:
Персональная интеллектуальная онлайн среда "ЭЙДОС-Х Professional" (Система "Эйдос-Хро"):
1. ПРЕДНАЗНАЧЕНА для обучения и научных исследований в области искусственного интеллекта с применением автоматизированного системно-когнитивного анализа (АСК-анализ) и его программного инструментария - интеллектуальной системы "Эйдос-Хро".
2. ОБЕСПЕЧИВАЕТ преобразование больших данных (Big Data), в большую информацию (Big Information), а ее в большие знания (Big Knowledge) с использованием ADS (Advantage Database Server) и решение на основе этих знаний задач обобщения, абстрагирования, идентификации (классификации, распознавания, диагностики, прогнозирования), поддержки принятия решений и исследования моделируемой предметной области путем исследования ее модели.
3. ПОЗВОЛЯЕТ пользователям и разработчикам интеллектуальных облачных Эйдос-приложений во всем мире обмениваться опытом решения различных задач учебного и научного характера с применением технологий искусственного интеллекта на платформе "Эйдос-Хро".
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-Х++
Задайте имя и пароль:
Login :
Password:
Advantage Database Server (ADS) - OFF
Особенности работы в системе:
1. 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.
2. Новое окно главного меню можно открывать только после закрытия всех предыдущих.
Объявление о получении магистерского образования по искусственному интеллекту в КубГУ:
1. 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 приоритетным IT направлениям до 75. Приглашаем получить высококвалифицированную подготовку по актуальным IT специальностям.
СПИСОК направлений подготовки магистратуры (очная и заочная формы обучения):
2. 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 эконом.деятельности);
01.04.02 Прикладная математика и информатика (Матем.модел.в естествознании и технологиях);
01.04.02 Прикладная математика и информатика (Технологии програм.и разр.инф.-коммун.систем);
02.04.02 Фунд.информатика и информ.технологии (Интеллектуальные системы и технологии).
3. КОНТАКТЫ: +79189800003, savanna-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-Х++
Задайте имя и пароль:
Login :
Password:
Advantage Database Server (ADS) - OFF
Особенности работы в системе:
1. 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.
2. 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:\Aidos-X\AID_DATA\Fonts\ it is found that they are missing!!!
To fix the situation, you need to download the font update file
http://lc.kubagro.ru/Fonts.exe from the developer's website and deploy updates
in the system folder: c:\Aidos-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-Х++
Задайте имя и пароль:
Login :
Password:
Advantage Database Server (ADS) - OFF
Особенности работы в системе:
1. 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.
2. Новое окно главного меню можно открывать только после закрытия всех предыдущих.
Приглашение к размещению интеллектуальных облачных Эйдос-приложений:
Уважаемые пользователи системы "Эйдос" во всем мире: http://lc.kubagro.ru/map5.php!
Приглашаю размещать свои интеллектуальные облачные Эйдос-приложения. Это делается в диспетчере приложений (режим 1.3). Для разработки приложения рекомендуется ознакомиться с инструкцией для учащихся по адресу: http://lc.kubagro.ru/aidos/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 подобных описаний интеллектуальных облачных Эйдос-приложений приведены в ряде работ 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-Х++
Задайте имя и пароль:
Login :
Password:
Advantage Database Server (ADS) - OFF
Особенности работы в системе:
1. 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.
2. 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 пробелы и кириллица.
Кроме того иногда систему запускают в одной и той же папке несколько раз, чего 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 модуле запуска системы: "___START_AIDOS-X.exe", а в исполнимом модуле самой системы "__AIDOS-X.exe" она включается/отключается в зависимости от содержания текстового файла: "Checking_the_correctness_of_the_module_launch__AIDOS-X.txt": "ON"/"OFF".
Отметим, что модуль запуска системы: "___START_AIDOS-X.exe" кроме проверки корректности запуска системы еще проверяет целостность исполнимого модуля системы "__AIDOS-X.exe" и наличие обновлений на сайте автора и разработчика системы проф.Е.В.Луценко. Если обновления есть, то они скачиваются, разархивируются и устанавливаются автоматически.
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

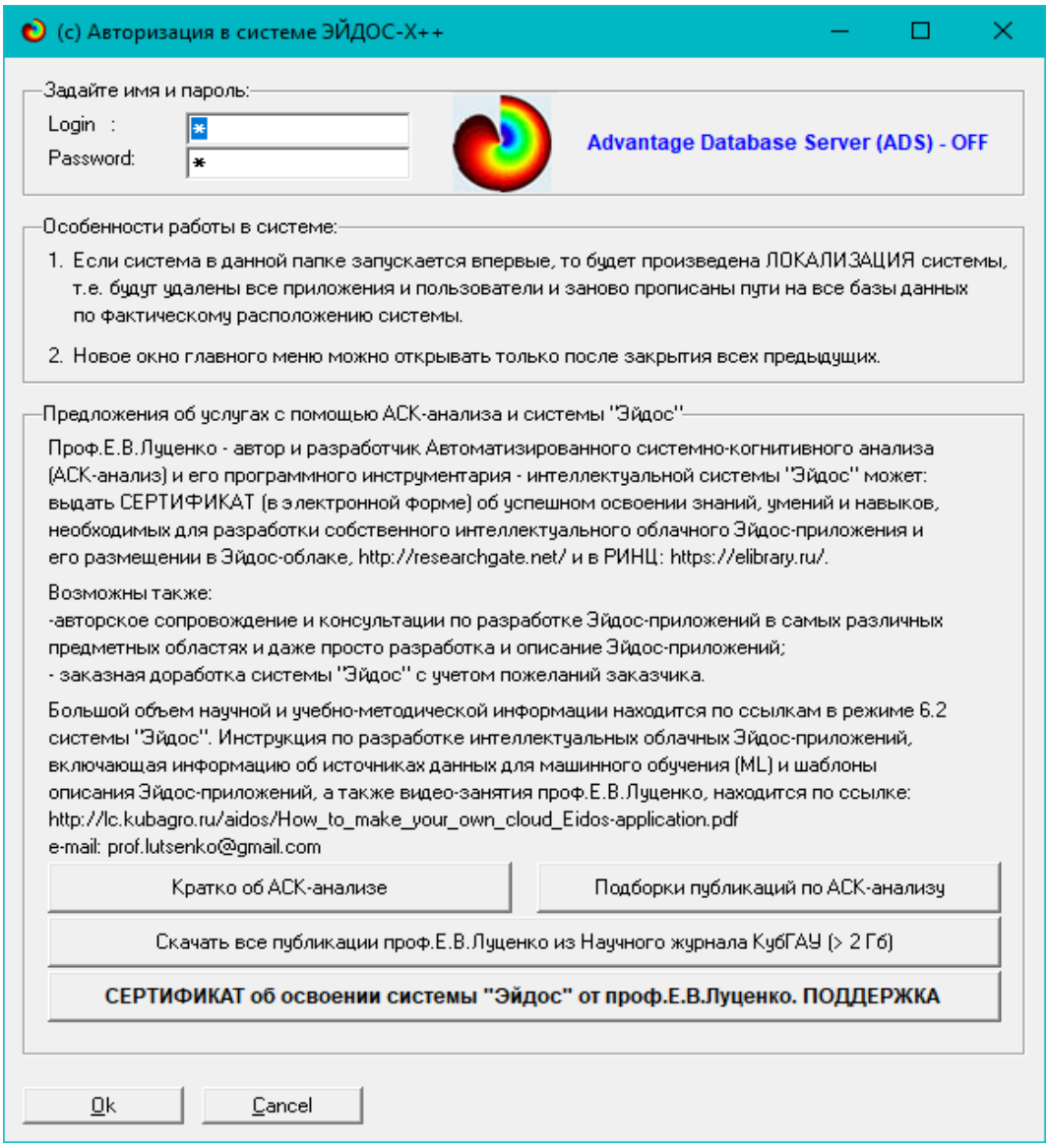


Рисунок 2. Титульные видеограммы версии системы «Эйдос» на xBase++

2.5. Цель и задачи работы

Целью работы является решение поставленной проблемы.

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

Задача-1. Когнитивная структуризация предметной области.

Задача-2. Формализация предметной области.

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

Задача-4. Верификация моделей.

Задача-5. Выбор наиболее достоверной модели.

Задача-6. Системная идентификация и прогнозирование.

Задача-7. Поддержка принятия решений (упрощенный вариант принятия решений как обратная задача прогнозирования, позитивный и

негативный информационные портреты классов, SWOT-анализ; развитый алгоритм принятия решений в АСК-анализе).

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

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

8.2) кластерно-конструктивный анализ классов;

8.3) кластерно-конструктивный анализ значений описательных шкал;

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

8.5) нелокальная нейронная сеть;

8.6) 3d-интегральные когнитивные карты;

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

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

8.9) когнитивные функции;

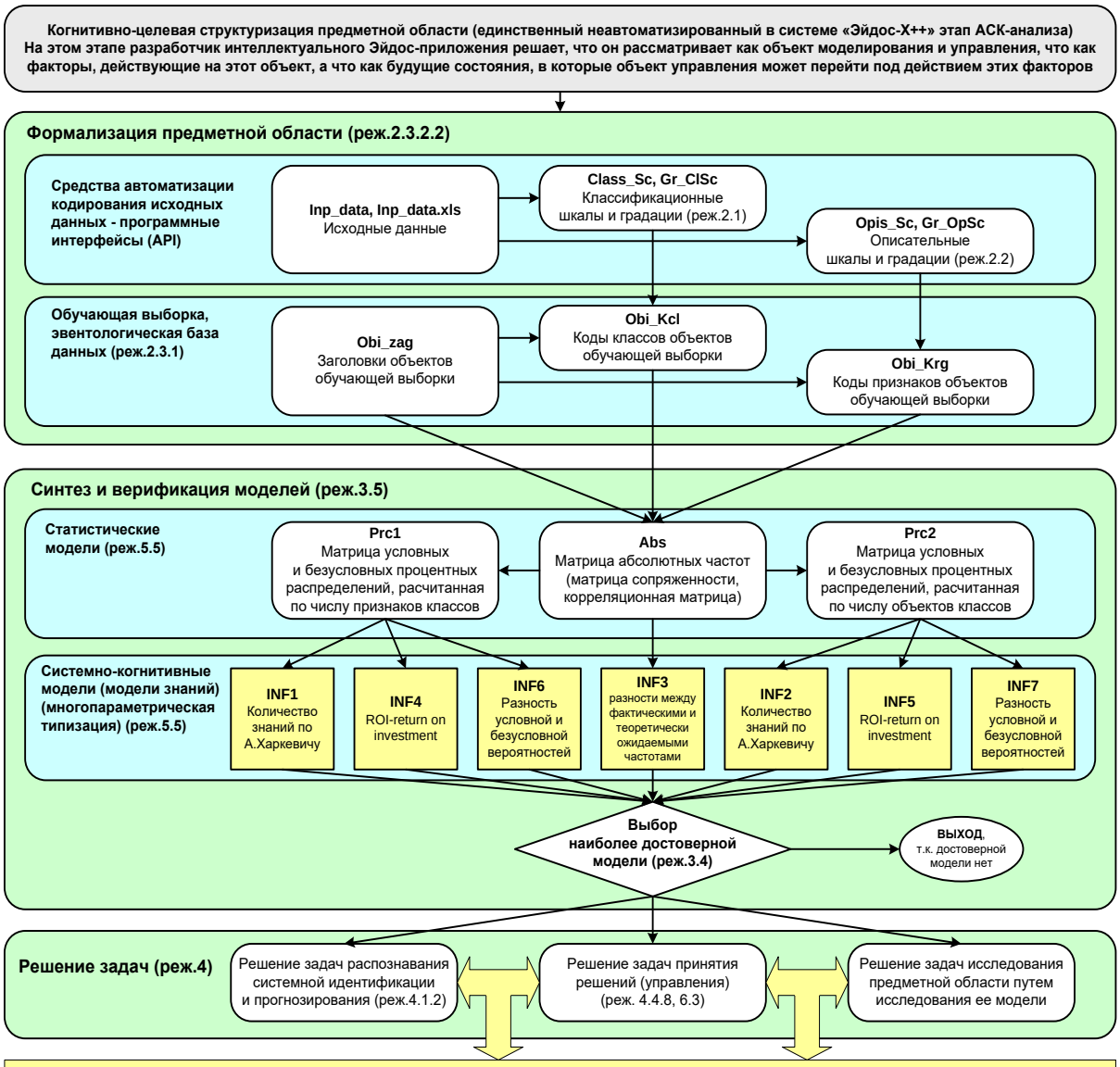
8.10) значимость описательных шкал и их градаций;

8.11) степень детерминированности классов и классификационных шкал).

Для данной работы особое значение имеет решение подзадачи 8.1, т.к. она позволяет детально исследовать влияние каждого значения каждого фактора на устойчивость сливы к температурным стрессорам, в т.ч. от обработки деревьев борной кислотой.

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



Если модель адекватна, **достоверна**, т.е. соответствует действительности, то и результаты решения задач в этой модели также соответствуют действительности. Это значит, что если достоверность модели низка или неизвестна, то применять ее для решения реальных задач нельзя. Если же это делается, то является авантюризмом и профанацией науки.

О соотношении задач.

- распознавание, классификация, идентификация и диагностика (это одно и тоже, т.е. синонимы). При решении этих задач определяется степень сходства/различия образа конкретного объекта с обобщенными образами классов.
- идентификация и прогнозирование (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, по сути, **прогнозирование - это идентификация будущих состояний, т.е. это тоже идентификация, но не в пространстве (настоящем), а в пространстве-времени**;
- прогнозирование и принятие решений (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**);
- принятие решений путем многократного многовариантного прогнозирования при различных сочетаниях значений факторов невозможно из-за комбинаторного взрыва. Прогнозирование может быть **элементом** принятия решения, т.е. применено для оценки **адекватности** рассматриваемого уже ранее сформированного другим методом варианта решения, но оно в реальных случаях, т.е. когда много факторов, не может быть применено для выработки самого варианта решения;
- принятие решений и исследование моделируемой предметной области (задача принятия решений является обратной по отношению к задаче прогнозирования только в простейшем случае: в случае использования SWOT-анализа. Однако SWOT-анализ имеет свои ограничения: может быть задано только **одно** будущее целевое состояние, некоторые рекомендуемые факторы может **не быть** технологической и финансовой **возможности использовать**. Поэтому в АСК-анализе и системе «Эйдос» реализован развитый алгоритм принятия решений п.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.)

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 неавтоматизированном 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

Исходные данные были взяты по ссылке https://www.kaggle.com/datasets/tatheerabbas/industrial-machine-predictive-maintenance.

Данные содержат записи работы промышленного оборудования с показаниями датчиков и метками отказов.

В данной работе в качестве ***объекта моделирования*** выступают состояния промышленного оборудования в процессе эксплуатации, в качестве ***факторов***: временная метка, тип оборудования, уровень вибрации, температура мотора, потребляемый ток, уровень давления, обороты в минуту, режим работы, количество часов с момента последнего обслуживания, температура окружающей среды и остаточный ресурс оборудования (таблица 1), а в качестве ***результатов*** действия этих факторов – вероятность отказа оборудования в ближайшие 24 часа, а также тип отказа в случае его возникновения (таблица 2):

Таблица 1 – Описательные шкалы (факторы)

kod_opsc	name_opsc
1	vibration_rms
2	temperature_motor
3	current_phase_avg
4	pressure_level
5	rpm
6	operating_mode
7	hours_since_maintenance
8	ambient_temp
9	rul_hours

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

Таблица 2 – Классификационные шкалы (результаты действия факторов)

kod_clsc	name_clsc
1	failure_within_24h
2	failure_type

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

Таблица 3 – Исходные данные по влиянию различных факторов на дистанцию и время маршрута доставки

timestamp	machine_id	machine_type	vibration_rms	temperature_motor	current_phase_avg	pressure_level	rpm	operating_mode	hours_since_maintenance	ambient_temp	rul_hours	failure_within_24h	failure_type	estimated_repair_cost
2024-01-01 00:00:00	1	CNC	0.81	49.51	5.1	23.6	860.9	idle	273.8	13.9	61.0	0	none	0
2024-01-01 00:03:00	1	CNC	0.75	40.58	5.3	23.6	899.6	idle	273.85	10.2	60.95	0	none	0
2024-01-01 00:21:00	1	CNC	0.71	49.7		21.3	862.7	idle	274.15	13.6	60.65	0	none	0
2024-01-01 00:45:00	1	CNC	0.76	43.04	4.79	22.6	870.4	idle	274.55	13.4	60.25	0	none	0
2024-01-01 00:54:00	1	CNC	0.88	41.39	4.44	22.2	881.9	idle	274.7	10.8	60.1	0	none	0
2024-01-01 01:23:00	1	CNC	0.94	42.0	4.77	23.6	853.2	idle	275.18	16.1	59.62	0	none	0
2024-01-01 01:47:00	1	CNC	0.88	41.71	4.1	25.7	917.6	idle	275.58	10.8	59.22	0	none	0
2024-01-01 01:55:00	1	CNC	2.93	54.57	10.13	78.0	2932.1	normal	275.72	11.4	59.08	0	none	0
2024-01-01 01:59:00	1	CNC	0.74	44.95	4.05	25.5	868.1	idle	275.78	11.6	59.02	0	none	0
2024-01-01 02:12:00	1	CNC	0.9	43.12	4.78	23.3	862.9	idle	276.0	16.1	58.8	0	none	0
2024-01-01 02:37:00	1	CNC	0.99	47.75	5.41	25.4	891.9	idle	276.42	9.2	58.38	0	none	0
2024-01-01 02:51:00	1	CNC		40.88	4.29	20.3	872.8	idle	276.65	10.9	58.15	0	none	0
2024-01-01 03:13:00	1	CNC	0.82	42.71	5.24	22.1	869.7	idle	277.02	16.6	57.78	0	none	0
2024-01-01 03:33:00	1	CNC	0.86	41.41	5.2	20.4	919.1	idle	277.35	8.7	57.45	0	none	0
2024-01-01 03:56:00	1	CNC	0.93	41.99	4.01	24.9	899.5	idle	277.73	10.9	57.07	0	none	0
2024-01-01 04:00:00	1	CNC	2.82	61.57	9.98	65.6	2834.8	normal	277.8	16.7	57.0	0	none	0
2024-01-01 04:14:00	1	CNC	0.96	46.23	4.5	20.4	871.8	idle	278.03	14.4	56.77	0	none	0
2024-01-01 04:27:00	1	CNC	0.8	47.3	4.96	25.3	883.1	idle	278.25	11.6	56.55	0	none	0
2024-01-01 04:50:00	1	CNC	0.74	47.13	5.14	23.4	904.0	idle	278.63	17.4	56.17	0	none	0
2024-01-01 05:12:00	1	CNC	0.85	45.23	4.64	20.1	857.5	idle	279.0	14.3	55.8	0	none	0
2024-01-01 05:31:00	1	CNC	0.71	46.36	4.47	23.1	913.5	idle	279.32	9.6	55.48	0	none	0
2024-01-01 05:45:00	1	CNC	0.77	44.1	5.13	21.4	855.4	idle	279.55	17.3	55.25	0	none	0
2024-01-01 06:09:00	1	CNC	2.21	52.42	15.54	82.7	2990.0	normal	279.95	14.8	54.85	0	none	0
2024-01-01 06:37:00	1	CNC	0.96	48.04	4.28	25.4	887.8	idle	280.42	8.6	54.38	0	none	0
2024-01-01 07:05:00	1	CNC	2.93	63.44	11.57	56.2	2868.4	normal	280.88	11.2	53.92	0	none	0
2024-01-01 07:15:00	1	CNC	2.4	62.27	15.09		2953.2	normal	281.05	17.1	53.75	0	none	0
2024-01-01 07:35:00	1	CNC	0.83	42.22	4.18	22.0	916.0	idle	281.38	11.1	53.42	0	none	0
2024-01-01 07:57:00	1	CNC	2.25	57.78	14.07	65.8	3091.5	normal	281.75	16.8	53.05	0	none	0
2024-01-01 08:19:00	1	CNC	3.15	53.78	6.3	4.2	885.4	normal	282.12	10.6	52.68	0	none	0

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»

timestam	machine_	vibration	temperat	current_p	pressure_	rpm	operating	hours_sir	ambient_	rul_hours	failure_w	failure_type
2024-01-0	CNC	1,12	49,01	4,75	20,5	887,2	idle	316,12	10,3	32,74	0	none
2024-01-0	CNC	2,34	62,07	13,21	63,1	2713,3	normal	316,62	9,4	32,24	0	none
2024-01-0	CNC	3,53	67,35	13,61	74,5	2973,2	normal	317,02	10,1	31,84	0	none
2024-01-0	CNC	3,27	55,7	13,7	61,9	2827,5	normal	317,22	12,2	31,64	0	none
2024-01-0	CNC	3,32	67,48	16,06	87,6	2735,9	normal	317,47	15,7	31,39	0	none
2024-01-0	CNC	1,17	51,86	4,34	23,7	879,3	idle	317,5	15,7	31,36	0	none
2024-01-0	CNC	4,25	71,52	22,75	89,5	3765,1	peak	317,53	11	31,33	0	none
2024-01-0	CNC	4,53	61,66	22,09	116	3819,5	peak	318,03	12,2	30,83	0	none
2024-01-0	CNC	1,16		4,68	24,3	849,5	idle	318,35	17	30,51	0	none
2024-01-0	CNC	2,5	60,47	10,8	52,9	2841	normal	318,52	8,3	30,34	0	none
2024-01-0	CNC	0,99	52,91	4,71	28,3	860,6	idle	318,9	15,2	29,96	0	none
2024-01-0	CNC	3,82	73,06	20,53	136,1	3699,3	peak	319	13,3	29,86	0	none
2024-01-0	CNC	2,84	55,13	16,6	77,2	2864	normal	319,33	8,3	29,53	0	none
2024-01-0	CNC	0,86	51,37	4,48	21,7	830,9	idle	319,43	9,8	29,43	0	none
2024-01-0	CNC	2,47	54,46	13,06	85	2709,4	normal	319,63	11,3	29,23	0	none
2024-01-0	CNC	1,11	48,49	4,98	21,6	843,3	idle	319,87	17,5	28,99	0	none
2024-01-0	CNC	1,05	45,61		25,8	879,1	idle	320,33	8,2	28,53	0	none
2024-01-0	CNC	0,98	46,81	5,17	28,6	816,8	idle	320,55	8,7	28,31	0	none
2024-01-0	CNC	0,9	51,27	5,2	16,5	829,9	idle	320,6	17,5	28,26	0	none
2024-01-0	CNC	0,93	50,84		20,3		idle	320,63	10,4	28,23	0	none
2024-01-0	CNC	0,91	50,67	4,54		831,2	idle	320,72	10,2	28,14	0	none
2024-01-0	CNC	1,11	52,79	5,47	28,6	858,9	idle	321,15	14,1	27,71	0	none
2024-01-0	CNC	0,92	47,24	5,57	25,7	819,1	idle	321,55	16,2	27,31	0	none
2024-01-0	CNC	0,92	44,6	4,45	24,6	841,4	idle	321,63	17,3	27,23	0	none
2024-01-0	CNC	1,18	52,55	4,71	16,1	838,2	idle	321,87	15,2	26,99	0	none
2024-01-0	CNC	1,08	47,14	5,16	25,1	849	idle	322,27	10,4	26,59	0	none
2024-01-0	CNC	2,95	58,92	16,36	62,6	2714,2	normal	322,45	14	26,41	0	none
2024-01-0	CNC	1,18	49,44	5,58	23,7	839,6	idle	322,78	11,5	26,08	0	none
2024-01-0	CNC	0,87	47,3	5,03	16,8	828	idle	323	14,5	25,86	0	none
2024-01-0	CNC	0,91	53,01	5,74		821,8	idle	323,25	9,1	25,61	0	none
2024-01-0	CNC	2,7	55,02	16,17	44,7	2832	normal	323,62	12,6	25,24	0	none
2024-01-0	CNC	0,97	50,31	5,22	21,5	823,3	idle	323,73	17,7	25,13	0	none
2024-01-0	CNC		56,91		83,4	2834,5	normal	324,18	15,7	24,68	0	none
2024-01-0	CNC	1,1	51,61	4,47	30,9	835,7	idle	324,65	10,7	24,21	0	none
2024-01-0	CNC	2,93	62,83	10,31	56,6	2868,7	normal	325,12	10,8	23,74	1	hydraulic
2024-01-0	CNC	0,9	51,15	4,59	16	825,6	idle	325,45	11,8	23,41	1	hydraulic
2024-01-0	CNC	1,02	52,34	4,68	20	837,9	idle	325,57	11,5	23,29	1	hydraulic
2024-01-0	CNC	1,14	54,62	5,37	22	807,4	idle	326,07	16,8	22,79	1	hydraulic
2024-01-0	CNC	0,99	51,23	4,3	22,8	844,7	idle	326,2	15,2	22,66	1	hydraulic
2024-01-0	CNC	1,01	53,07	4,38	19,8	852,7	idle	326,6	15,1	22,26	1	hydraulic
2024-01-0	CNC	1,08	52,26	4,9	18,2	858,6	idle	326,67	12	22,19	1	hydraulic
2024-01-0	CNC		52,37	4,65			idle	326,88	13,3	21,98	1	hydraulic
2024-01-0	CNC	0,93	54,63	4,44	22,7	833,1	idle	327,08	12,5	21,78	1	hydraulic

Таблица 4 имеет следующую структуру:

– каждая строка описывает один заказ, всего их 200;

– 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 4), а с другой стороны результатами действия этих факторов, выраженными в текстовых и числовых шкалах в разных единицах измерения (желтый фон). Такая структура описания наблюдений в технологиях искусственного интеллекта называется «***онтологией***» и модели представлений знаний Марвина Мински (1975) называется «***фрейм-экземпляр***»;

– 1-я колонка – не является шкалой и содержит номер наблюдения или другую идентифицирующую информацию о том, откуда взято описание этого наблюдения;

– колонки со 2-й по 3-ю – это классификационные шкалы – это шкалы ***текстового*** и ***числового*** типа описывающие ***результаты*** действия факторов в различных единицах измерения (таблица 4), в данном случае дистанция маршрута доставки и время доставки. В общем случае в исходных данных может быть значительно больше классификационных

шкал, описывающих результаты действия факторов на объект моделирования в ***натуральном*** и ***стоимостном*** выражении [8]: например ***количество*** и ***качество*** продукции, ***прибыль*** и ***рентабельность***. В системе «Эйдос» существует не очень жесткое ограничение на суммарное количество градаций классификационных шкал: их должно быть не более 2032;

– колонки с 3-й по 9-ю – это описательные шкалы, формализующие факторы, действующие на объект моделирования (таблица 4). Эти шкалы имеют числовой и текстовый тип и их градациями являются лингвистические и числовые переменные;

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

Математическая модель системы «Эйдос» обеспечивает устойчивое выявление в сопоставимой форме силы и направления причинно-следственных зависимостей в неполных (фрагментированных) зашумленных взаимозависимых (нелинейных) данных очень большой размерности числовой и не числовой природы, измеряемых в различных типах шкал (номинальных, порядковых и числовых) и в различных единицах измерения.

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

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

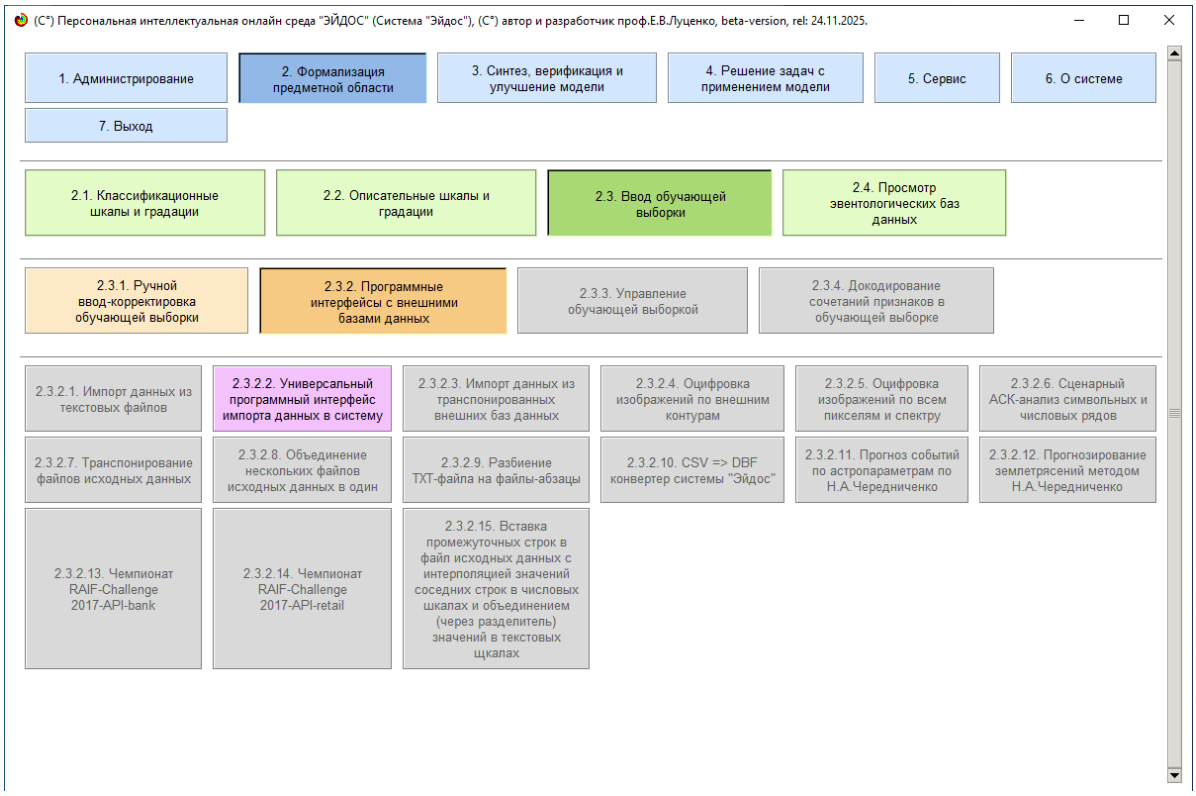


Рисунок 4. Автоматизированные программные интерфейсы (API) новой версии системы «Эйдос», написанной на Python

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

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

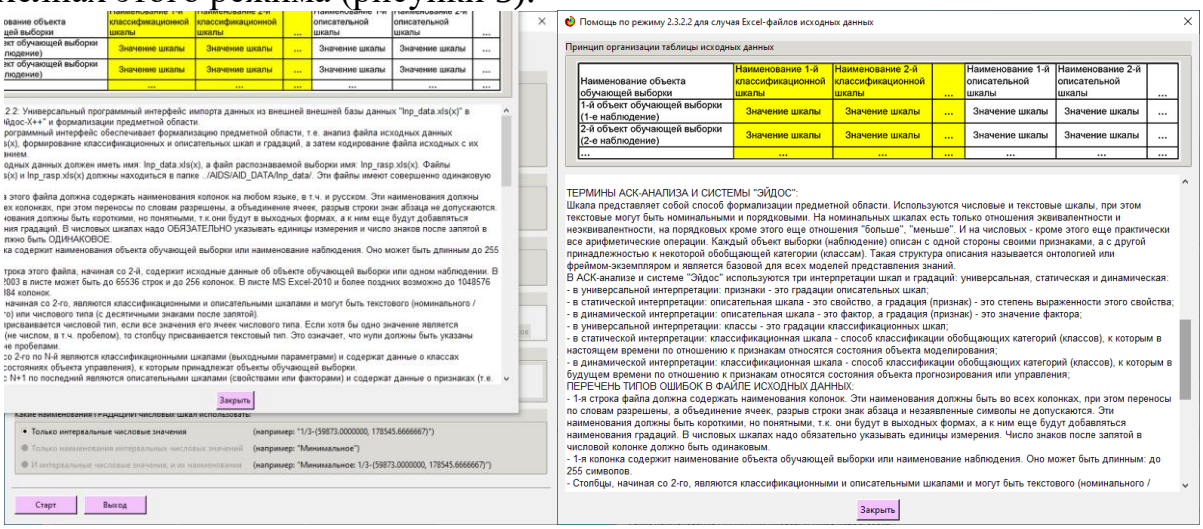
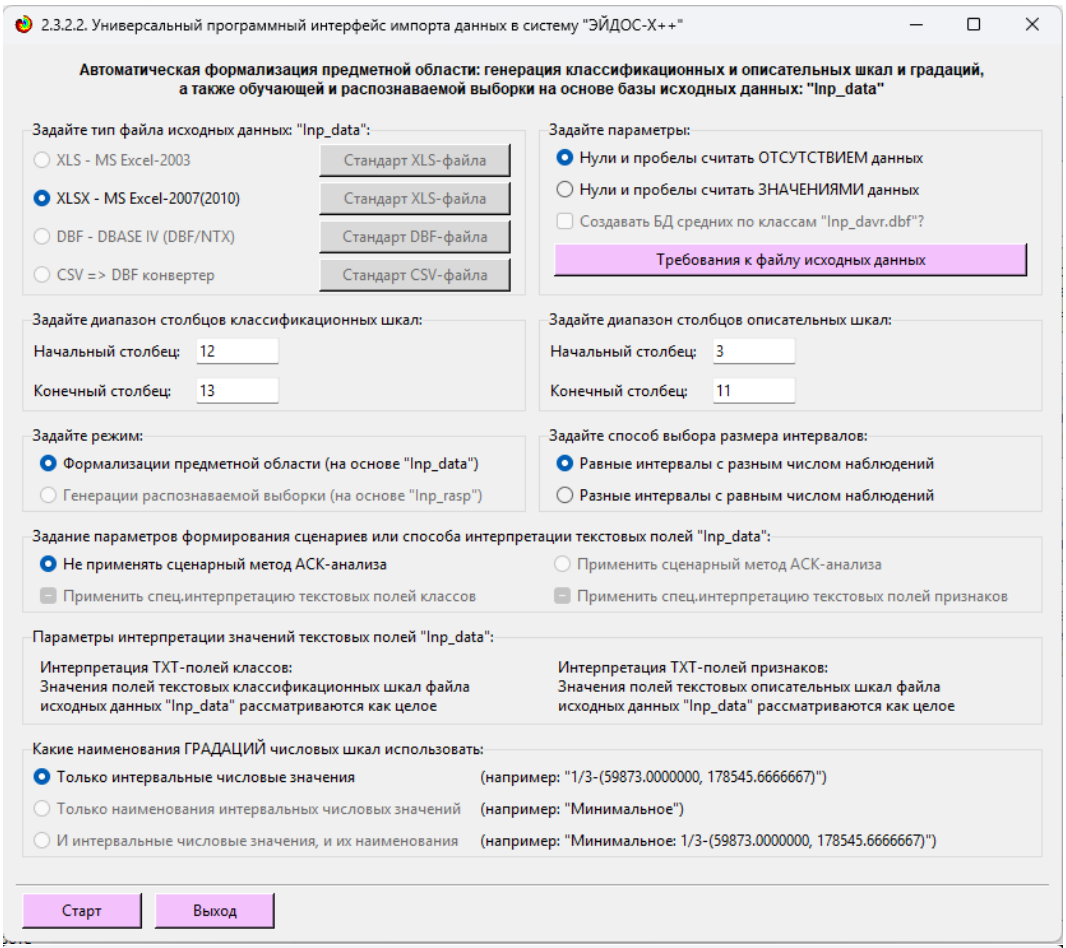
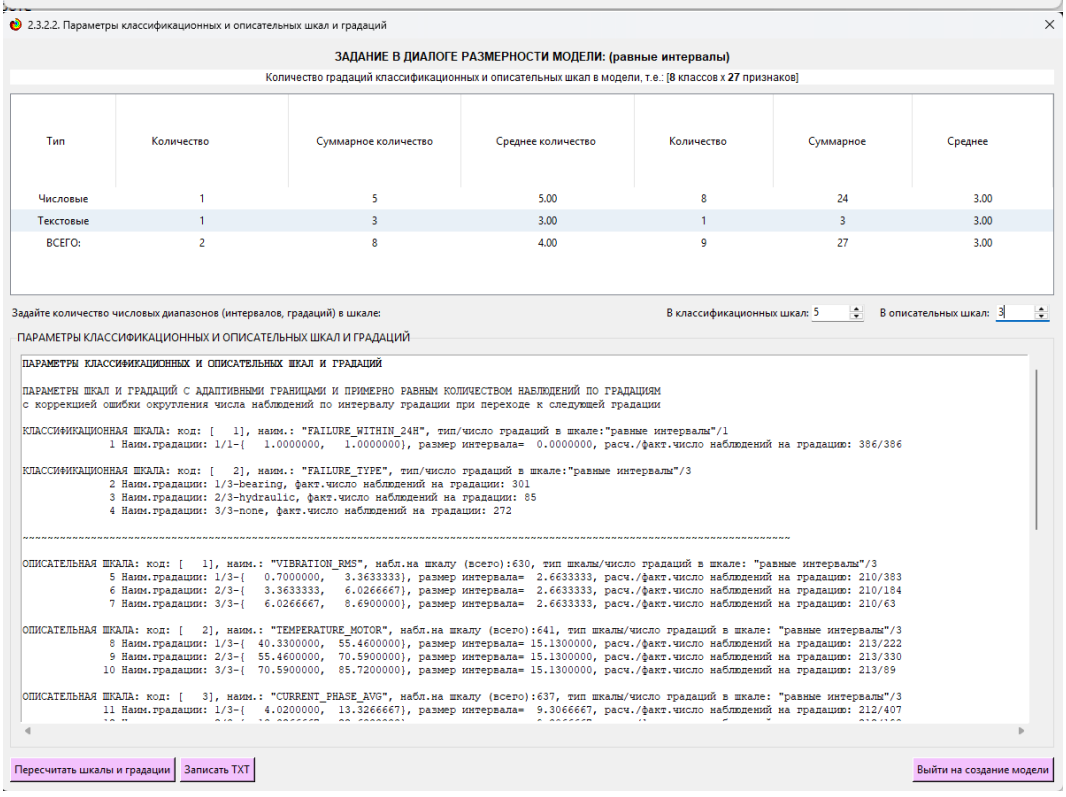


Рисунок 5. Хелпы API-2.3.2.2 системы «Эйдос»

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


2.3.2.2. Универсальный программный интерфейс импорта данных в систему "ЭЙДОС-Х++"
Автоматическая формализация предметной области: генерация классификационных и описательных шкал и градаций, а также обучающей и распознаваемой выборки на основе базы исходных данных: "Inp_data"
Задайте тип файла исходных данных: "Inp_data":
XLS - MS Excel-2003
Стандарт XLS-файла
XLSX - MS Excel-2007(2010)
Стандарт XLS-файла
DBF - DBASE IV (DBF/NTX)
Стандарт DBF-файла
CSV => DBF конвертер
Стандарт CSV-файла
Задайте параметры:
Нули и пробелы считать ОТСУТСТВИЕМ данных
Нули и пробелы считать ЗНАЧЕНИЯМИ данных
Создавать БД средних по классам "Inp_davr.dbf"?
Требования к файлу исходных данных
Задайте диапазон столбцов классификационных шкал:
Начальный столбец: 12
Конечный столбец: 13
Задайте диапазон столбцов описательных шкал:
Начальный столбец: 3
Конечный столбец: 11
Задайте режим:
Формализации предметной области (на основе "Inp_data")
Генерации распознаваемой выборки (на основе "Inp_rasp")
Задайте способ выбора размера интервалов:
Равные интервалы с разным числом наблюдений
Разные интервалы с равным числом наблюдений
Задание параметров формирования сценариев или способа интерпретации текстовых полей "Inp_data":
Не применять сценарный метод АСК-анализа
Применить сценарный метод АСК-анализа
Применить спец.интерпретацию текстовых полей классов
Применить спец.интерпретацию текстовых полей признаков
Параметры интерпретации значений текстовых полей "Inp_data":
Интерпретация ТХТ-полей классов:
Значения полей текстовых классификационных шкал файла исходных данных "Inp_data" рассматриваются как целое
Интерпретация ТХТ-полей признаков:
Значения полей текстовых описательных шкал файла исходных данных "Inp_data" рассматриваются как целое
Какие наименования ГРАДАЦИЙ числовых шкал использовать:
Только интервальные числовые значения (например: "1/3-(59873.0000000, 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


2.3.2.2. Параметры классификационных и описательных шкал и градаций
ЗАДАНИЕ В ДИАЛОГЕ РАЗМЕРНОСТИ МОДЕЛИ: (равные интервалы)
Количество градаций классификационных и описательных шкал в модели, т.е.: [8 классов x 27 признаков]
Тип | Количество | Суммарное количество | Среднее количество | Количество | Суммарное | Среднее
Числовые | 1 | 5 | 5.00 | 8 | 24 | 3.00
Текстовые | 1 | 3 | 3.00 | 1 | 3 | 3.00
ВСЕГО: | 2 | 8 | 4.00 | 9 | 27 | 3.00
Задайте количество числовых диапазонов (интервалов, градаций) в шкале:
В классификационных шкал: 5
В описательных шкал: 3
ПАРАМЕТРЫ КЛАССИФИКАЦИОННЫХ И ОПИСАТЕЛЬНЫХ ШКАЛ И ГРАДАЦИЙ
ПАРАМЕТРЫ КЛАССИФИКАЦИОННЫХ И ОПИСАТЕЛЬНЫХ ШКАЛ И ГРАДАЦИЙ
ПАРАМЕТРЫ ШКАЛ И ГРАДАЦИЙ С АДАПТИВНЫМИ ГРАНИЦАМИ И ПРИМЕРНО РАВНЫМ КОЛИЧЕСТВОМ НАБЛЮДЕНИЙ ПО ГРАДАЦИЯМ
с коррекцией ошибки округления числа наблюдений по интервалу градации при переходе к следующей градации
КЛАССИФИКАЦИОННАЯ ШКАЛА: код: [1], наим.: "FAILURE_WITHIN_24H", тип/число градаций в шкале:"равные интервалы"/1
1 Наим.градации: 1/1-{ 1.0000000, 1.0000000}, размер интервала= 0.0000000, расч./факт.число наблюдений на градацию: 386/386
КЛАССИФИКАЦИОННАЯ ШКАЛА: код: [2], наим.: "FAILURE_TYPE", тип/число градаций в шкале:"равные интервалы"/3
2 Наим.градации: 1/3-bearing, факт.число наблюдений на градации: 301
3 Наим.градации: 2/3-hydraulic, факт.число наблюдений на градации: 85
4 Наим.градации: 3/3-none, факт.число наблюдений на градации: 272
ОПИСАТЕЛЬНАЯ ШКАЛА: код: [1], наим.: "VIBRATION_RMS", набл.на шкалу (всего):630, тип шкалы/число градаций в шкале: "равные интервалы"/3
5 Наим.градации: 1/3-{ 0.7000000, 3.3633333}, размер интервала= 2.6633333, расч./факт.число наблюдений на градацию: 210/383
6 Наим.градации: 2/3-{ 3.3633333, 6.0266667}, размер интервала= 2.6633333, расч./факт.число наблюдений на градацию: 210/184
7 Наим.градации: 3/3-{ 6.0266667, 8.6900000}, размер интервала= 2.6633333, расч./факт.число наблюдений на градацию: 210/63
ОПИСАТЕЛЬНАЯ ШКАЛА: код: [2], наим.: "TEMPERATURE_MOTOR", набл.на шкалу (всего):641, тип шкалы/число градаций в шкале: "равные интервалы"/3
8 Наим.градации: 1/3-{ 40.3300000, 55.4600000}, размер интервала= 15.1300000, расч./факт.число наблюдений на градацию: 213/222
9 Наим.градации: 2/3-{ 55.4600000, 70.5900000}, размер интервала= 15.1300000, расч./факт.число наблюдений на градацию: 213/330
10 Наим.градации: 3/3-{ 70.5900000, 85.7200000}, размер интервала= 15.1300000, расч./факт.число наблюдений на градацию: 213/89
ОПИСАТЕЛЬНАЯ ШКАЛА: код: [3], наим.: "CURRENT_PHASE_AVG", набл.на шкалу (всего):637, тип шкалы/число градаций в шкале: "равные интервалы"/3
11 Наим.градации: 1/3-{ 4.0200000, 13.3266667}, размер интервала= 9.3066667, расч./факт.число наблюдений на градацию: 212/407
Пересчитать шкалы и градации
Записать ТХТ
Выйти на создание модели

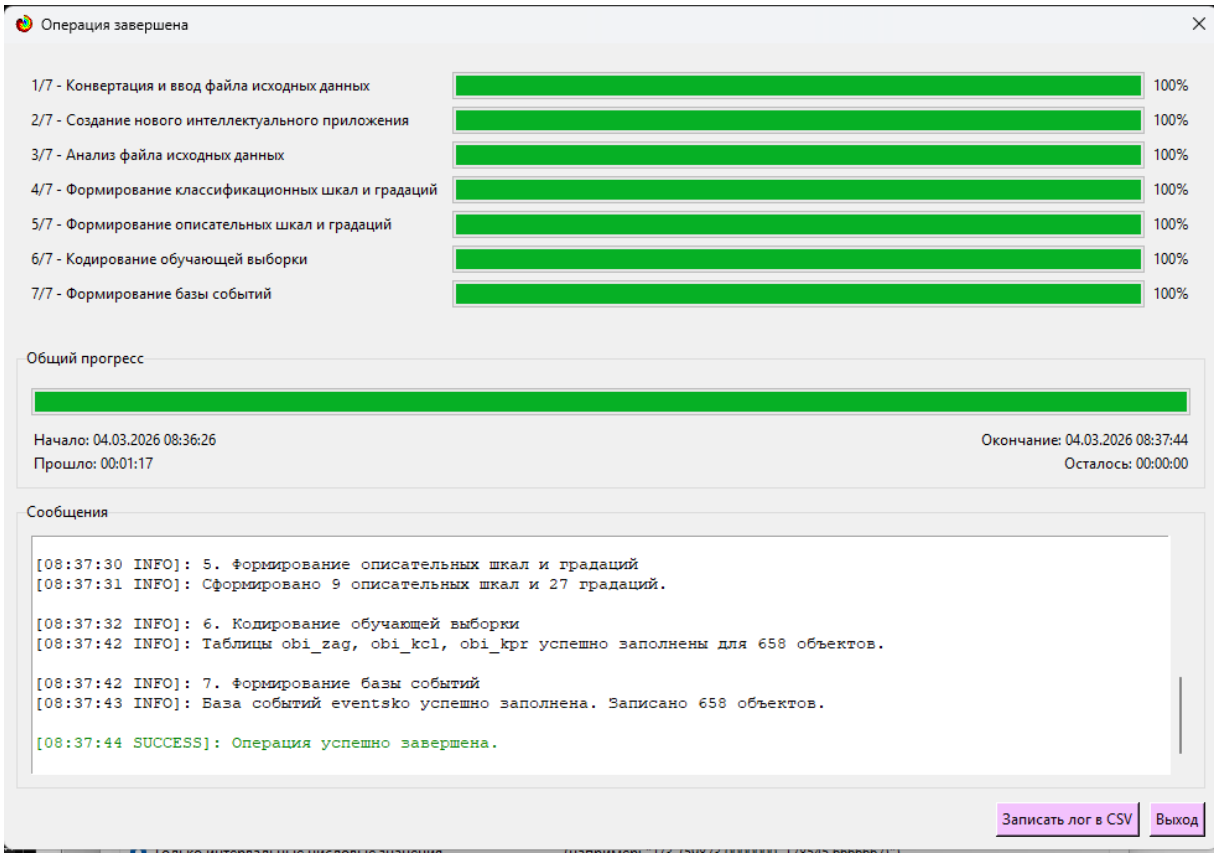


Рисунок 6. Экранные формы управления API-2.3.2.2 системы «Эйдос»

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 рассматривается не как значащие, а как ***отсутствие данных***.

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

Таблица 5 – Классификационные шкалы и градации (полностью)

kod_grcs	kod_clsc	name_grcs
1	1	1/1-{1.0000000,

		1.0000000}
2	2	bearing
3	2	hydraulic
4	2	none

Источник: c:\Aidos-X\AID_DATA\ Rospatent_Site\ xlsx_files\gr_clsc.xlsx

Таблица 6 – Описательные шкалы и градации (фрагмент)

kod_gros	kod_opsc	name_gros
1	1	1/3-{0.7000000, 3.3633333}
2	1	2/3-{3.3633333, 6.0266667}
3	1	3/3-{6.0266667, 8.6900000}
4	2	1/3-{40.3300000, 55.4600000}
5	2	2/3-{55.4600000, 70.5900000}
6	2	3/3-{70.5900000, 85.7200000}
7	3	1/3-{4.0200000, 13.3266667}
8	3	2/3-{13.3266667, 22.6333333}
9	3	3/3-{22.6333333, 31.9400000}
10	4	1/3-{15.4000000, 56.9666667}
11	4	2/3-{56.9666667, 98.5333333}
12	4	3/3-{98.5333333, 140.1000000}
13	5	1/3-{770.1000000, 1878.0000000}
14	5	2/3-{1878.0000000, 2985.9000000}
15	5	3/3-{2985.9000000, 4093.8000000}

Источник: c:\Aidos-X\AID_DATA\ A0000001\ Rospatent_Site\ xlsx_files\gr_opsc.xlsx

Таблица 7 – Обучающая выборка (фрагмент)

kod_obj	name_obj	n12	n13	n3	n4	n5	n6
1	2024-01-02 18:19:00	0	4	1	4	7	10
2	2024-01-02 18:49:00	0	4	1	5	7	11
3	2024-01-02 19:13:00	0	4	2	5	8	11

4	2024-01-02 19:25:00	0	4	1	5	8	11
5	2024-01-02 19:40:00	0	4	1	5	8	11
6	2024-01-02 19:42:00	0	4	1	4	7	10
7	2024-01-02 19:44:00	0	4	2	6	9	11
8	2024-01-02 20:14:00	0	4	2	5	8	12
9	2024-01-02 20:33:00	0	4	1	0	7	10
10	2024-01-02 20:43:00	0	4	1	5	7	10
11	2024-01-02 21:06:00	0	4	1	4	7	10
12	2024-01-02 21:12:00	0	4	2	6	8	12
13	2024-01-02 21:32:00	0	4	1	4	8	11
14	2024-01-02 21:38:00	0	4	1	4	7	10

Источник: c:\Aidos-X\AID_DATA\ A0000001\ Rospatent_Site\ xlsx_files\eventsko.xlsx

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

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

3.3.1. Универсальная постановка задачи, не зависящая от предметной области

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

Отметим, что модели системы «Эйдос» основаны на матрице абсолютных частот, отражающей число встреч градаций описательных шкал по градациям классификационных шкал (фактов). Но для решения

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

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

Суть математической модели АСК-анализа состоит в следующем.

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

Таблица 8 – Матрица абсолютных частот (статистическая модель ABS)

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

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

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

		Классы					Безусловная вероятность признака
		1	...	*j*	...	*W*	
Значения факторов	*1*	P_{11}		P_{1j}		P_{1W}	
	...						
	i	P_{i1}		$P_{ij} = \frac{N_{ij}}{N_{\Sigma j}}$		P_{iW}	$P_{i\Sigma} = \frac{N_{i\Sigma}}{N_{\Sigma\Sigma}}$
	...						
	M	P_{M1}		P_{Mj}		P_{MW}	
Безусловная вероятность класса				$P_{\Sigma j}$			

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

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

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

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

Этот переход полностью снимает проблему ***несбалансированности*** данных, т.к. в последующем анализе используется не матрица абсолютных частот (таблица 8), а матрицы условных и безусловных процентных распределений (таблица 9), а также матрицы системно-когнитивных моделей, рассчитываемые на основе матрица абсолютных частот и

матрицы условных и безусловных процентных распределений. Этот подход снимает также проблему обеспечения сопоставимости обработки в одной модели исходных данных, представленных в различных видах шкал (дихотомических, номинальных, порядковых и числовых) и в разных единицах измерения [8]. В системе «Эйдос» этот подход применяется всегда при решении любых задач.

Затем на основе таблиц 8 и 9 с использованием частных критериев, знаний приведенных 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, *Nij* - фактическое число встреч *i-го* признака у объектов *j-го* класса; $\overline{N}_{ij}$ - теоретическое число встреч *i-го* признака у объектов *j-го* класса; *Ni* – суммарное количество признаков в *i-й* строке; *Nj* – суммарное количество признаков или объектов обучающей выборки в *j-м* классе; *N* – суммарное количество признаков по всей выборке (таблица 7)	N_{ij} – *фактическая частота*; $N_i = \sum_{j=1}^{W} N_{ij}$; $N_j = \sum_{i=1}^{M} N_{ij}$; $N = \sum_{i=1}^{W}\sum_{j=1}^{M} N_{ij}$; $\overline{N}_{ij} = \frac{N_i N_j}{N}$ – *теоретическая частота.*	
PRC1, матрица условных *Pij* и безусловных *Pi* процентных распределений, в качестве *Nj* используется суммарное количество признаков по классу	---	$P_{ij} = \frac{N_{ij}}{N_j}$; $P_i = \frac{N_i}{N}$
PRC2, матрица условных *Pij* и безусловных *Pi* процентных распределений, в качестве *Nj* используется суммарное количество объектов обучающей выборки по классу		
INF1, частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу, 1-й вариант расчета вероятностей: *Nj* – суммарное количество признаков по j-му классу. Вероятность того, что если у объекта j-го класса обнаружен признак, то это i-й признак	$I_{ij} = \Psi \times Log_2 \frac{P_{ij}}{P_i}$	$I_{ij} = \Psi \times Log_2 \frac{N_{ij}}{\overline{N}_{ij}} = \Psi \times Log_2 \frac{N_{ij} N}{N_i N_j}$
INF2, частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу, 2-й вариант расчета вероятностей: Nj – 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	---	$I_{ij} = N_{ij} - \overline{N}_{ij} = N_{ij} - \frac{N_i N_j}{N}$
INF4, частный критерий: ROI - Return On Investment, 1-й вариант расчета вероятностей: Nj – суммарное количество признаков по j-му классу	$I_{ij} = \frac{P_{ij}}{P_i} - 1 = \frac{P_{ij} - P_i}{P_i}$	$I_{ij} = \frac{N_{ij}}{\overline{N}_{ij}} - 1 = \frac{N_{ij} N}{N_i N_j} - 1$
INF5, частный критерий: ROI - Return On		

Investment, 2-й вариант расчета вероятностей: *Nj* – суммарное количество объектов по j-му классу		
INF6, частный критерий: разность условной и безусловной вероятностей, 1-й вариант расчета вероятностей: *Nj* – 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: *Nj* – суммарное количество объектов по *j-му* классу		

<u>Обозначения к таблице:</u>

i – значение прошлого параметра;
j - значение будущего параметра;
Nij – 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.
Ni – количество встреч i-м значения прошлого параметра по всей выборке;
Nj – 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.
Iij – 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;
Pi – безусловная относительная частота встречи i-го значения прошлого параметра в обучающей выборке;
Pij – 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}	$\sigma_{1\Sigma} = \sqrt[2]{\frac{1}{W-1}\sum_{j=1}^{W}\left(I_{1j} - \bar{I}_1\right)^2}$
	...						
	i	I_{i1}		I_{ij}		I_{iW}	$\sigma_{i\Sigma} = \sqrt[2]{\frac{1}{W-1}\sum_{j=1}^{W}\left(I_{ij} - \bar{I}_i\right)^2}$
	...						
	M	I_{M1}		I_{Mj}		I_{MW}	$\sigma_{M\Sigma} = \sqrt[2]{\frac{1}{W-1}\sum_{j=1}^{W}\left(I_{Mj} - \bar{I}_M\right)^2}$
Степень редукции класса		$\sigma_{\Sigma 1}$		$\sigma_{\Sigma j}$		$\sigma_{\Sigma W}$	$H = \sqrt[2]{\frac{1}{(W \cdot M - 1)}\sum_{j=1}^{W}\sum_{i=1}^{M}\left(I_{ij} - \bar{I}\right)^2}$

Количество частных критериев знаний и основанных на них системно-когнитивных моделей (таблица 10), применяемых в настоящее время в системе «Эйдос» равное 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 Nj 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».

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

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 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 частой 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	$\sigma_{i\Sigma} = \sqrt[2]{\frac{1}{W-1}\sum_{j=1}^{W}\left(I_{ij} - \bar{I}_i\right)^2}$
2	1. Степень детерминированности класса. 2. Степень обусловленности класса.	Корень из информационной мощности класса	$\sigma_{\Sigma j} = \sqrt[2]{\frac{1}{M-1}\sum_{i=1}^{M}\left(I_{ij} - \bar{I}_j\right)^2}$
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	$H = \sqrt[2]{\frac{1}{(W \cdot M - 1)}\sum_{j=1}^{W}\sum_{i=1}^{M}\left(I_{ij} - \bar{I}\right)^2}$

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):

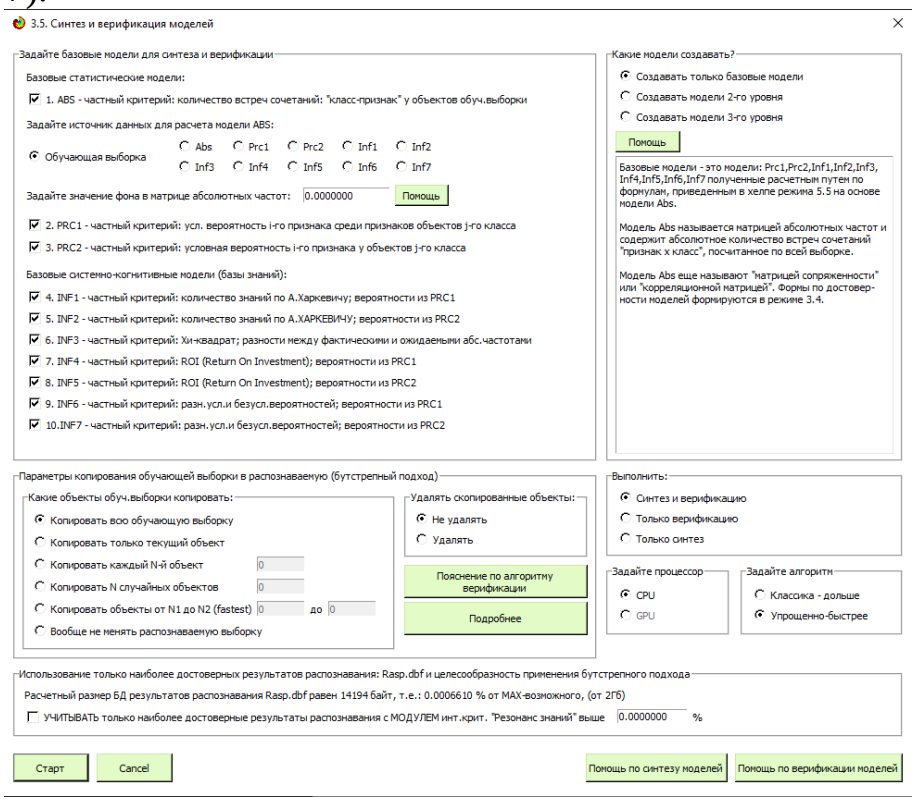
Итак, в разделе раскрывается простая Математическая взаимосвязь меры χ-квадрат Карла Пирсона с коэффициентом возврата инвестиций (ROI) и с семантической мерой целесообразности информации Александра Харкевича. Эта взаимосвязь обнаруживается, если на основе матрицы абсолютных частот рассчитать матрицы 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):



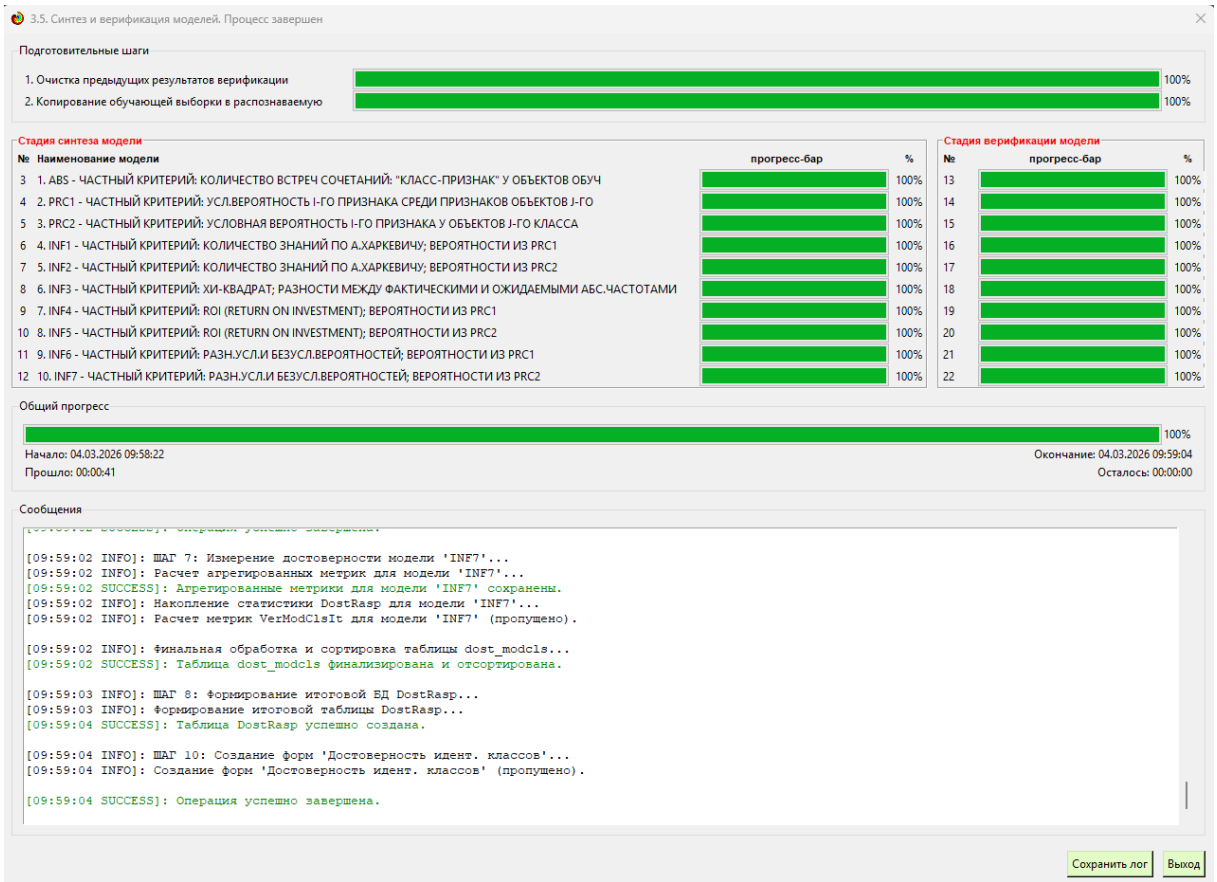
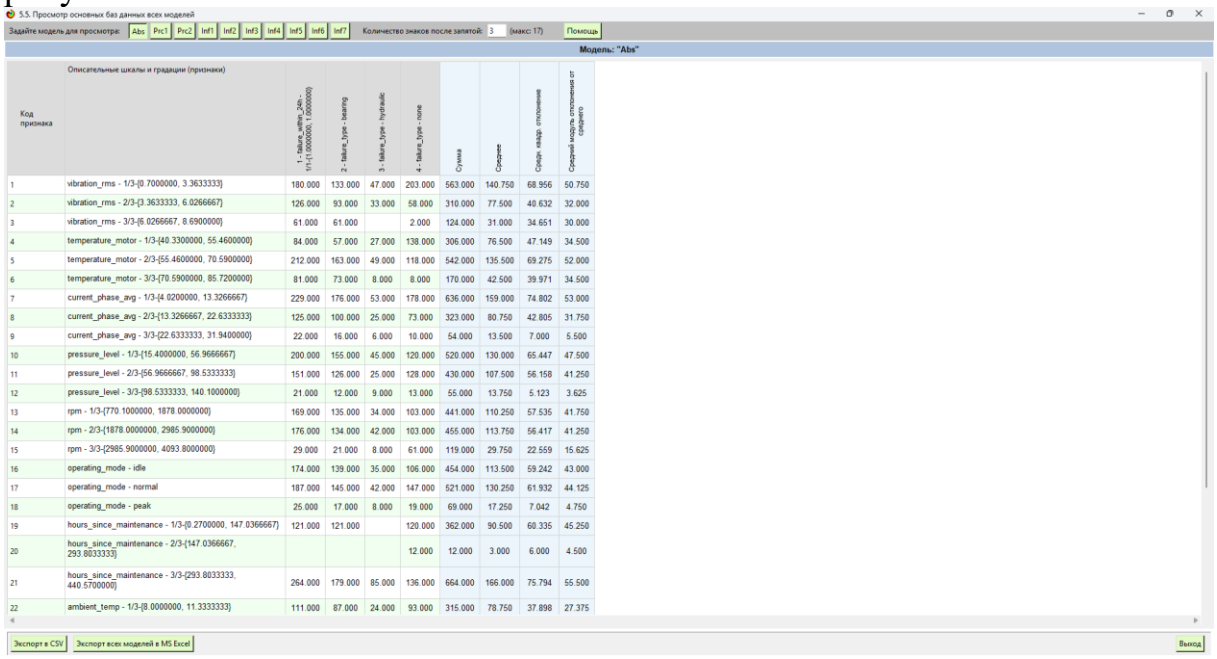


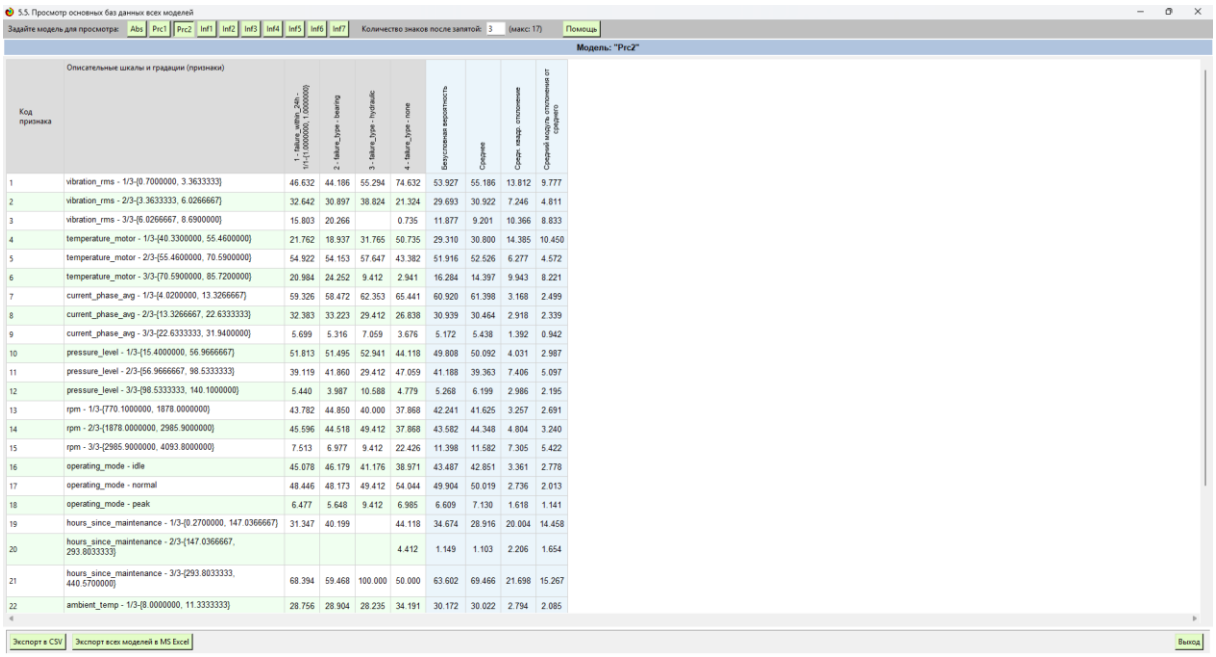
Рисунок 7. Экранные формы режима синтеза и верификации моделей

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



Код признака	Описательные шкалы и градации (признаки)	1 - failure_within_240 - 1/1-{1.0000000, 1.0000000}	2 - failure_type - bearing	3 - failure_type - hydraulic	4 - failure_type - none	Сумма	Среднее	Средн. квадр. отклонение	Средний модуль отклонения от среднего
1	vibration_rms - 1/3-{0.7000000, 3.3633333}	180.000	133.000	47.000	203.000	563.000	140.750	68.956	50.750
2	vibration_rms - 2/3-{3.3633333, 6.0266667}	126.000	93.000	33.000	58.000	310.000	77.500	40.632	32.000
3	vibration_rms - 3/3-{6.0266667, 8.6900000}	61.000	61.000		2.000	124.000	31.000	34.651	30.000
4	temperature_motor - 1/3-{40.3300000, 55.4600000}	84.000	57.000	27.000	138.000	306.000	76.500	47.149	34.500
5	temperature_motor - 2/3-{55.4600000, 70.5900000}	212.000	163.000	49.000	118.000	542.000	135.500	69.275	52.000
6	temperature_motor - 3/3-{70.5900000, 85.7200000}	81.000	73.000	8.000	8.000	170.000	42.500	39.971	34.500
7	current_phase_avg - 1/3-{4.0200000, 13.3266667}	229.000	176.000	53.000	178.000	636.000	159.000	74.802	53.000
8	current_phase_avg - 2/3-{13.3266667, 22.6333333}	125.000	100.000	25.000	73.000	323.000	80.750	42.805	31.750
9	current_phase_avg - 3/3-{22.6333333, 31.9400000}	22.000	16.000	6.000	10.000	54.000	13.500	7.000	5.500
10	pressure_level - 1/3-{15.4000000, 56.9666667}	200.000	155.000	45.000	120.000	520.000	130.000	65.447	47.500
11	pressure_level - 2/3-{56.9666667, 98.5333333}	151.000	126.000	25.000	128.000	430.000	107.500	56.158	41.250
12	pressure_level - 3/3-{98.5333333, 140.1000000}	21.000	12.000	9.000	13.000	55.000	13.750	5.123	3.625
13	rpm - 1/3-{770.1000000, 1878.0000000}	169.000	135.000	34.000	103.000	441.000	110.250	57.535	41.750
14	rpm - 2/3-{1878.0000000, 2985.9000000}	176.000	134.000	42.000	103.000	455.000	113.750	56.417	41.250
15	rpm - 3/3-{2985.9000000, 4093.8000000}	29.000	21.000	8.000	61.000	119.000	29.750	22.559	15.625
16	operating_mode - idle	174.000	139.000	35.000	106.000	454.000	113.500	59.242	43.000
17	operating_mode - normal	187.000	145.000	42.000	147.000	521.000	130.250	61.932	44.125
18	operating_mode - peak	25.000	17.000	8.000	19.000	69.000	17.250	7.042	4.750
19	hours_since_maintenance - 1/3-{0.2700000, 147.0366667}	121.000	121.000		120.000	362.000	90.500	60.335	45.250
20	hours_since_maintenance - 2/3-{147.0366667, 293.8033333}				12.000	12.000	3.000	6.000	4.500
21	hours_since_maintenance - 3/3-{293.8033333, 440.5700000}	264.000	179.000	85.000	136.000	664.000	166.000	75.794	55.500
22	ambient_temp - 1/3-{8.0000000, 11.3333333}	111.000	87.000	24.000	93.000	315.000	78.750	37.898	27.375

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



5.5. Просмотр основных баз данных всех моделей

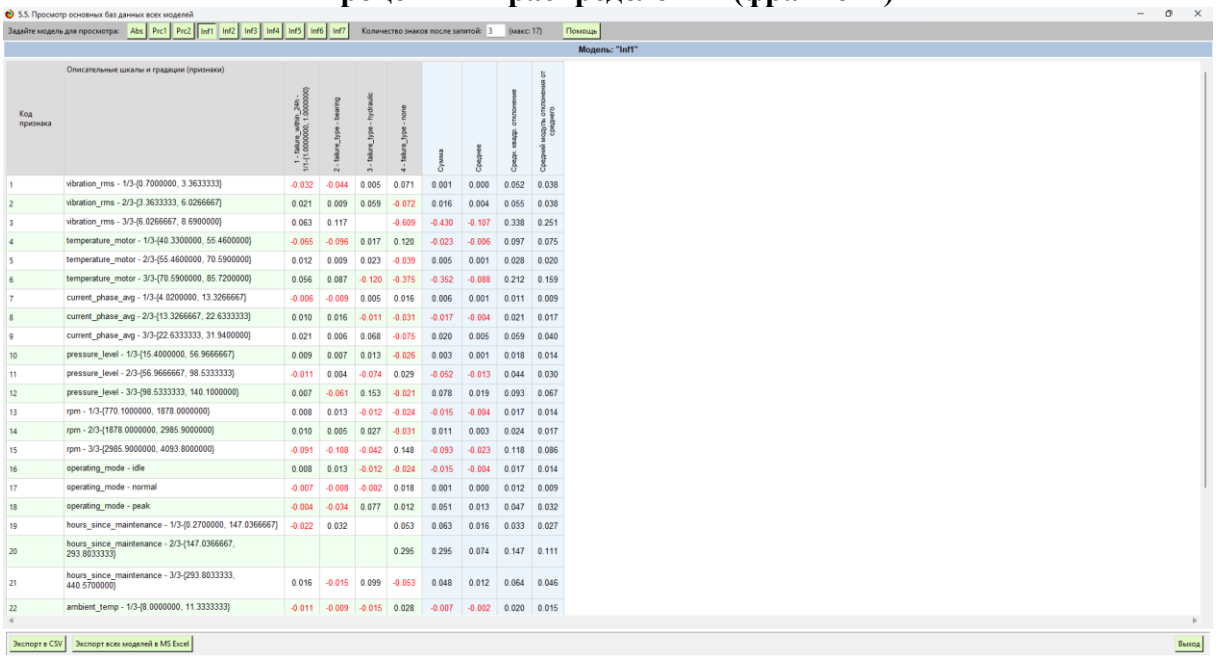
Задайте модель для просмотра: Abs Prc1 Prc2 Inf1 Inf2 Inf3 Inf4 Inf5 Inf6 Inf7 Количество знаков после запятой: 3 (макс: 17) Помощь

Модель: "Prc2"

Код признака	Описательные шкалы и градации (признаки)	1 - failure_within_24h - 1/1-{1.0000000, 1.0000000}	2 - failure_type - bearing	3 - failure_type - hydraulic	4 - failure_type - none	Безусловная вероятность	Среднее	Средн. квадр. отклонение	Средний модуль отклонения от среднего
1	vibration_rms - 1/3-[0.7000000, 3.3633333]	46.632	44.186	55.294	74.632	53.927	55.186	13.812	9.777
2	vibration_rms - 2/3-[3.3633333, 6.0266667]	32.642	30.897	38.824	21.324	29.693	30.922	7.246	4.811
3	vibration_rms - 3/3-[6.0266667, 8.6900000]	15.803	20.266		0.735	11.877	9.201	10.366	8.833
4	temperature_motor - 1/3-[40.3300000, 55.4600000]	21.762	18.937	31.765	50.735	29.310	30.800	14.385	10.450
5	temperature_motor - 2/3-[55.4600000, 70.5900000]	54.922	54.153	57.647	43.382	51.916	52.526	6.277	4.572
6	temperature_motor - 3/3-[70.5900000, 85.7200000]	20.984	24.252	9.412	2.941	16.284	14.397	9.943	8.221
7	current_phase_avg - 1/3-[4.0200000, 13.3266667]	59.326	58.472	62.353	65.441	60.920	61.398	3.168	2.499
8	current_phase_avg - 2/3-[13.3266667, 22.6333333]	32.383	33.223	29.412	26.838	30.939	30.464	2.918	2.339
9	current_phase_avg - 3/3-[22.6333333, 31.9400000]	5.699	5.316	7.059	3.676	5.172	5.438	1.392	0.942
10	pressure_level - 1/3-[15.4000000, 56.9666667]	51.813	51.495	52.941	44.118	49.808	50.092	4.031	2.987
11	pressure_level - 2/3-[56.9666667, 98.5333333]	39.119	41.860	29.412	47.059	41.188	39.363	7.406	5.097
12	pressure_level - 3/3-[98.5333333, 140.1000000]	5.440	3.987	10.588	4.779	5.268	6.199	2.986	2.195
13	rpm - 1/3-[770.1000000, 1878.0000000]	43.782	44.850	40.000	37.868	42.241	41.625	3.257	2.691
14	rpm - 2/3-[1878.0000000, 2985.9000000]	45.596	44.518	49.412	37.868	43.582	44.348	4.804	3.240
15	rpm - 3/3-[2985.9000000, 4093.8000000]	7.513	6.977	9.412	22.426	11.398	11.582	7.305	5.422
16	operating_mode - idle	45.078	46.179	41.176	38.971	43.487	42.851	3.361	2.778
17	operating_mode - normal	48.446	48.173	49.412	54.044	49.904	50.019	2.736	2.013
18	operating_mode - peak	6.477	5.648	9.412	6.985	6.609	7.130	1.618	1.141
19	hours_since_maintenance - 1/3-[0.2700000, 147.0366667]	31.347	40.199		44.118	34.674	28.916	20.004	14.458
20	hours_since_maintenance - 2/3-[147.0366667, 293.8033333]				4.412	1.149	1.103	2.206	1.654
21	hours_since_maintenance - 3/3-[293.8033333, 440.5700000]	68.394	59.468	100.000	50.000	63.602	69.466	21.698	15.267
22	ambient_temp - 1/3-[8.0000000, 11.3333333]	28.756	28.904	28.235	34.191	30.172	30.022	2.794	2.085

Экспорт в CSV Экспорт всех моделей в MS Excel Выход

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



5.5. Просмотр основных баз данных всех моделей

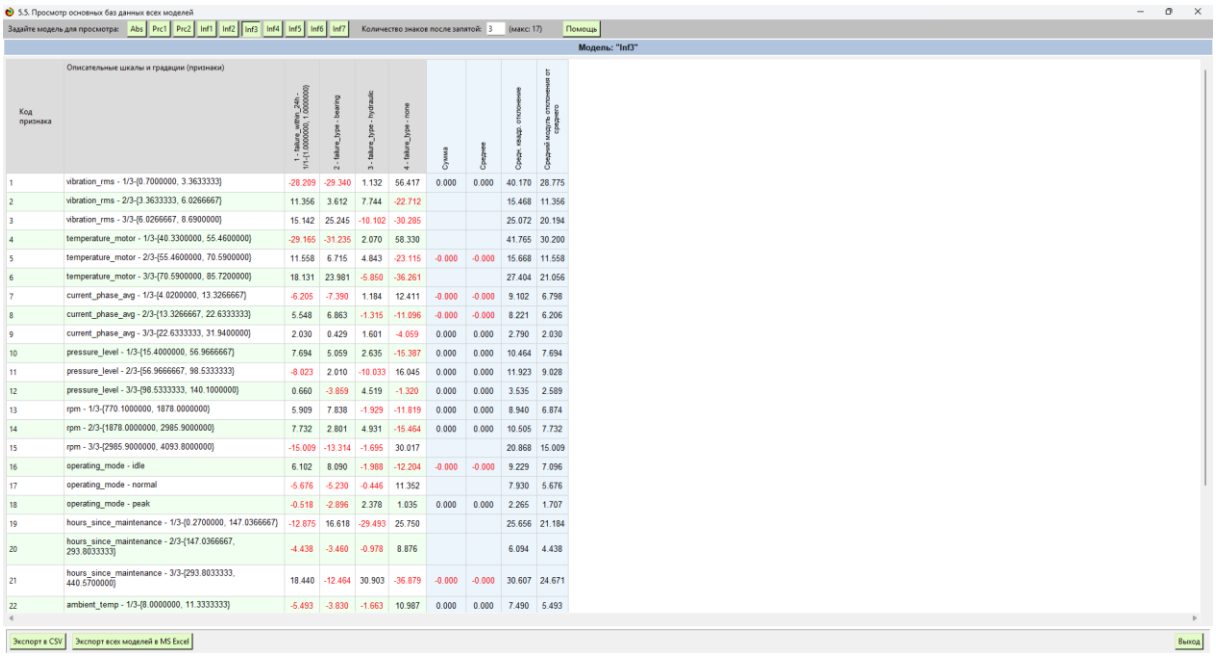
Задайте модель для просмотра: Abs Prc1 Prc2 Inf1 Inf2 Inf3 Inf4 Inf5 Inf6 Inf7 Количество знаков после запятой: 3 (макс: 17) Помощь

Модель: "Inf1"

Код признака	Описательные шкалы и градации (признаки)	1 - failure_within_24h - 1/1-{1.0000000, 1.0000000}	2 - failure_type - bearing	3 - failure_type - hydraulic	4 - failure_type - none	Сумма	Среднее	Средн. квадр. отклонение	Средний модуль отклонения от среднего
1	vibration_rms - 1/3-[0.7000000, 3.3633333]	-0.032	-0.044	0.005	0.071	0.001	0.000	0.052	0.038
2	vibration_rms - 2/3-[3.3633333, 6.0266667]	0.021	0.009	0.059	-0.072	0.016	0.004	0.055	0.038
3	vibration_rms - 3/3-[6.0266667, 8.6900000]	0.063	0.117		-0.609	-0.430	-0.107	0.338	0.251
4	temperature_motor - 1/3-[40.3300000, 55.4600000]	-0.065	-0.096	0.017	0.120	-0.023	-0.006	0.097	0.075
5	temperature_motor - 2/3-[55.4600000, 70.5900000]	0.012	0.009	0.023	-0.039	0.005	0.001	0.028	0.020
6	temperature_motor - 3/3-[70.5900000, 85.7200000]	0.056	0.087	-0.120	-0.375	-0.352	-0.088	0.212	0.159
7	current_phase_avg - 1/3-[4.0200000, 13.3266667]	-0.006	-0.009	0.005	0.016	0.006	0.001	0.011	0.009
8	current_phase_avg - 2/3-[13.3266667, 22.6333333]	0.010	0.016	-0.011	-0.031	-0.017	-0.004	0.021	0.017
9	current_phase_avg - 3/3-[22.6333333, 31.9400000]	0.021	0.006	0.068	-0.075	0.020	0.005	0.059	0.040
10	pressure_level - 1/3-[15.4000000, 56.9666667]	0.009	0.007	0.013	-0.026	0.003	0.001	0.018	0.014
11	pressure_level - 2/3-[56.9666667, 98.5333333]	-0.011	0.004	-0.074	0.029	-0.052	-0.013	0.044	0.030
12	pressure_level - 3/3-[98.5333333, 140.1000000]	0.007	-0.061	0.153	-0.021	0.078	0.019	0.093	0.067
13	rpm - 1/3-[770.1000000, 1878.0000000]	0.008	0.013	-0.012	-0.024	-0.015	-0.004	0.017	0.014
14	rpm - 2/3-[1878.0000000, 2985.9000000]	0.010	0.005	0.027	-0.031	0.011	0.003	0.024	0.017
15	rpm - 3/3-[2985.9000000, 4093.8000000]	-0.091	-0.108	-0.042	0.148	-0.093	-0.023	0.118	0.086
16	operating_mode - idle	0.008	0.013	-0.012	-0.024	-0.015	-0.004	0.017	0.014
17	operating_mode - normal	-0.007	-0.008	-0.002	0.018	0.001	0.000	0.012	0.009
18	operating_mode - peak	-0.004	-0.034	0.077	0.012	0.051	0.013	0.047	0.032
19	hours_since_maintenance - 1/3-[0.2700000, 147.0366667]	-0.022	0.032		0.053	0.063	0.016	0.033	0.027
20	hours_since_maintenance - 2/3-[147.0366667, 293.8033333]				0.295	0.295	0.074	0.147	0.111
21	hours_since_maintenance - 3/3-[293.8033333, 440.5700000]	0.016	-0.015	0.099	-0.053	0.048	0.012	0.064	0.046
22	ambient_temp - 1/3-[8.0000000, 11.3333333]	-0.011	-0.009	-0.015	0.028	-0.007	-0.002	0.020	0.015

Экспорт в CSV Экспорт всех моделей в MS Excel Выход

Рисунок 10. Системно-когнитивная модель «INF1», матрица информавностей (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) Помощь

Модель: "Inf3"

Код признака	Описательные шкалы и градации (признаки)	1 - failure_within_24h - 1/1-(1.0000000; 1.0000000)	2 - failure_type - bearing	3 - failure_type - hydraulic	4 - failure_type - none	Сумма	Среднее	Средн. квадр. отклонение	Средний модуль отклонения от среднего
1	vibration_rms - 1/3-[0.7000000, 3.3633333]	-28.209	-29.340	1.132	56.417	0.000	0.000	40.170	28.775
2	vibration_rms - 2/3-[3.3633333, 6.0266667]	11.356	3.612	7.744	-22.712			15.468	11.356
3	vibration_rms - 3/3-[6.0266667, 8.6900000]	15.142	25.245	-10.102	-30.285			25.072	20.194
4	temperature_motor - 1/3-[40.3300000, 55.4600000]	-29.165	-31.235	2.070	58.330			41.765	30.200
5	temperature_motor - 2/3-[55.4600000, 70.5900000]	11.558	6.715	4.843	-23.115	-0.000	-0.000	15.668	11.558
6	temperature_motor - 3/3-[70.5900000, 85.7200000]	18.131	23.981	-5.850	-36.261			27.404	21.056
7	current_phase_avg - 1/3-[4.0200000, 13.3266667]	-6.205	-7.390	1.184	12.411	-0.000	-0.000	9.102	6.798
8	current_phase_avg - 2/3-[13.3266667, 22.6333333]	5.548	6.863	-1.315	-11.096	-0.000	-0.000	8.221	6.206
9	current_phase_avg - 3/3-[22.6333333, 31.9400000]	2.030	0.429	1.601	-4.059	0.000	0.000	2.790	2.030
10	pressure_level - 1/3-[15.4000000, 56.9666667]	7.694	5.059	2.635	-15.387	0.000	0.000	10.464	7.694
11	pressure_level - 2/3-[56.9666667, 98.5333333]	-8.023	2.010	-10.033	16.045	0.000	0.000	11.923	9.028
12	pressure_level - 3/3-[98.5333333, 140.1000000]	0.660	-3.859	4.519	-1.320	0.000	0.000	3.535	2.589
13	rpm - 1/3-[770.1000000, 1878.0000000]	5.909	7.838	-1.929	-11.819	0.000	0.000	8.940	6.874
14	rpm - 2/3-[1878.0000000, 2985.9000000]	7.732	2.801	4.931	-15.464	0.000	0.000	10.505	7.732
15	rpm - 3/3-[2985.9000000, 4093.8000000]	-15.009	-13.314	-1.695	30.017			20.868	15.009
16	operating_mode - idle	6.102	8.090	-1.988	-12.204	-0.000	-0.000	9.229	7.096
17	operating_mode - normal	-5.676	-5.230	-0.446	11.352			7.930	5.676
18	operating_mode - peak	-0.518	-2.896	2.378	1.035	0.000	0.000	2.265	1.707
19	hours_since_maintenance - 1/3-[0.2700000, 147.0366667]	-12.875	16.618	-29.493	25.750			25.656	21.184
20	hours_since_maintenance - 2/3-[147.0366667, 293.8033333]	-4.438	-3.460	-0.978	8.876			6.094	4.438
21	hours_since_maintenance - 3/3-[293.8033333, 440.5700000]	18.440	-12.464	30.903	-36.879	-0.000	-0.000	30.607	24.671
22	ambient_temp - 1/3-[8.0000000, 11.3333333]	-5.493	-3.830	-1.663	10.987	0.000	0.000	7.490	5.493

Экспорт в CSV Экспорт всех моделей в MS Excel Выход

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 с интегральным критерием: «Сумма знаний»: **L1=0.818** при максимуме 1 (рисунок 12). ***INF3 будем использовать для решения поставленных в работе задач.***

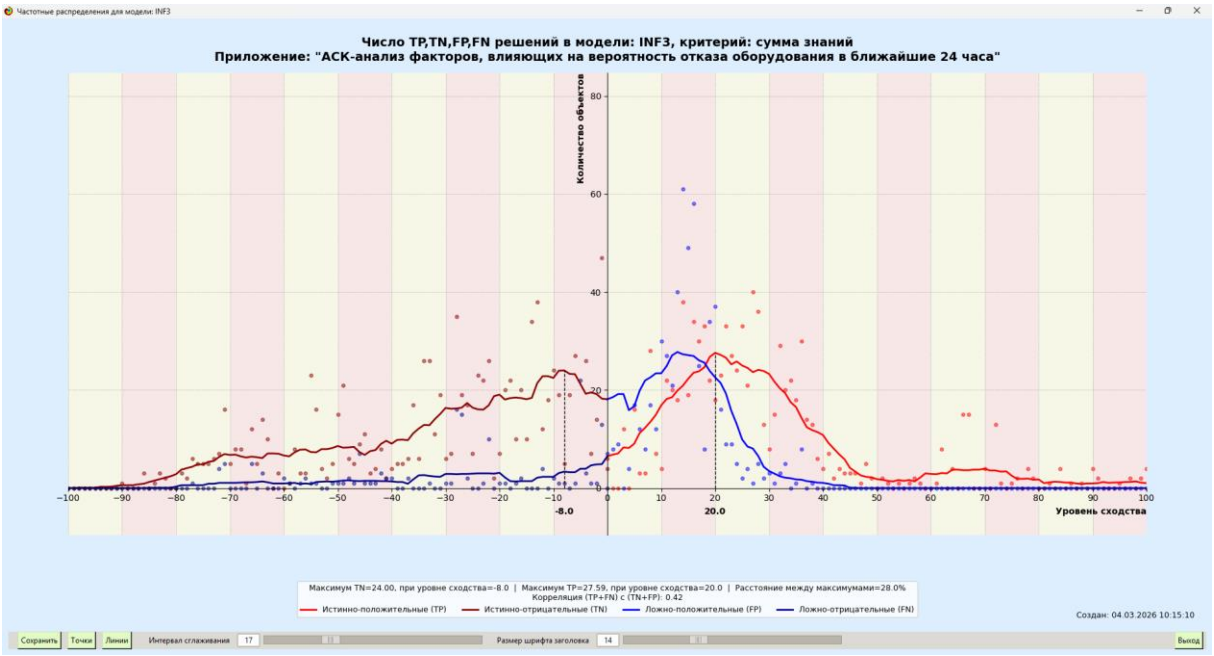
3.4. Обобщ.форма по достов.моделей при разн.инт.крит. [Приложение: АСК-анализ факторов, влияющих на вероятность отказа оборудования в ближайшие 24 часа]

№	Наименование модели и частного критерия	Интегральный критерий	мма ...ней ...дства ...ино- ...ищат. ...ений ...TN)	Сумма модулей уровней сходства ложно-положит. решений (SFP)	Сумма модулей уровней сходства ложно-отрицат. решений (SFN)	S- Точность модели	S- Полнота модели	L1- мера проф. Е_В_Луценко	Средний модуль уровней сходства истино-положит. решений (ATP)	Средний модуль уровней сходства истино-отрицат. решений (ATN)	Средний модуль уровней сходства ложно-положит. решений (AFP)	Средний модуль уровней сходства ложно-отрицат. решений (AFN)	A- Точно моде APтест
1	ABS - частный критерий: количество встреч сочетаний: "класс-признак" у объектов обуч.выборки	корреляция абс.частот с обр.объекта	.522	674.608	7.425	0.491	0.989	0.656	0.654	0.217	0.482	0.152	0.57
2	ABS - частный критерий: количество встреч сочетаний: "класс-признак" у объектов обуч.выборки	сумма абс.частот по признакам объекта	000	691.713	0.000	0.499	1.000	0.666	0.660	0.000	0.436	0.000	0.60
3	PRC1 - частный критерий: усл. вероятность i-го признака среди признаков объектов j-го класса	корреляция усл.отн.частот с обр.объекта	.522	674.608	7.425	0.491	0.989	0.656	0.654	0.217	0.482	0.152	0.57
4	PRC1 - частный критерий: усл. вероятность i-го признака среди признаков объектов j-го класса	сумма усл.отн.частот по признакам объекта	000	1063.083	0.000	0.423	1.000	0.594	0.746	0.000	0.669	0.000	0.52
5	PRC2 - частный критерий: условная вероятность i-го признака у объектов j-го класса	корреляция усл.отн.частот с обр.объекта	.522	674.608	7.425	0.491	0.989	0.656	0.654	0.217	0.482	0.152	0.57
6	PRC2 - частный критерий: условная вероятность i-го признака у объектов j-го класса	сумма усл.отн.частот по признакам объекта	000	1062.558	0.000	0.423	1.000	0.594	0.745	0.000	0.669	0.000	0.52
7	INF1 - частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу; вероятности из PRC1	семантический резонанс знаний	).817	66.624	39.014	0.772	0.852	0.810	0.289	0.259	0.143	0.147	0.66
8	INF1 - частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу; вероятности из PRC1	сумма знаний	).803	45.576	26.007	0.702	0.805	0.750	0.137	0.155	0.075	0.100	0.64
9	INF2 - частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу; вероятности из PRC2	семантический резонанс знаний	).761	66.753	39.105	0.771	0.852	0.810	0.289	0.260	0.143	0.148	0.67
10	INF2 - частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу; вероятности из PRC2	сумма знаний	).817	45.965	26.204	0.700	0.804	0.749	0.137	0.155	0.075	0.101	0.64
11	INF3 - частный критерий: Хи-квадрат; разности между фактическими и ожидаемыми абс.частотами	семантический резонанс знаний	).055	254.276	92.230	0.640	0.830	0.723	0.506	0.426	0.455	0.607	0.52
12	INF3 - частный критерий: Хи-квадрат; разности между фактическими и ожидаемыми абс.частотами	сумма знаний	).464	83.014	30.198	0.754	0.894	0.818	0.285	0.285	0.149	0.199	0.65
13	INF4 - частный критерий: ROI (Return On Investment); вероятности из PRC1	семантический резонанс знаний	).132	46.439	42.044	0.794	0.810	0.802	0.258	0.304	0.150	0.121	0.63
14	INF4 - частный критерий: ROI (Return On Investment); вероятности из PRC1	сумма знаний	.836	52.780	20.987	0.729	0.871	0.794	0.166	0.082	0.072	0.110	0.69
15	INF5 - частный критерий: ROI (Return On Investment); вероятности из PRC2	семантический резонанс знаний	).915	46.506	42.074	0.794	0.810	0.802	0.258	0.304	0.150	0.121	0.63
16	INF5 - частный критерий: ROI (Return On Investment); вероятности из PRC2	сумма знаний	.015	53.205	21.124	0.728	0.871	0.793	0.166	0.082	0.072	0.111	0.69
17	INF6 - частный критерий: разн.усл.и безусл.вероятностей; вероятности из PRC1	семантический резонанс знаний	).648	209.574	80.692	0.644	0.824	0.723	0.442	0.388	0.359	0.434	0.55
18	INF6 - частный критерий: разн.усл.и безусл.вероятностей; вероятности из PRC1	сумма знаний	).661	215.345	74.128	0.541	0.774	0.637	0.285	0.279	0.281	0.488	0.50
19	INF7 - частный критерий: разн.усл.и безусл.вероятностей; вероятности из PRC2	семантический резонанс знаний	).159	209.852	79.983	0.644	0.826	0.723	0.441	0.390	0.356	0.432	0.55
20	INF7 - частный критерий: разн.усл.и безусл.вероятностей; вероятности из PRC2	сумма знаний	).856	217.407	74.749	0.540	0.773	0.636	0.286	0.283	0.281	0.492	0.50

Помощь по мерам | Помощь по распред. | TP,TN,FP,FN | (T-F)/(T+F)*100

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.



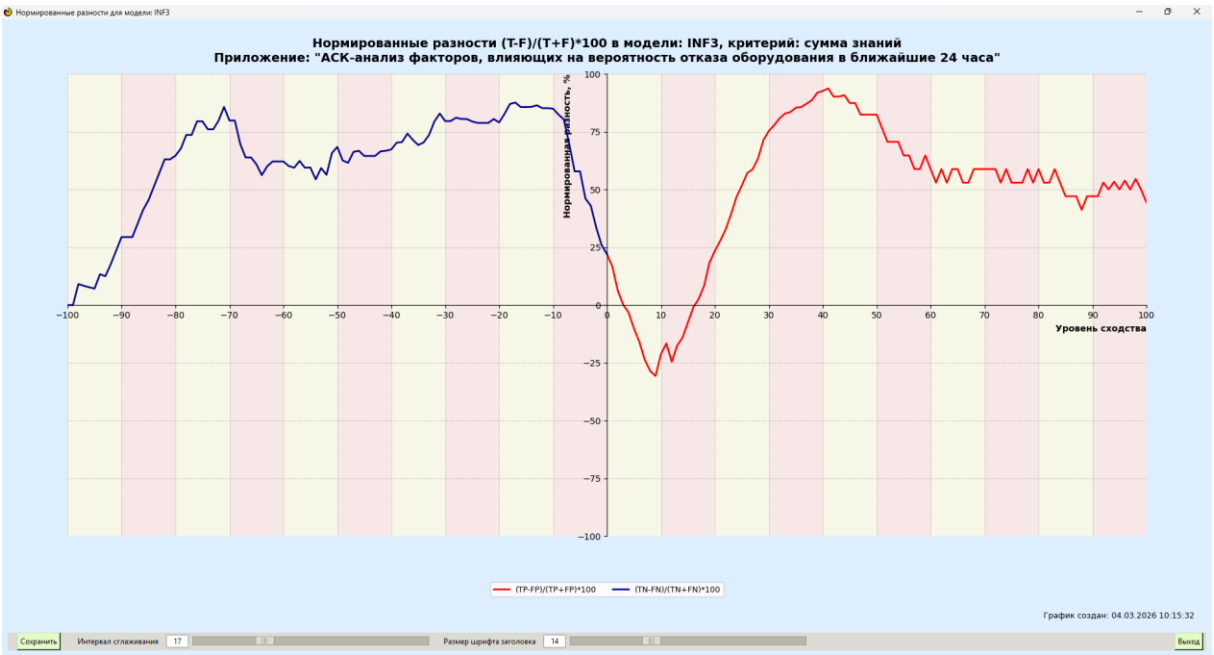


Рисунок 13. Частотные распределения количества истинных и ложных, положительных и отрицательных решений в наиболее достоверной по L1-мере проф.Е.В.Луценко СК-модели INF4 [9]

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

– отрицательные ложные решения в данной задаче вообще не встречаются 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 30% 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 <u>внутренней</u> мерой системы «Эйдос», так сказать адекватной мерой <u>самооценки</u> или <u>аудита</u> 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.

Помощь по режиму 3.4: Виды прогнозов и меры достоверности моделей в системе "Эйдос-Х++"

Помощь по режиму 3.4: Виды прогнозов и меры достоверности моделей в системе "Эйдос-Х++".

Представим себе, что мы выбрасываем кубик с 6 гранями...
Тогда возможны следующие варианты прогнозов:

ПОЛОЖИТЕЛЬНЫЙ ПСЕВДОПРОГНОЗ.
Предположим, модель дает такой прогноз, что выпадет все: и 1, и 2, и 3, и 4, и 5, и 6. Понятно, что из всего этого выпадет лишь что-то одно. В этом случае модель не предскажет, что не выпадет, но зато она обязательно предскажет, что выпадет. Однако при этом очень много объектов будет отнесено к классам, к которым они не относятся.
Тогда вероятность истинно-положительных решений у модели будет 1/6, а вероятность ложно-положительных решений - 5/6. Ясно, что такой прогноз бесполезен, поэтому он и назван мной псевдопрогнозом.

ОТРИЦАТЕЛЬНЫЙ ПСЕВДОПРОГНОЗ.
Если же модель предсказывает, что ничего не выпадет, т.е. не выпадет ни 1, ни 2, ни 3, ни 4, ни 5, ни 6, но что-то из этого, естественно, обязательно выпадет. Конечно, модель не предсказала, что выпадет, зато она очень хорошо предсказала, что не выпадет. Вероятность истинно-отрицательных решений у модели будет 5/6, а вероятность ложно-отрицательных решений - 1/6. Такой прогноз гораздо достовернее, чем положительный псевдопрогноз, но тоже бесполезен.

ИДЕАЛЬНЫЙ ПРОГНОЗ.
Если в случае с кубиком мы прогнозируем, что выпадет, например 1, и соответственно прогнозируем, что не выпадет 2, 3, 4, 5, и 6, то это идеальный прогноз, имеющий, если он осуществляется, 100% достоверность идентификации и не идентификации. Идеальный прогноз, который полностью снимает неопределенность о будущем состоянии объекта прогнозирования, на практике удается получить крайне редко и обычно мы имеем дело с реальным прогнозом.

РЕАЛЬНЫЙ ПРОГНОЗ.
На практике мы чаще всего сталкиваемся именно с этим видом прогноза. Реальный прогноз уменьшает неопределенность о будущем состоянии объекта прогнозирования, но не полностью, как идеальный прогноз, а оставляет некоторую неопределенность не снятой.
Например, для игрального кубика делается такой прогноз: выпадет 1 или 2, и, соответственно, не выпадет 3, 4, 5 или 6. Понятно, что полностью на практике такой прогноз не может осуществиться, т.к. варианты выпадения кубика альтернативны, т.е. не может выпасть одновременно и 1, и 2. Поэтому у реального прогноза всегда будет определенная ошибка идентификации. Соответственно, если не осуществится один или несколько из прогнозируемых вариантов, то возникнет и ошибка не идентификации, т.к. это не прогнозировалось моделью. Теперь представите себе, что у Вас не 1 кубик и прогноз его поведения, а тысячи. Тогда можно посчитать средневзвешенные характеристики всех этих видов прогнозов.

Таким образом, если просуммировать число верно идентифицированных и не идентифицированных объектов и вычесть число ошибочно идентифицированных и не идентифицированных объектов, а затем разделить на число всех объектов то это и будет критерий качества модели (классификатора), учитывающий как ее способность верно относить объекты к классам, которым они относятся, так и ее способность верно не относить объекты к тем классам, к которым они не относятся. Этот критерий предложен и реализован в системе "Эйдос" проф. Е.В.Луценко в 1994 году. Эта мера достоверности модели предполагает два варианта нормировки: {-1, +1} и {0, 1}:
La = (TP + TN - FP - FN) / (TP + TN + FP + FN) (нормировка: {-1,+1})
Lb = (1 + (TP + TN - FP - FN) / (TP + TN + FP + FN)) / 2 (нормировка: { 0, 1})
где количество: TP - истинно-положительных решений; TN - истинно-отрицательных решений; FP - ложно-положительных решений; FN - ложно-отрицательных решений;

Классическая F-мера достоверности моделей Ван Ризбергена (колонка выделена ярко-голубым фоном):
F-mera = 2*(Precision*Recall)/(Precision+Recall) - достоверность модели
Precision = TP/(TP+FP) - точность модели;
Recall = TP/(TP+FN) - полнота модели;

L1-мера проф.Е.В.Луценко - нечеткое мультиклассовое обобщение классической F-меры с учетом СУММ уровней сходства (колонка выделена ярко-зеленым фоном):
L1-mera = 2*(SPrecision*SRecall)/(SPrecision+SRecall)
SPrecision = STP/(STP+SFP) - точность с учетом сумм уровней сходства;
SRecall = STP/(STP+SFN) - полнота с учетом сумм уровней сходства;
STP - Сумма модулей сходства истинно-положительных решений; STN - Сумма модулей сходства истинно-отрицательных решений;
SFP - Сумма модулей сходства ложно-положительных решений; SFN - Сумма модулей сходства ложно-отрицательных решений.

L2-мера проф.Е.В.Луценко - нечеткое мультиклассовое обобщение классической F-меры с учетом СРЕДНИХ уровней сходства (колонка выделена желтым фоном):
L2-mera = 2*(APrecision*ARecall)/(APrecision+ARecall)
APrecision = ATP/(ATP+AFP) - точность с учетом средних уровней сходства;
ARecall = ATP/(ATP+AFN) - полнота с учетом средних уровней сходства;
ATP=STP/TP - Среднее модулей сходства истинно-положительных решений; AFN=SFN/FN - Среднее модулей сходства истинно-отрицательных решений;
AFP=SFP/FP - Среднее модулей сходства ложно-положительных решений; AFN=SFN/FN - Среднее модулей сходства ложно-отрицательных решений.

Строки с максимальными значениями F-меры, L1-меры и L2-меры выделены фоном цвета, соответствующего колонке.

Из графиков частотных распределений истинно-положительных, истинно-отрицательных, ложно-положительных и ложно-отрицательных решений видно, что чем выше модуль уровня сходства, тем больше доля истинных решений. Это значит, что модуль уровня сходства является адекватной мерой степени истинности решения и степени уверенности системы в этом решении. Поэтому система "Эйдос" имеет адекватный критерий достоверности собственных решений, с помощью которого она может отфильтровать заведомо ложные решения.

Луценко Е.В. Инвариантное относительно объемов данных нечеткое мультиклассовое обобщение F-меры достоверности моделей Ван Ризбергена в АСК-анализе и системе "Эйдос" / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. - Краснодар: КубГАУ, 2017. - №02(126). С. 1 - 32. - IDA [article ID]: 1261702001. - Режим доступа: http://ej.kubagro.ru/2017/02/pdf/01.pdf

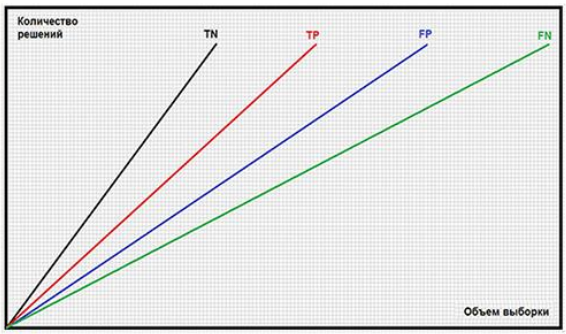
Помощь по режиму 3.4. (С) Система "ЭЙДОС-Х++"

Режим: 3.4. РАСЧЕТ И ГРАФИЧЕСКАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ЧАСТОТНЫХ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ УРОВНЕЙ СХОДСТВА:

По нажатию кнопок: [TP,TN,FP,FN], [(TP-FP),(TN-FN)], [(T-F)/(T+F)*100] отображаются графики частотных распределений для модели и интегрального критерия той строки, на которой в экранной форме 3.4 стоит курсор. По клику на кнопке: [(T-F)/(T+F)*100] выводятся графики частотных распределений: (TP-FP)/(TP+FP)*100 и (TN-FN)/(TN+FN)*100.
где:
TP-True-Positive; TN-True-Negative; FP-False-Positive; FN-False-Negative, количество истинных и ложных положительных и отрицательных решений.

Луценко Е.В. Инвариантное относительно объемов данных нечеткое мультиклассовое обобщение F-меры достоверности моделей Ван Ризбергена в АСК-анализе и системе "Эйдос" / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. - Краснодар: КубГАУ, 2017. - №02(126). С. 1 - 32. - IDA [article ID]: 1261702001. - Режим доступа: http://ej.kubagro.ru/2017/02/pdf/01.pdf

Примерные графики TP,TN,FP,FN, а также F-меры и критериев L1, L2 при увеличении объема выборки:



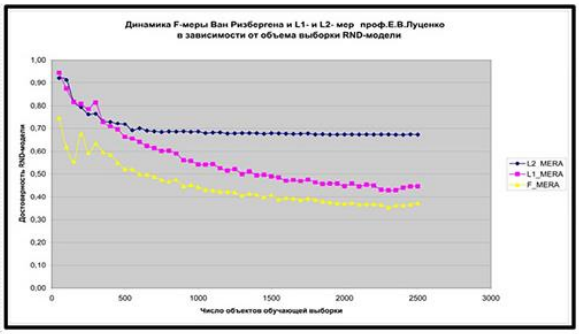


Рисунок 14. Экранные формы хелпов режима измерения достоверности моделей

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 4.1.2 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.

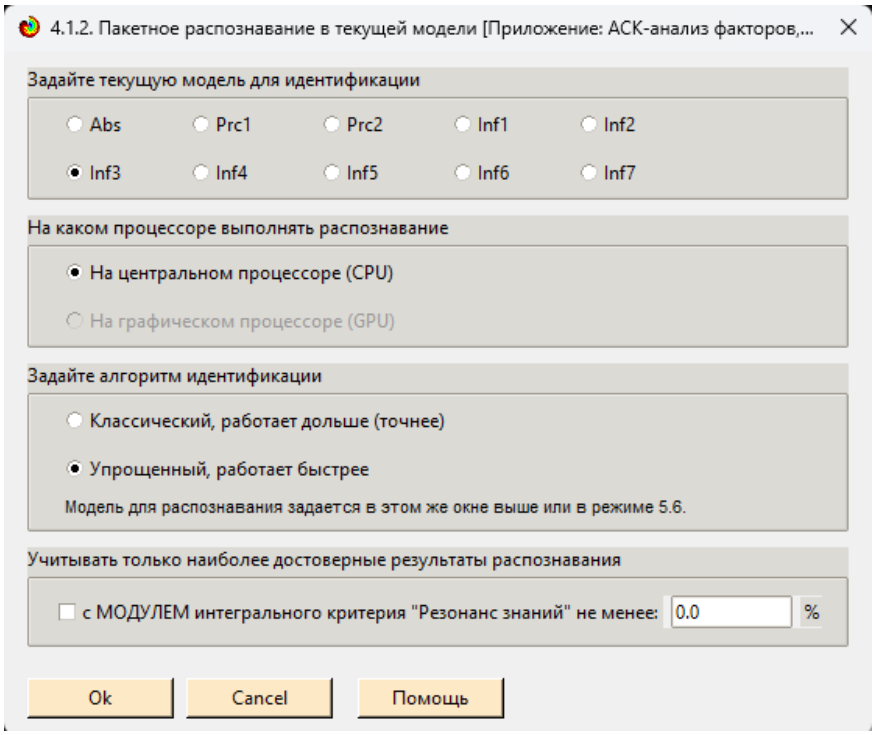


Рисунок 15. Задание СК-модели INF3 в качестве текущей

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 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 корректны[10] в неортонормированных пространствах, которые всегда и встречаются на практике, и являются фильтрами подавления шума.

3.6.1.1. Интегральный критерий «Сумма знаний»

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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:

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

где:

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

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

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

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

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: $I_{ij} \to \frac{I_{ij} - \bar{I}_j}{\sigma_j}$, $L_i \to \frac{L_i - \bar{L}}{\sigma_l}$.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: $I_{ij} \to \frac{I_{ij} - I_j^{\min}}{I_j^{\max} - I_j^{\min}}$, $L_i \to \frac{L_i - L^{\min}}{L^{\max} - L^{\min}}$, 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 являются 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 являются **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 освящены и на теоретическом уровне, и с детальными численными примерами в работах [4-7, 11] и в ряде других [48].

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

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

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

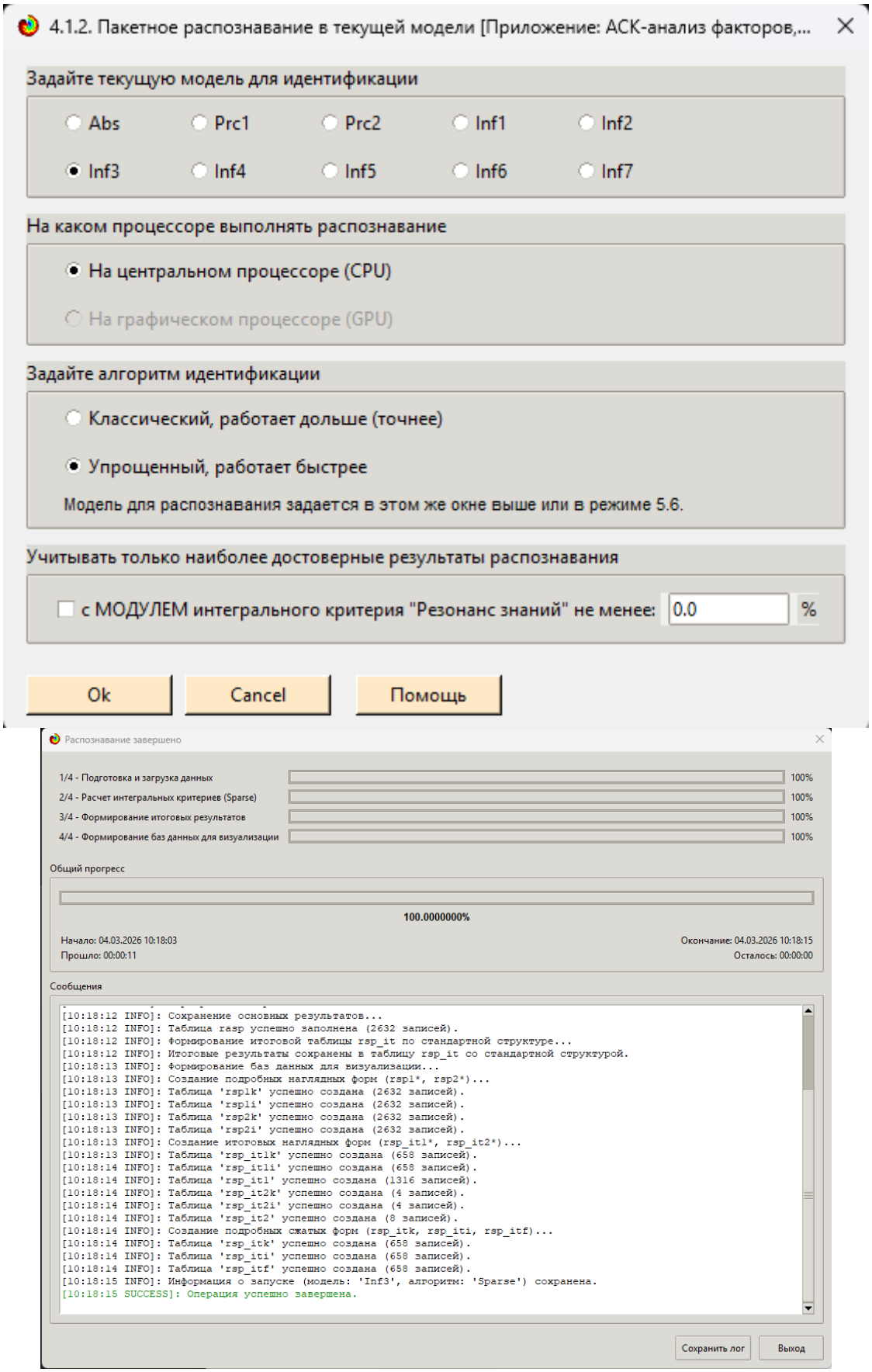


Рисунок 16. Экранные формы режима 4.1.2 идентификации и прогнозирования

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

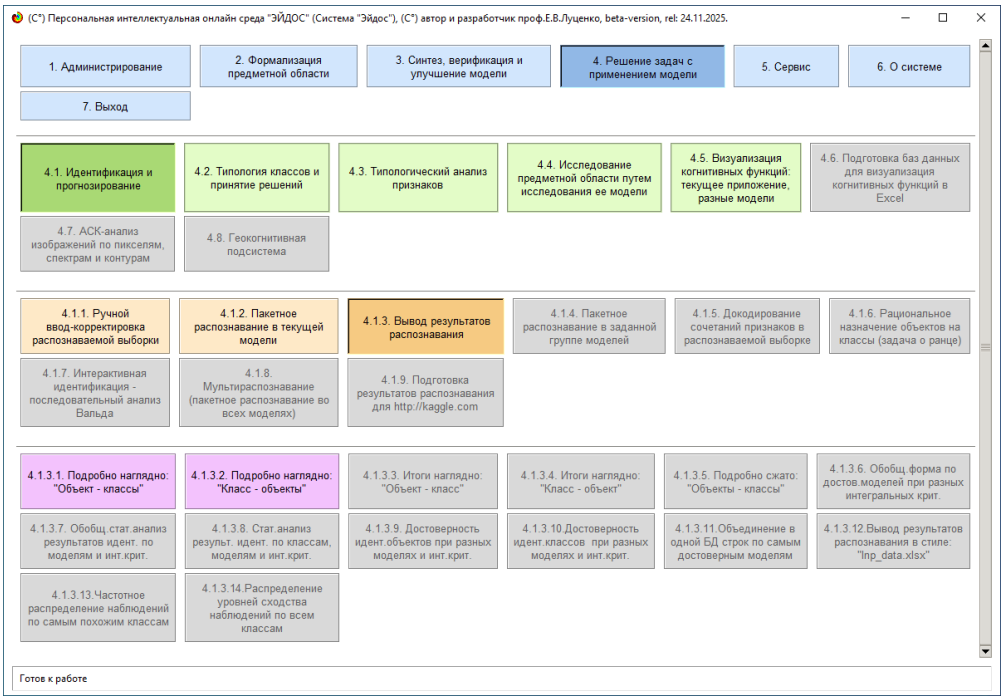
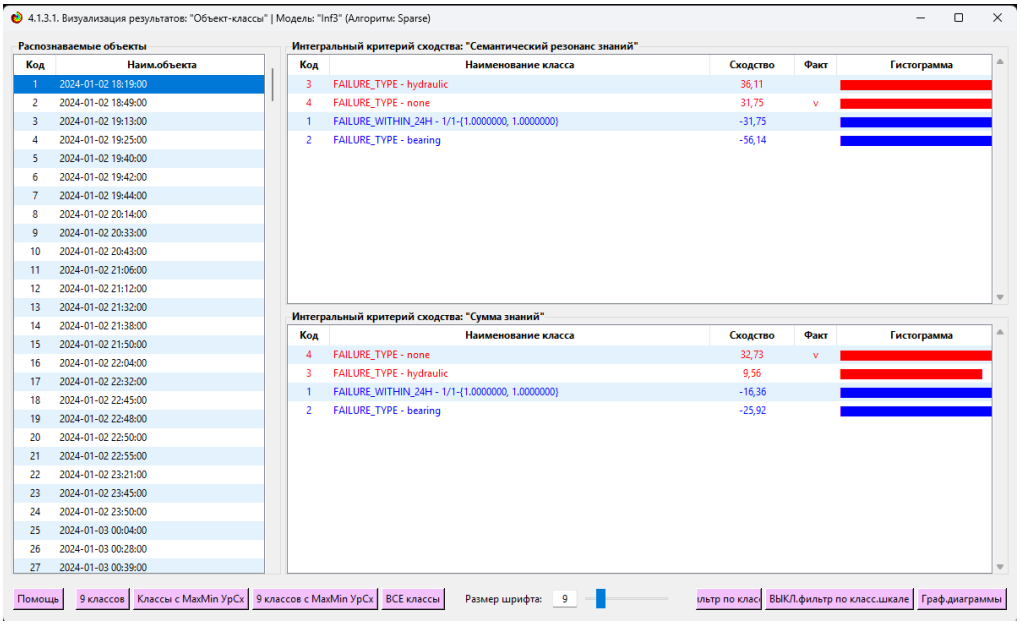


Рисунок 17. Меню подсистемы 4.1.3 системы «Эйдос», обеспечивающей вывод форм по результатам решения задачи идентификации и прогнозирования

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



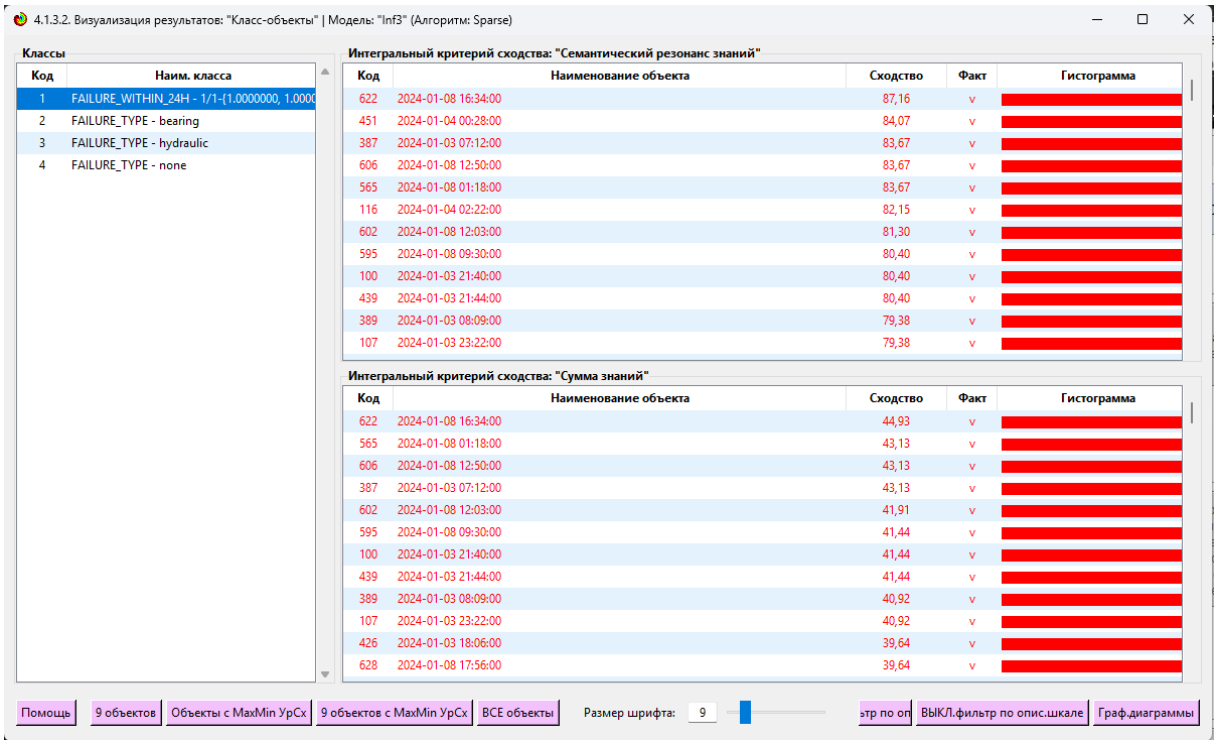


Рисунок 18. Некоторые экранные формы результатов идентификации и прогнозирования 4.1.3 системы «Эйдос»

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).

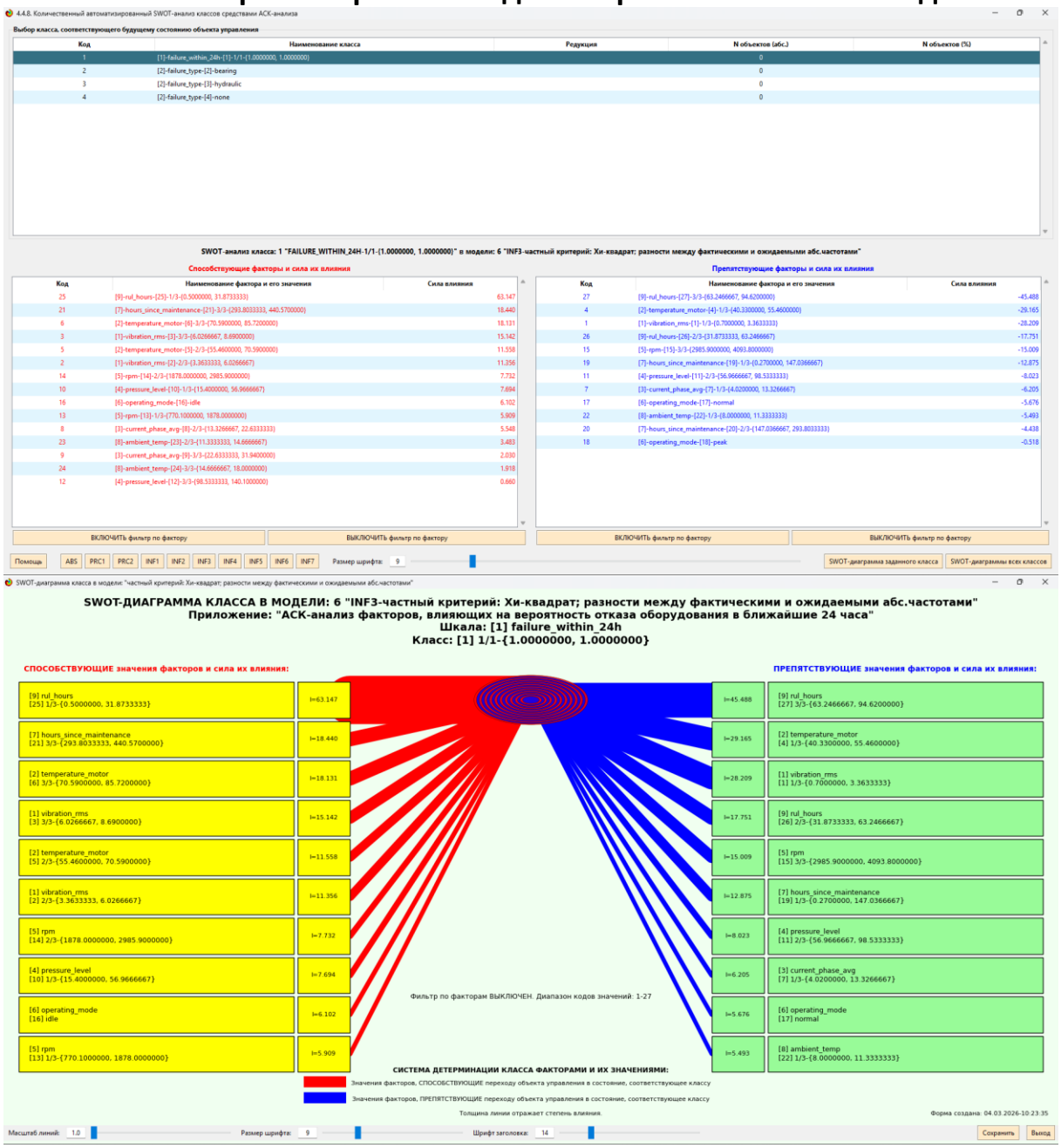
На первом рисунке 19 приведена экранная форма задания в диалоге параметров отображения SWOT-диаграммы. На этой экранной форме в верхнем окне пользователь курсором выбирает исследуемый класс, внизу слева задает модель для исследования, а справа внизу задает отображать ли SWOT-диаграмму. Кроме того пользователь 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.

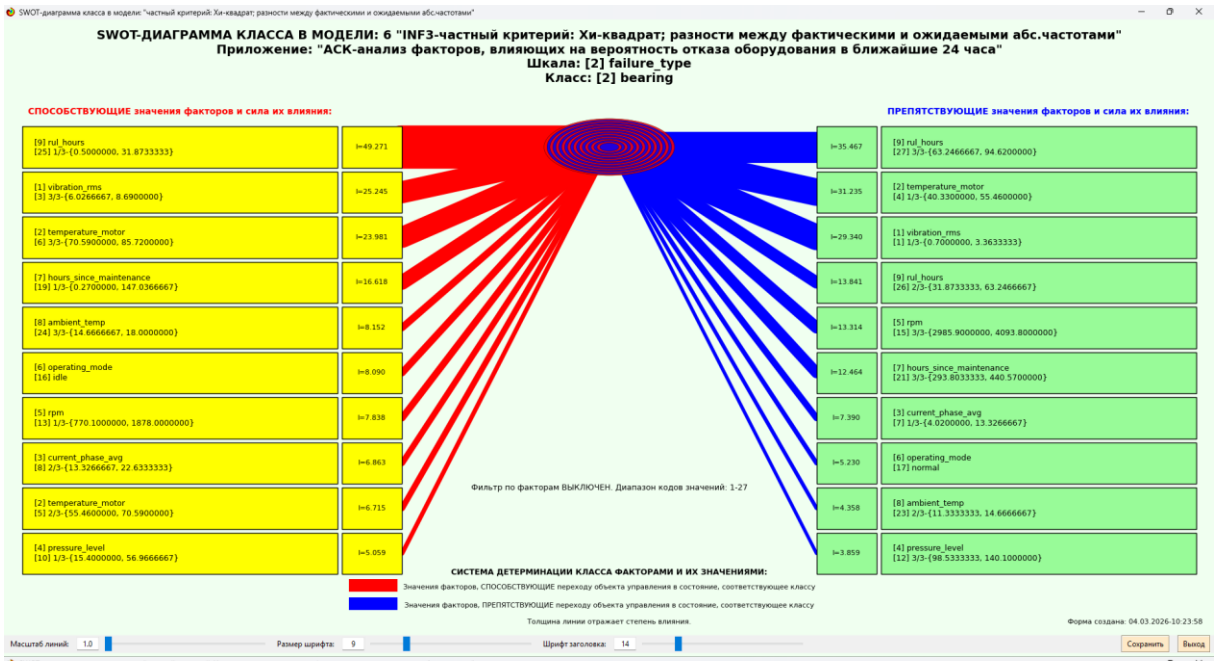
Графические выходные формы, приведенные на рисунках 19, интуитивно понятны и не требуют особых комментариев. Отметим лишь, что на SWOT-диаграммах наглядно показаны знак и сила влияния каждого значения фактора на переход объекта моделирования в состояние, соответствующее классу, выбранному в верхнем окне.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

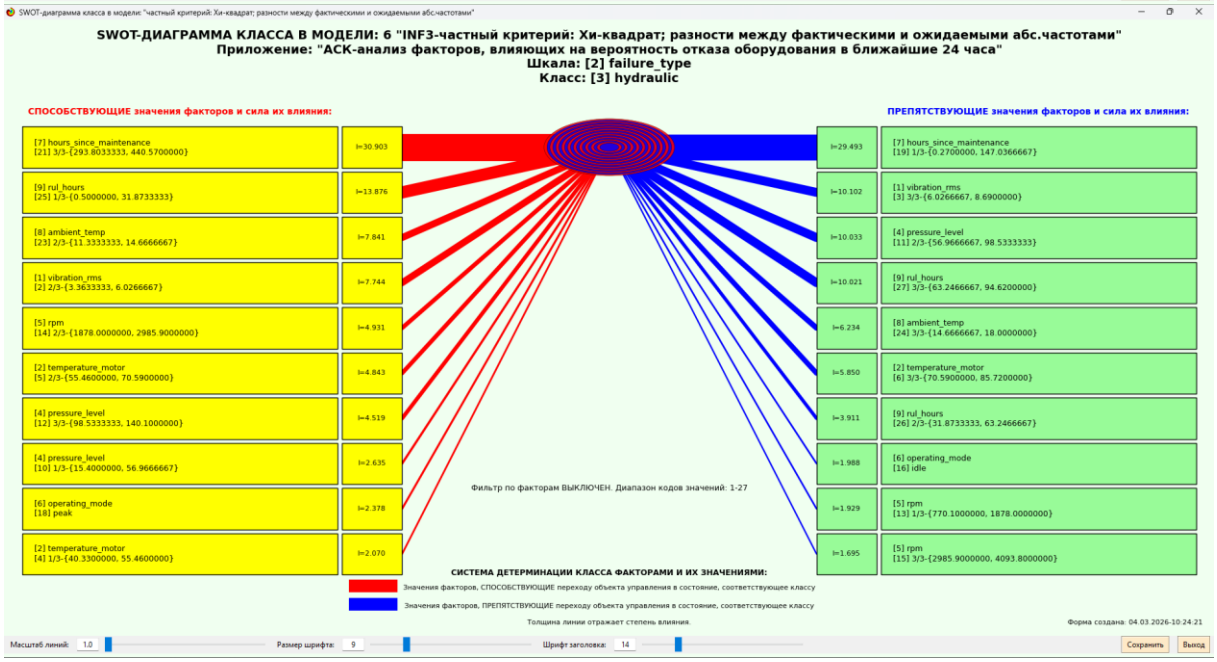
Слева на SWOT-диаграмме приведены значения факторов, способствующих переходу объекта моделирования в состояние, соответствующее классу, выбранному в верхнем окне (показаны красным цветом), а справа – препятствующих этому переходу (показаны синим цветом). Сила влияния каждого значения фактора на поведение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




SWOT-диаграмма класса в модели: "частный критерий: Хи-квадрат; разности между фактическими и ожидаемыми абс.частотами"
SWOT-ДИАГРАММА КЛАССА В МОДЕЛИ: 6 "INF3-частный критерий: Хи-квадрат; разности между фактическими и ожидаемыми абс.частотами"
Приложение: "АСК-анализ факторов, влияющих на вероятность отказа оборудования в ближайшие 24 часа"
Шкала: [2] failure_type
Класс: [2] bearing
СПОСОБСТВУЮЩИЕ значения факторов и сила их влияния:
[9] rul_hours [25] 1/3-{0.5000000, 31.8733333} I=49.271
[1] vibration_rms [3] 3/3-{6.0266667, 8.6900000} I=25.245
[2] temperature_motor [6] 3/3-{70.5900000, 85.7200000} I=23.981
[7] hours_since_maintenance [19] 1/3-{0.2700000, 147.0366667} I=16.618
[8] ambient_temp [24] 3/3-{14.6666667, 18.0000000} I=8.152
[6] operating_mode [16] idle I=8.090
[5] rpm [13] 1/3-{770.1000000, 1878.0000000} I=7.838
[3] current_phase_avg [8] 2/3-{13.3266667, 22.6333333} I=6.863
[2] temperature_motor [5] 2/3-{55.4600000, 70.5900000} I=6.715
[4] pressure_level [10] 1/3-{15.4000000, 56.9666667} I=5.059
ПРЕПЯТСТВУЮЩИЕ значения факторов и сила их влияния:
I=35.467 [9] rul_hours [27] 3/3-{63.2466667, 94.6200000}
I=31.235 [2] temperature_motor [4] 1/3-{40.3300000, 55.4600000}
I=29.340 [1] vibration_rms [1] 1/3-{0.7000000, 3.3633333}
I=13.841 [9] rul_hours [26] 2/3-{31.8733333, 63.2466667}
I=13.314 [5] rpm [15] 3/3-{2985.9000000, 4093.8000000}
I=12.464 [7] hours_since_maintenance [21] 3/3-{293.8033333, 440.5700000}
I=7.390 [3] current_phase_avg [7] 1/3-{4.0200000, 13.3266667}
I=5.230 [6] operating_mode [17] normal
I=4.358 [8] ambient_temp [23] 2/3-{11.3333333, 14.6666667}
I=3.859 [4] pressure_level [12] 3/3-{98.5333333, 140.1000000}
Фильтр по факторам ВЫКЛЮЧЕН. Диапазон кодов значений: 1-27
СИСТЕМА ДЕТЕРМИНАЦИИ КЛАССА ФАКТОРАМИ И ИХ ЗНАЧЕНИЯМИ:
Значения факторов, СПОСОБСТВУЮЩИЕ переходу объекта управления в состояние, соответствующее классу
Значения факторов, ПРЕПЯТСТВУЮЩИЕ переходу объекта управления в состояние, соответствующее классу
Толщина линии отражает степень влияния.
Форма создана: 04.03.2026-10:23:58
Масштаб линий: 1.0
Размер шрифта: 9
Шрифт заголовка: 14
Сохранить
Выход


SWOT-диаграмма класса в модели: "частный критерий: Хи-квадрат; разности между фактическими и ожидаемыми абс.частотами"
SWOT-ДИАГРАММА КЛАССА В МОДЕЛИ: 6 "INF3-частный критерий: Хи-квадрат; разности между фактическими и ожидаемыми абс.частотами"
Приложение: "АСК-анализ факторов, влияющих на вероятность отказа оборудования в ближайшие 24 часа"
Шкала: [2] failure_type
Класс: [3] hydraulic
СПОСОБСТВУЮЩИЕ значения факторов и сила их влияния:
[7] hours_since_maintenance [21] 3/3-{293.8033333, 440.5700000} I=30.903
[9] rul_hours [25] 1/3-{0.5000000, 31.8733333} I=13.876
[8] ambient_temp [23] 2/3-{11.3333333, 14.6666667} I=7.841
[1] vibration_rms [2] 2/3-{3.3633333, 6.0266667} I=7.744
[5] rpm [14] 2/3-{1878.0000000, 2985.9000000} I=4.931
[2] temperature_motor [5] 2/3-{55.4600000, 70.5900000} I=4.843
[4] pressure_level [12] 3/3-{98.5333333, 140.1000000} I=4.519
[4] pressure_level [10] 1/3-{15.4000000, 56.9666667} I=2.635
[6] operating_mode [18] peak I=2.378
[2] temperature_motor [4] 1/3-{40.3300000, 55.4600000} I=2.070
ПРЕПЯТСТВУЮЩИЕ значения факторов и сила их влияния:
I=29.493 [7] hours_since_maintenance [19] 1/3-{0.2700000, 147.0366667}
I=10.102 [1] vibration_rms [3] 3/3-{6.0266667, 8.6900000}
I=10.033 [4] pressure_level [11] 2/3-{56.9666667, 98.5333333}
I=10.021 [9] rul_hours [27] 3/3-{63.2466667, 94.6200000}
I=6.234 [8] ambient_temp [24] 3/3-{14.6666667, 18.0000000}
I=5.850 [2] temperature_motor [6] 3/3-{70.5900000, 85.7200000}
I=3.911 [9] rul_hours [26] 2/3-{31.8733333, 63.2466667}
I=1.988 [6] operating_mode [16] idle
I=1.929 [5] rpm [13] 1/3-{770.1000000, 1878.0000000}
I=1.695 [5] rpm [15] 3/3-{2985.9000000, 4093.8000000}
Фильтр по факторам ВЫКЛЮЧЕН. Диапазон кодов значений: 1-27
СИСТЕМА ДЕТЕРМИНАЦИИ КЛАССА ФАКТОРАМИ И ИХ ЗНАЧЕНИЯМИ:
Значения факторов, СПОСОБСТВУЮЩИЕ переходу объекта управления в состояние, соответствующее классу
Значения факторов, ПРЕПЯТСТВУЮЩИЕ переходу объекта управления в состояние, соответствующее классу
Толщина линии отражает степень влияния.
Форма создана: 04.03.2026-10:24:21
Масштаб линий: 1.0
Размер шрифта: 9
Шрифт заголовка: 14
Сохранить
Выход

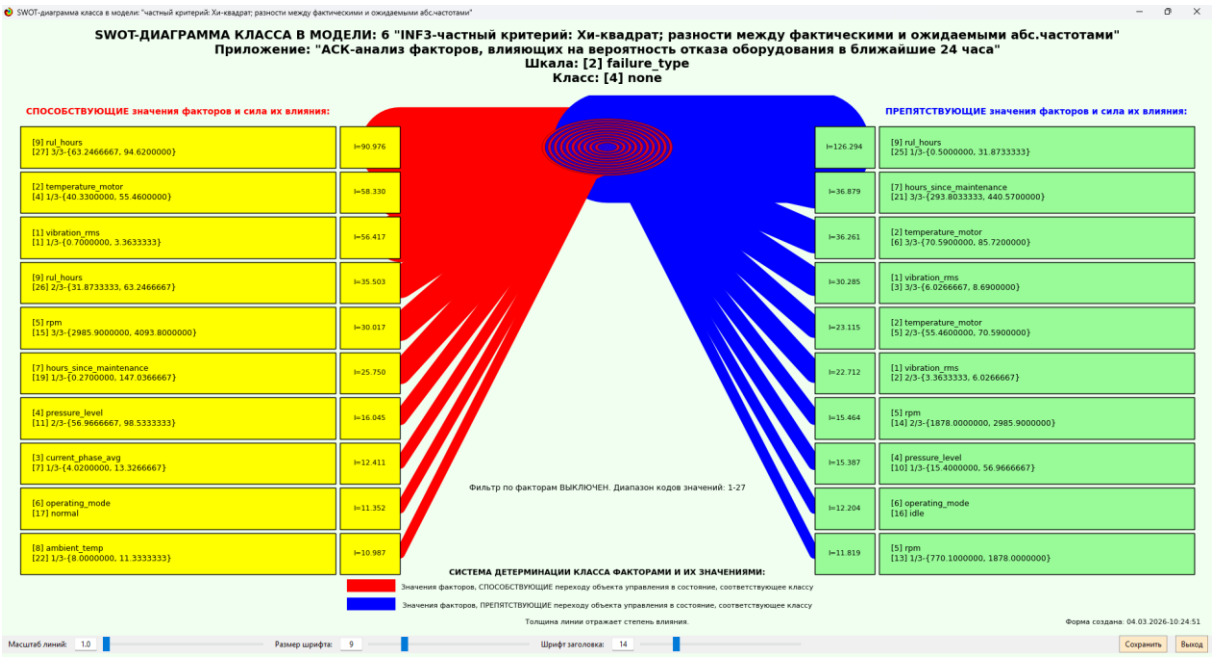


Рисунок 19. Примеры экранных формы режима автоматизированного SWOT-анализа (режим 4.4.8 системы «Эйдос»)

Из приведенных выходных форм SWOT-анализа четко видно, что минимизация длины маршрута и доставка на автомобиле обуславливают минимизацию дистанции маршрута доставки, а зона ресторана West – минимальное время доставки.

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.

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.

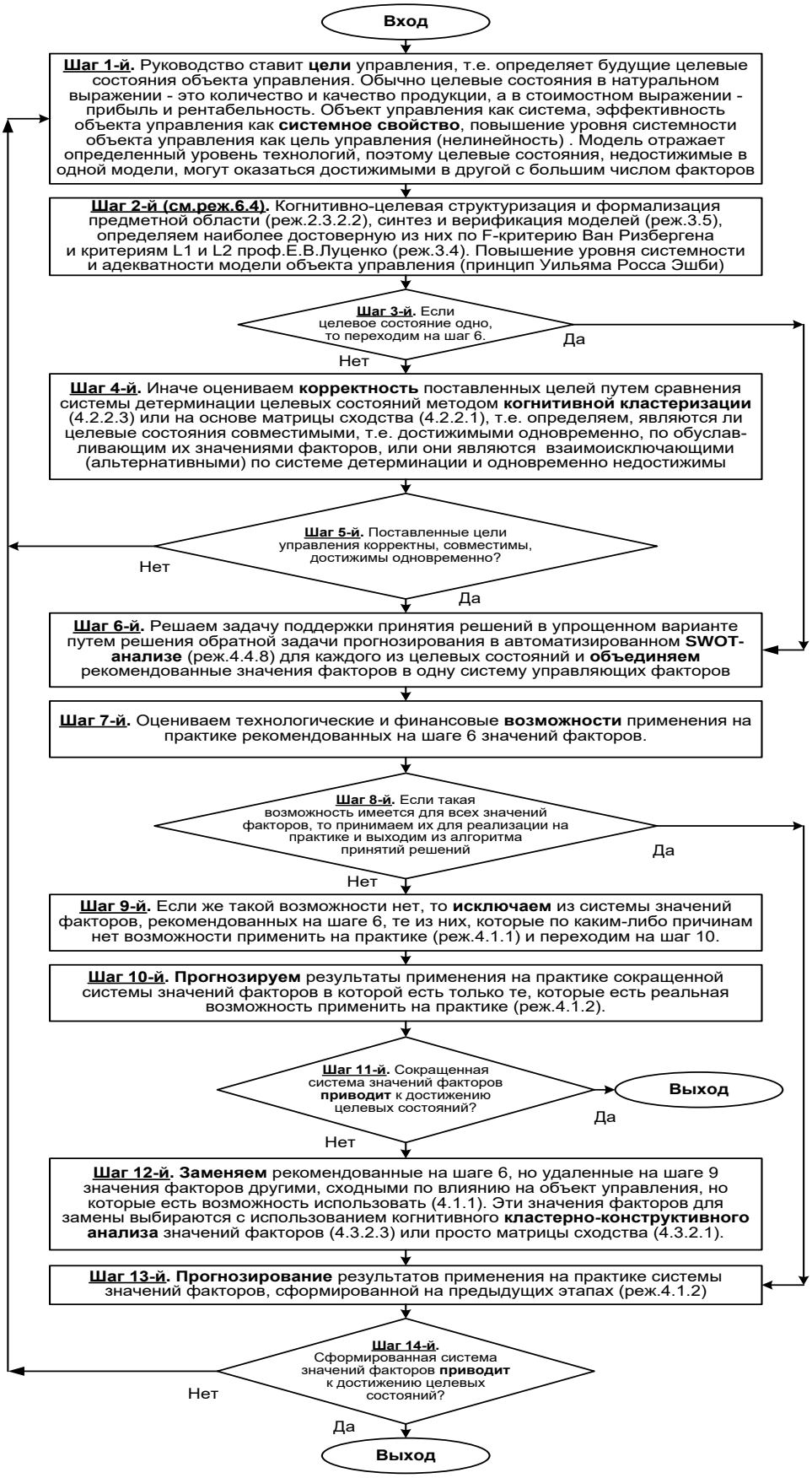


Рисунок 20. Развитый алгоритм принятия решений в интеллектуальных системах управления на основе АСК-анализа и системы «Эйдос»

<u>Шаг 9-й</u>. 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.

<u>Шаг 10-й</u>. 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).

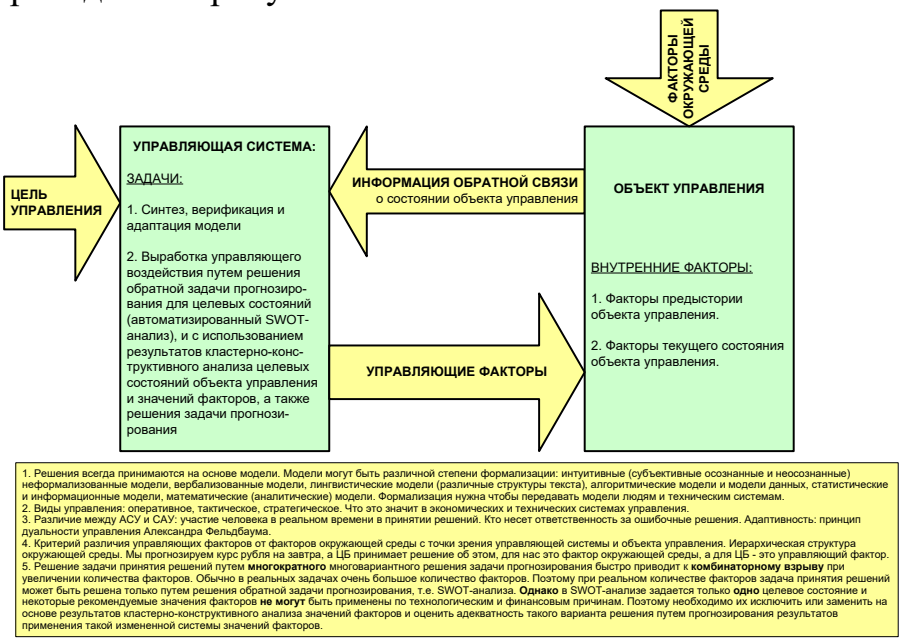
<u>Шаг 11-й</u>. Сокращенная система значений факторов **приводит** к достижению целевых состояний? Если да, то выход из алгоритма принятия решений, а иначе переход на шаг 12.

<u>Шаг 12-й</u>. 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].

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

<u>Шаг 14-й</u>. 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:



1. Решения всегда принимаются на основе модели. Модели могут быть различной степени формализации: интуитивные (субъективные осознанные и неосознанные) неформализованные модели, вербализованные модели, лингвистические модели (различные структуры текста), алгоритмические модели и модели данных, статистические и информационные модели, математические (аналитические) модели. Формализация нужна чтобы передавать модели людям и техническим системам.
2. Виды управления: оперативное, тактическое, стратегическое. Что это значит в экономических и технических системах управления.
3. Различие между АСУ и САУ: участие человека в реальном времени в принятии решений. Кто несет ответственность за ошибочные решения. Адаптивность: принцип дуальности управления Александра Фельдбаума.
4. Критерий различия управляющих факторов от факторов окружающей среды с точки зрения управляющей системы и объекта управления. Иерархическая структура окружающей среды. Мы прогнозируем курс рубля на завтра, а ЦБ принимает решение об этом, для нас это фактор окружающей среды, а для ЦБ - это управляющий фактор.
5. Решение задачи принятия решений путем **многократного** многовариантного решения задачи прогнозирования быстро приводит к **комбинаторному взрыву** при увеличении количества факторов. Обычно в реальных задачах очень большое количество факторов. Поэтому при реальном количестве факторов задача принятия решений может быть решена только путем решения обратной задачи прогнозирования, т.е. SWOT-анализа. **Однако** в SWOT-анализе задается только **одно** целевое состояние и некоторые рекомендуемые значения факторов **не могут** быть применены по технологическим и финансовым причинам. Поэтому необходимо их исключить или заменить на основе результатов кластерно-конструктивного анализа значений факторов и оценить адекватность такого варианта решения путем прогнозирования результатов применения такой измененной системы значений факторов.

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

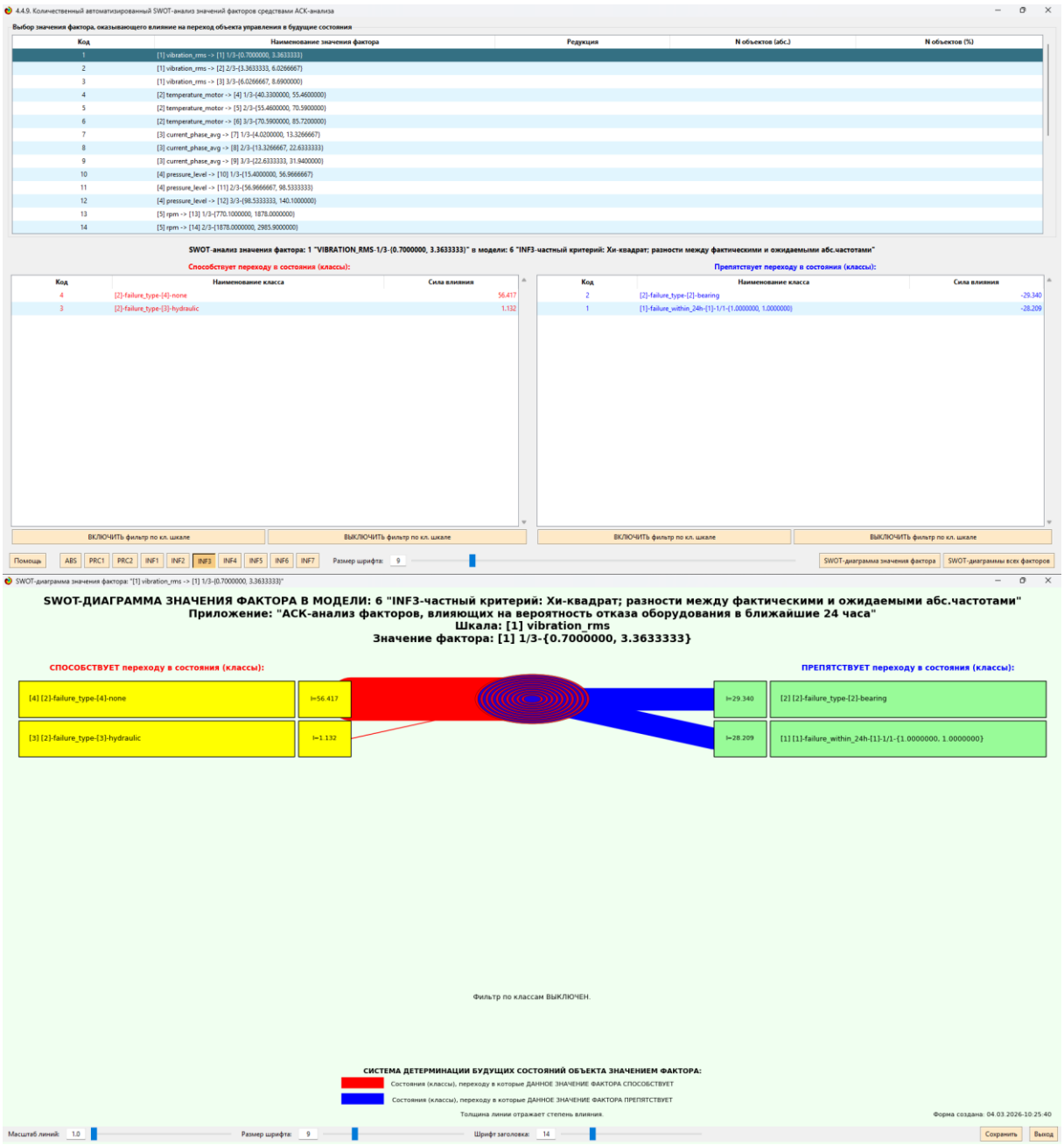
3.8.1. Инвертированные SWOT-диаграммы значений описательных шкал (семантические потенциалы)

3.8.1.1. Универсальная постановка задачи, не зависящая от предметной области

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

3.8.1.2. Конкретное решение задачи в данной работе

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


4.4.9. Количественный автоматизированный SWOT-анализ значений факторов средствами АСК-анализа
Выбор значения фактора, оказывающего влияние на переход объекта управления в будущие состояния
Код | Наименование значения фактора | Редукция | N объектов (абс.) | N объектов (%)
1 [1] vibration_rms -> [1] 1/3-{0.7000000, 3.3633333}
2 [1] vibration_rms -> [2] 2/3-{3.3633333, 6.0266667}
3 [1] vibration_rms -> [3] 3/3-{6.0266667, 8.6900000}
4 [2] temperature_motor -> [4] 1/3-{40.3300000, 55.4600000}
5 [2] temperature_motor -> [5] 2/3-{55.4600000, 70.5900000}
6 [2] temperature_motor -> [6] 3/3-{70.5900000, 85.7200000}
7 [3] current_phase_avg -> [7] 1/3-{4.0200000, 13.3266667}
8 [3] current_phase_avg -> [8] 2/3-{13.3266667, 22.6333333}
9 [3] current_phase_avg -> [9] 3/3-{22.6333333, 31.9400000}
10 [4] pressure_level -> [10] 1/3-{15.4000000, 56.9666667}
11 [4] pressure_level -> [11] 2/3-{56.9666667, 98.5333333}
12 [4] pressure_level -> [12] 3/3-{98.5333333, 140.1000000}
13 [5] rpm -> [13] 1/3-{770.1000000, 1878.0000000}
14 [5] rpm -> [14] 2/3-{1878.0000000, 2985.9000000}
SWOT-анализ значения фактора: 1 "VIBRATION_RMS-1/3-{0.7000000, 3.3633333}" в модели: 6 "INF3-частный критерий: Хи-квадрат; разности между фактическими и ожидаемыми абс.частотами"
Способствует переходу в состояния (классы):
Код | Наименование класса | Сила влияния
4 [2]-failure_type-[4]-none 56.417
3 [2]-failure_type-[3]-hydraulic 1.132
Препятствует переходу в состояния (классы):
Код | Наименование класса | Сила влияния
2 [2]-failure_type-[2]-bearing -29.340
1 [1]-failure_within_24h-[1]-1/1-{1.0000000, 1.0000000} -28.209
ВКЛЮЧИТЬ фильтр по кл. шкале
ВЫКЛЮЧИТЬ фильтр по кл. шкале
ВКЛЮЧИТЬ фильтр по кл. шкале
ВЫКЛЮЧИТЬ фильтр по кл. шкале
Помощь
ABS PRC1 PRC2 INF1 INF2 INF3 INF4 INF5 INF6 INF7
Размер шрифта: 9
SWOT-диаграмма значения фактора
SWOT-диаграммы всех факторов
SWOT-диаграмма значения фактора: "[1] vibration_rms -> [1] 1/3-{0.7000000, 3.3633333}"
SWOT-ДИАГРАММА ЗНАЧЕНИЯ ФАКТОРА В МОДЕЛИ: 6 "INF3-частный критерий: Хи-квадрат; разности между фактическими и ожидаемыми абс.частотами"
Приложение: "АСК-анализ факторов, влияющих на вероятность отказа оборудования в ближайшие 24 часа"
Шкала: [1] vibration_rms
Значение фактора: [1] 1/3-{0.7000000, 3.3633333}
СПОСОБСТВУЕТ переходу в состояния (классы):
ПРЕПЯТСТВУЕТ переходу в состояния (классы):
[4] [2]-failure_type-[4]-none
I=56.417
[3] [2]-failure_type-[3]-hydraulic
I=1.132
I=29.340
[2] [2]-failure_type-[2]-bearing
I=28.209
[1] [1]-failure_within_24h-[1]-1/1-{1.0000000, 1.0000000}
Фильтр по классам ВЫКЛЮЧЕН.
СИСТЕМА ДЕТЕРМИНАЦИИ БУДУЩИХ СОСТОЯНИЙ ОБЪЕКТА ЗНАЧЕНИЕМ ФАКТОРА:
Состояния (классы), переходу в которые ДАННОЕ ЗНАЧЕНИЕ ФАКТОРА СПОСОБСТВУЕТ
Состояния (классы), переходу в которые ДАННОЕ ЗНАЧЕНИЕ ФАКТОРА ПРЕПЯТСТВУЕТ
Толщина линии отражает степень влияния.
Форма создана: 04.03.2026-10:25:40
Масштаб линий: 1.0
Размер шрифта: 9
Шрифт заголовка: 14
Сохранить
Выход

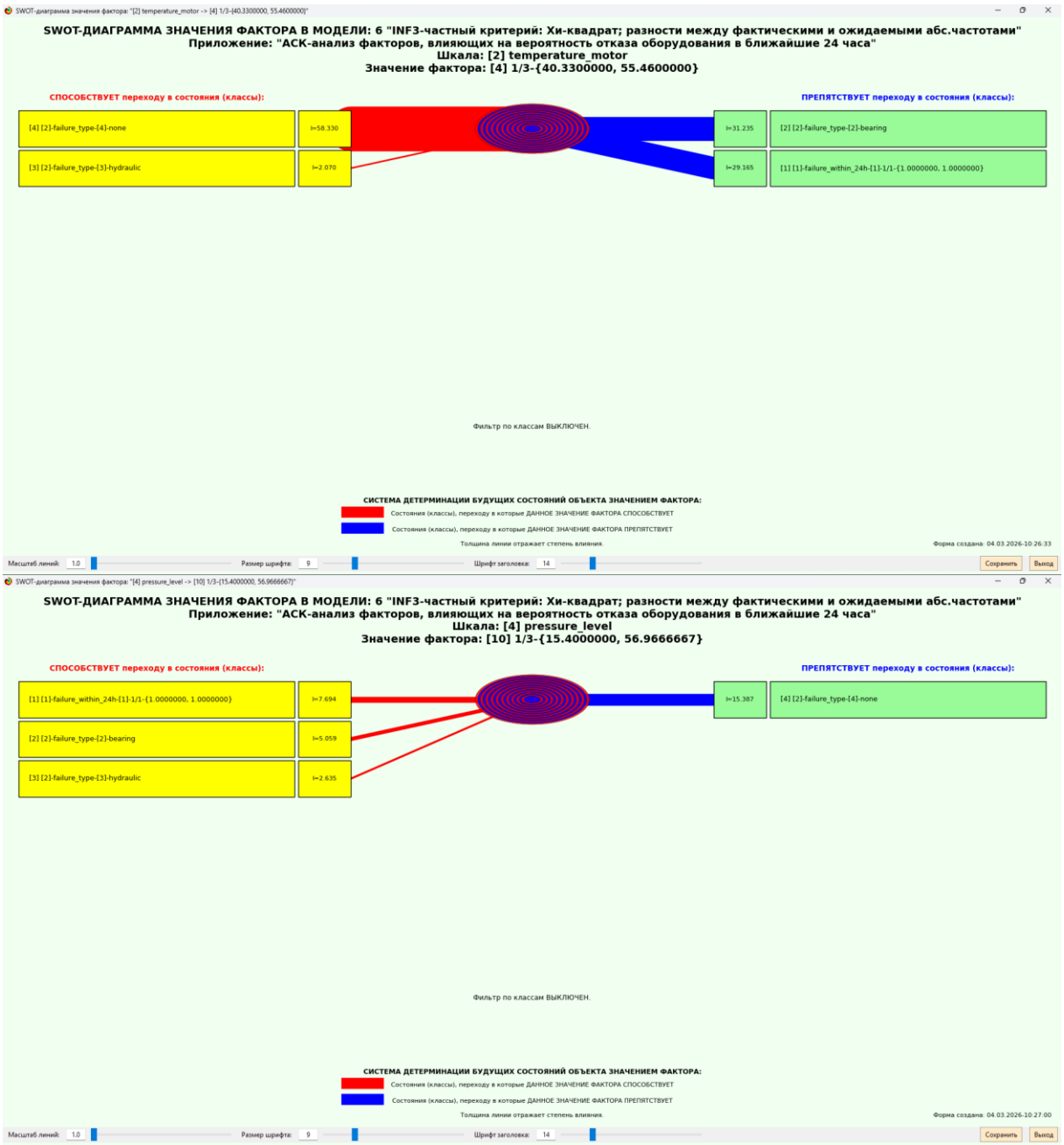


Рисунок 22. Примеры инвертированных SWOT-диаграмм влияния значений факторов на переход объекта моделирования в будущие состояния, соответствующие классам

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.

Из приведенных выходных форм SWOT-анализа четко видно, что обработка бором обуславливает высокую устойчивость сливы к температурным стрессорам в той же степени, что и сам сорт «Стенлей» и как суммарно значения факторов «До промораживания» и «Год

наблюдения-2014». Во многом это и есть реальное решение проблемы, поставленной в работе.

3.8.2. Кластерно-конструктивный анализ классов

3.8.2.1. Универсальная постановка задачи, не зависящая от предметной области

В системе «Эйдос» (в режиме 4.2.2.4, 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 4.2.2.4, обеспечивающего расчет матрицы сходства классов по системе их детерминации, т.е. по обуславливающим их значениям факторов:

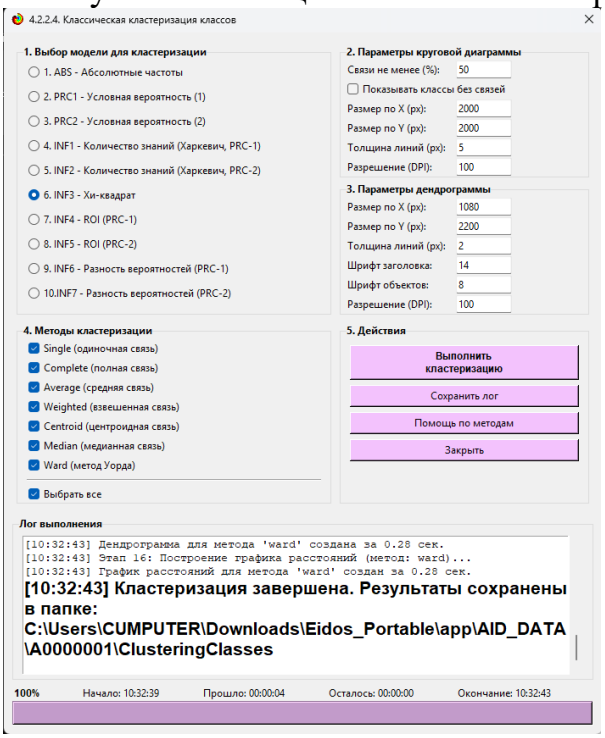


Рисунок 23. Экранные формы режима 4.2.2.4, обеспечивающего расчет матриц сходства классов

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

	[1]-failure_within_24h-[1]-1/1-{1.0000000, 1.0000000}	**[2]-failure_type-[2]-bearing**	**[2]-failure_type-[3]-hydraulic**	**[2]-failure_type-[4]-none**
[1]-failure_within_24h-[1]-1/1-{1.0000000, 1.0000000}	1	0,858841	0,449159	-1
[2]-failure_type-[2]-bearing	0,858841	1	-0,07191	-0,85884
[2]-failure_type-[3]-hydraulic	0,449159	-0,07191	1	-0,44916
[2]-failure_type-[4]-none	-1	-0,85884	-0,44916	1

Рисунок 25. График изменения межкластерных расстояний (режим 4.2.2.3)

ДЕНДРОГРАММА АГЛОМЕРАТИВНОЙ КЛАСТЕРИЗАЦИИ КЛАССОВ
(C°) Персональная интеллектуальная on-line среда 'Эйдос'
Приложение: АСК-анализ факторов, влияющих на вероятность отказа оборудования в ближайшие 24 часа
Модель: 6. INF3 - частный критерий: Хи-квадрат, разности между фактическими и ожидаемыми абс.частотами
Метод кластеризации: ward
Дата и время создания: 2026-03-04 10:32:43

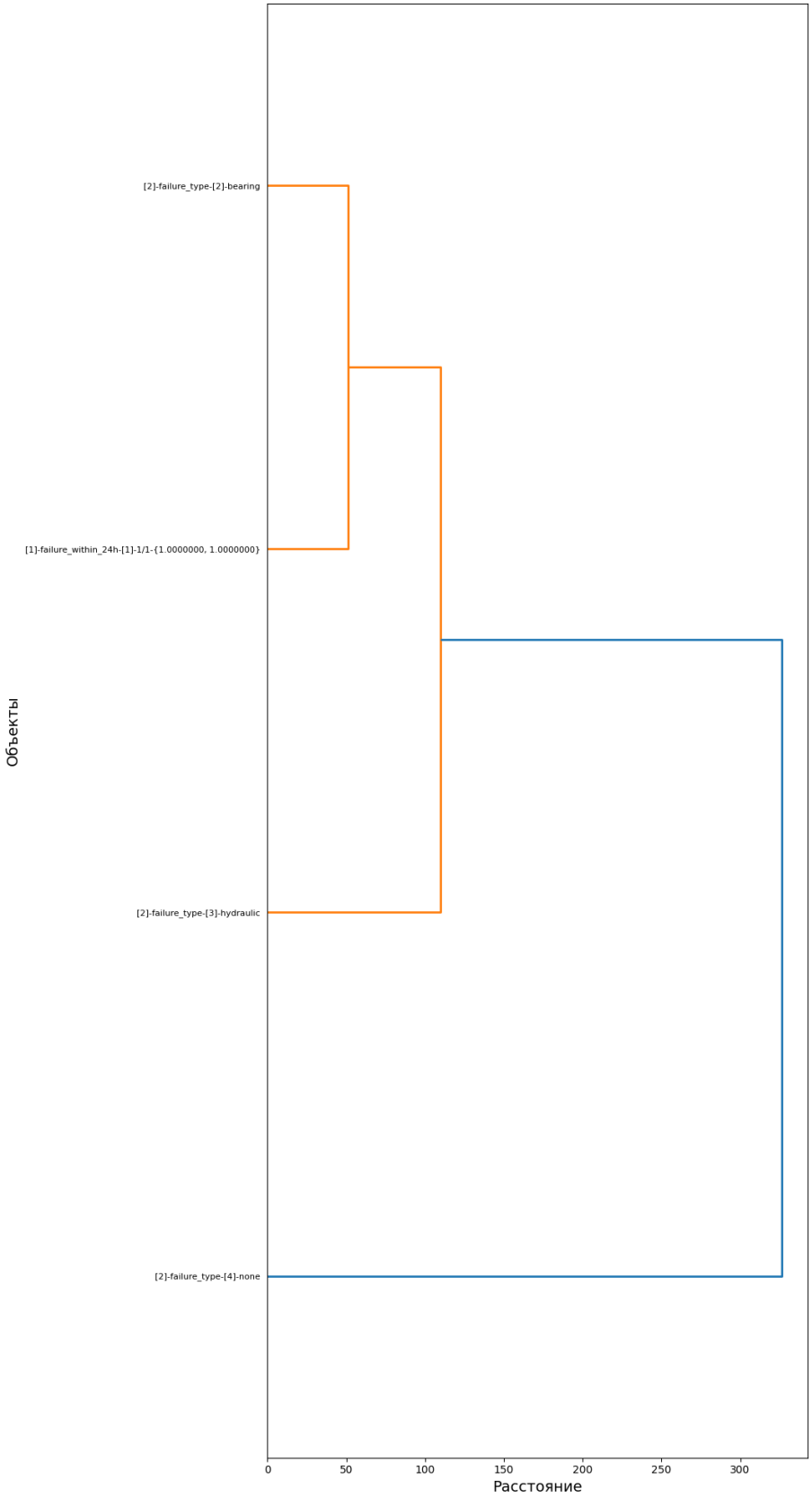


Рисунок 26. Агломеративная дендрограмма, полученная в результате когнитивной (истинной) кластеризации классов (режим 4.2.2.3)

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 4.3.2.4, обеспечивающего расчет матрицы сходства значений факторов по силе и направлению их влияния на переход объекта моделирования в различные будущие состояния, соответствующие классам:

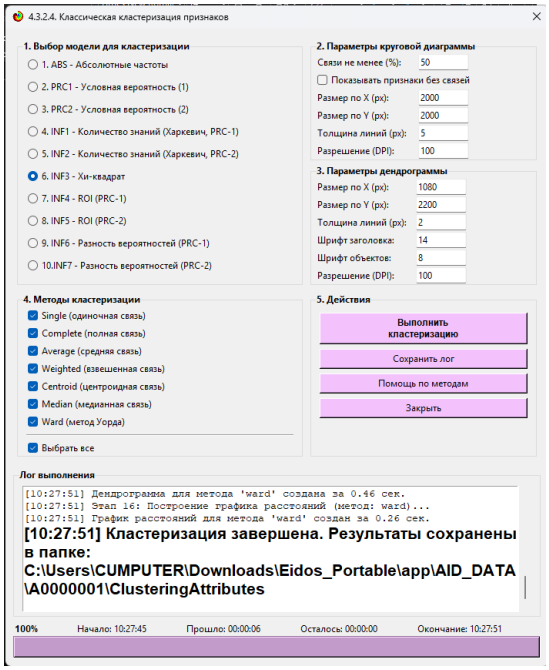


Рисунок 27. Экранные формы режима 4.3.2.4, обеспечивающего расчет матриц сходства значений факторов

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

kod_pr	[1]-vibration_rms-[1]-1/3-{0.7000000, 3.3633333}	[1]-vibration_rms-[2]-2/3-{3.3633333, 6.0266667}	[1]-vibration_rms-[3]-3/3-{6.0266667, 8.6900000}
[1]-vibration_rms-[1]-1/3-{0.7000000, 3.3633333}	1	-0,91139	-0,9558
[1]-vibration_rms-[2]-2/3-{3.3633333, 6.0266667}	-0,91139	1	0,750112
[1]-vibration_rms-[3]-3/3-{6.0266667, 8.6900000}	-0,9558	0,750112	1
[2]-temperature_motor-[4]-1/3-{40.3300000, 55.4600000}	0,99986	-0,90438	-0,96059
[2]-temperature_motor-[5]-2/3-{55.4600000, 70.5900000}	-0,96481	0,987532	0,844864
[2]-temperature_motor-[6]-3/3-{70.5900000, 85.7200000}	-0,98941	0,842016	0,988352

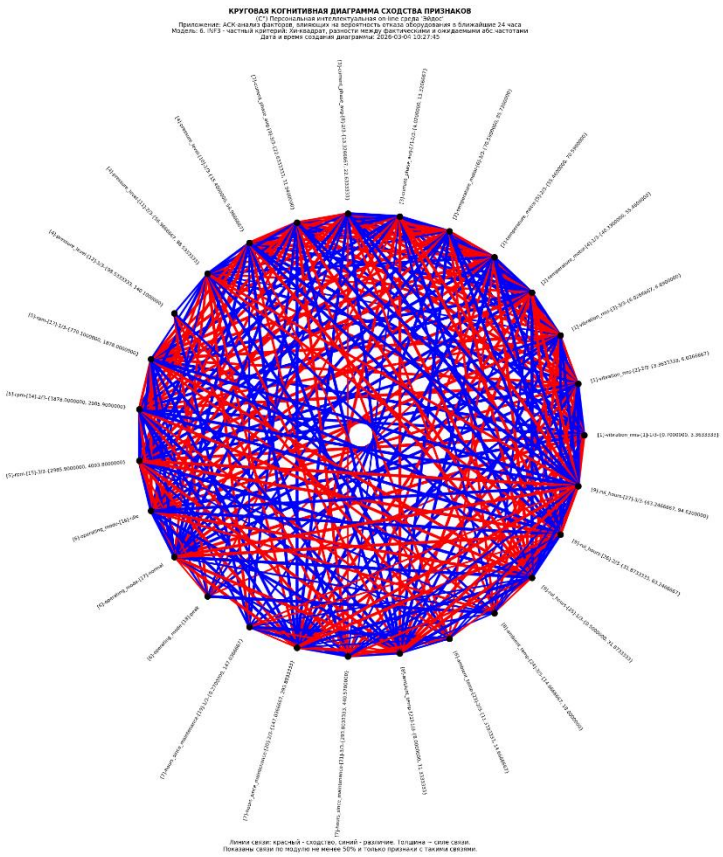


Рисунок 28. Круговая 2d-когнитивная диаграмма значений факторов в СК-модели INF3 (режим 4.3.2.2)

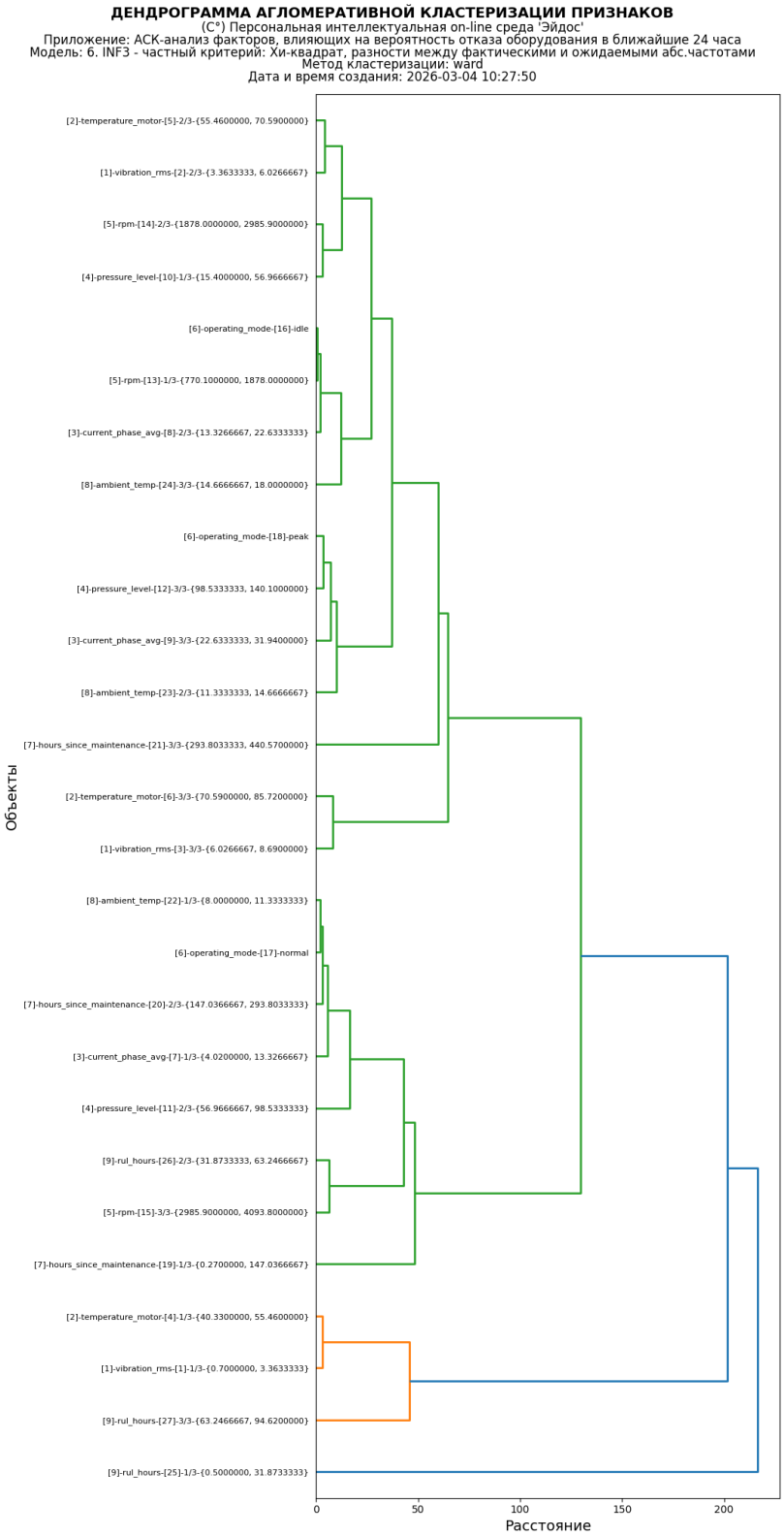


Рисунок 29. Агломеративная дендрограмма, полученная в результате когнитивной (истинной) кластеризации признаков (режим 4.3.2.3)

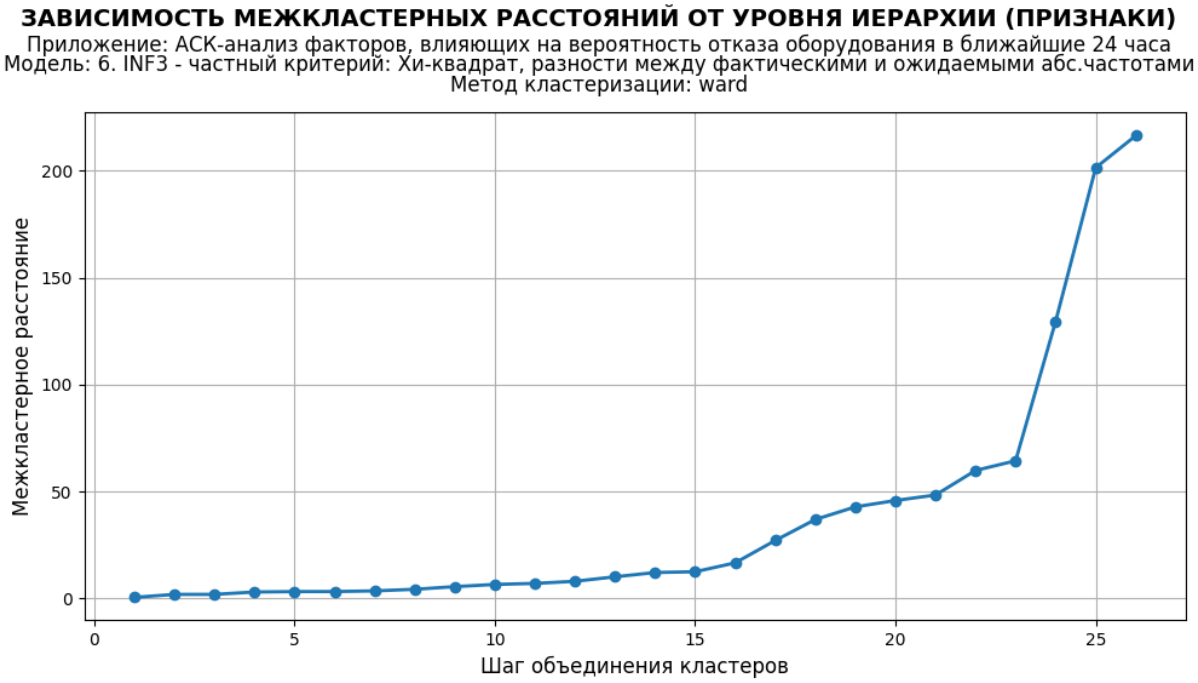


Рисунок 30. График изменения межкластерных расстояний (режим 4.3.2.3)

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 ***<u>нечетким декларативным</u>*** ***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).

<u>От фреймовой модели</u> 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 быстродействие системы.

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

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

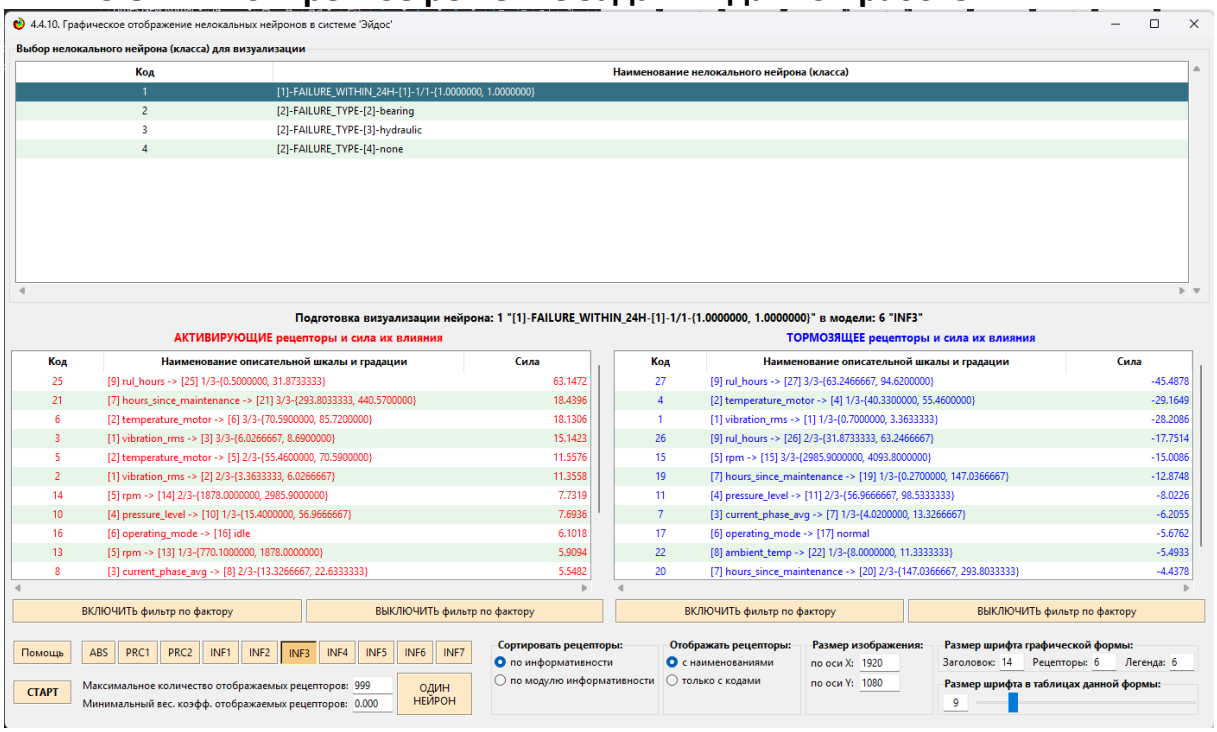
рассчитываются методом прямого счета на основе хорошо теоретически обоснованной модели, основанной на ***теории информации*** (это напоминает байесовские сети);

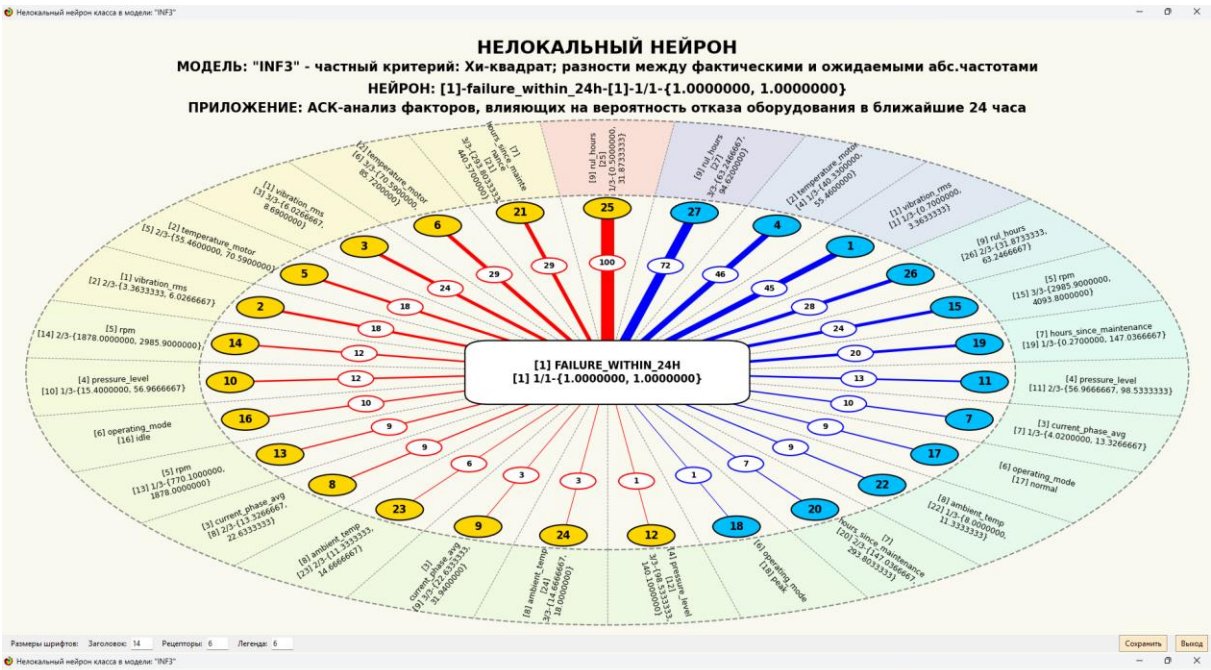
2) весовые коэффициенты имеют хорошо теоретически обоснованную ***содержательную интерпретацию***, основанную на теории информации;

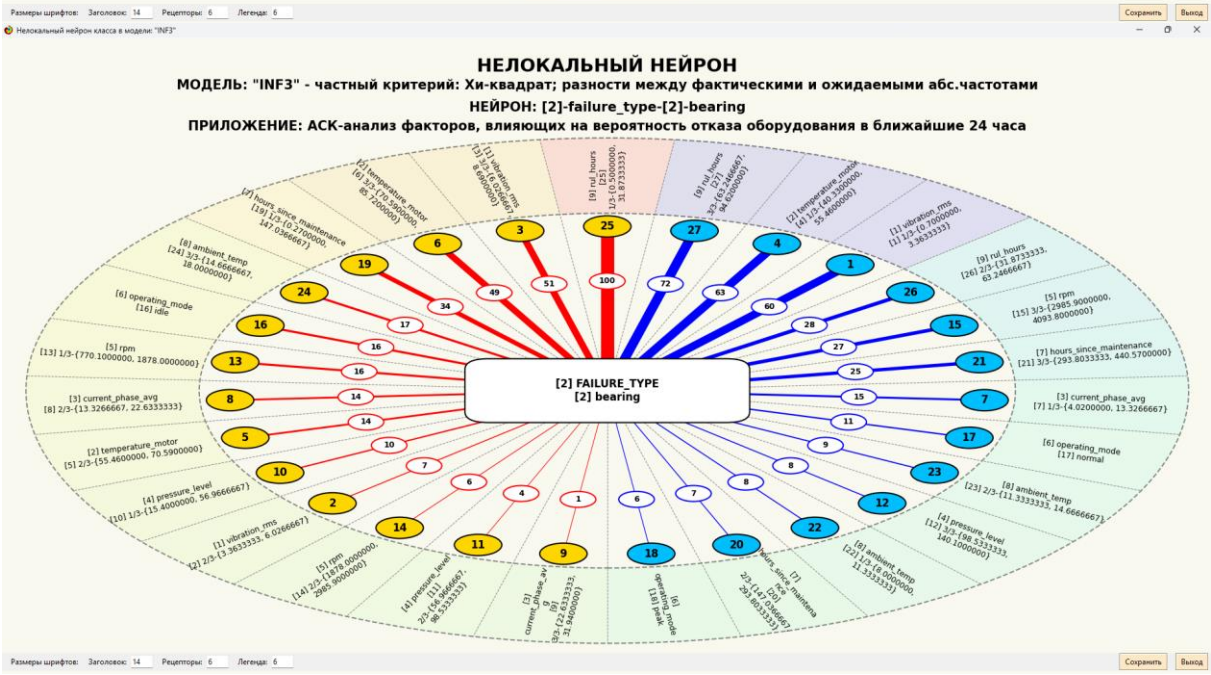
3) нейросеть является ***нелокальной***, как сейчас говорят «полносвязной».

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




Нелокальный нейрон класса в модели: "INF3"
НЕЛОКАЛЬНЫЙ НЕЙРОН
МОДЕЛЬ: "INF3" - частный критерий: Хи-квадрат; разности между фактическими и ожидаемыми абс.частотами
НЕЙРОН: [1]-failure_within_24h-[1]-1/1-{1.0000000, 1.0000000}
ПРИЛОЖЕНИЕ: АСК-анализ факторов, влияющих на вероятность отказа оборудования в ближайшие 24 часа
[1] FAILURE_WITHIN_24H
[1] 1/1-{1.0000000, 1.0000000}
Размеры шрифтов: Заголовок: 14 Рецепторы: 6 Легенда: 6
Сохранить
Выход


Нелокальный нейрон класса в модели: "INF3"
НЕЛОКАЛЬНЫЙ НЕЙРОН
МОДЕЛЬ: "INF3" - частный критерий: Хи-квадрат; разности между фактическими и ожидаемыми абс.частотами
НЕЙРОН: [2]-failure_type-[2]-bearing
ПРИЛОЖЕНИЕ: АСК-анализ факторов, влияющих на вероятность отказа оборудования в ближайшие 24 часа
[2] FAILURE_TYPE
[2] bearing
Размеры шрифтов: Заголовок: 14 Рецепторы: 6 Легенда: 6
Сохранить
Выход

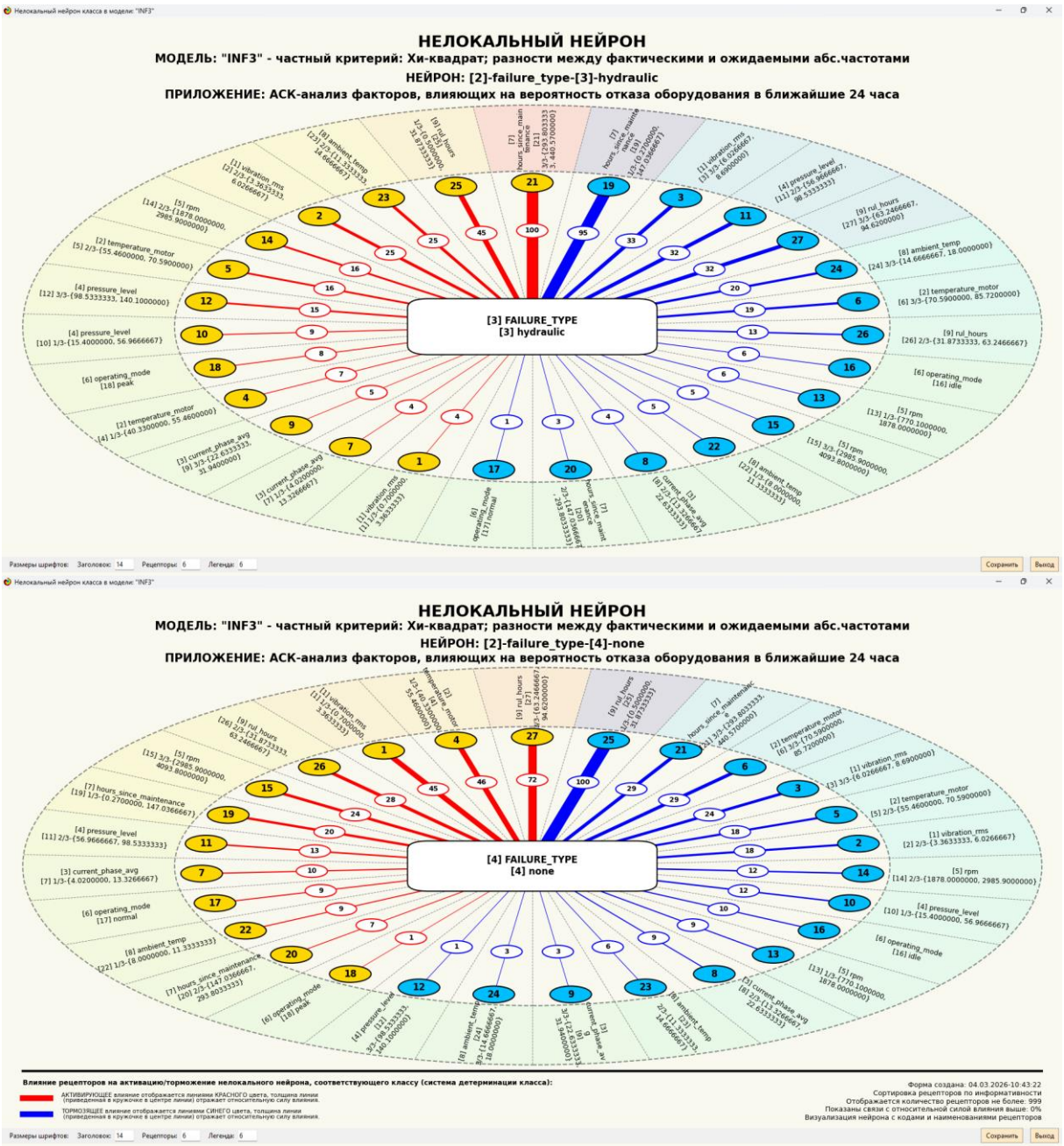


Рисунок 31. Примеры нелокальных нейронов, соответствующие классам

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

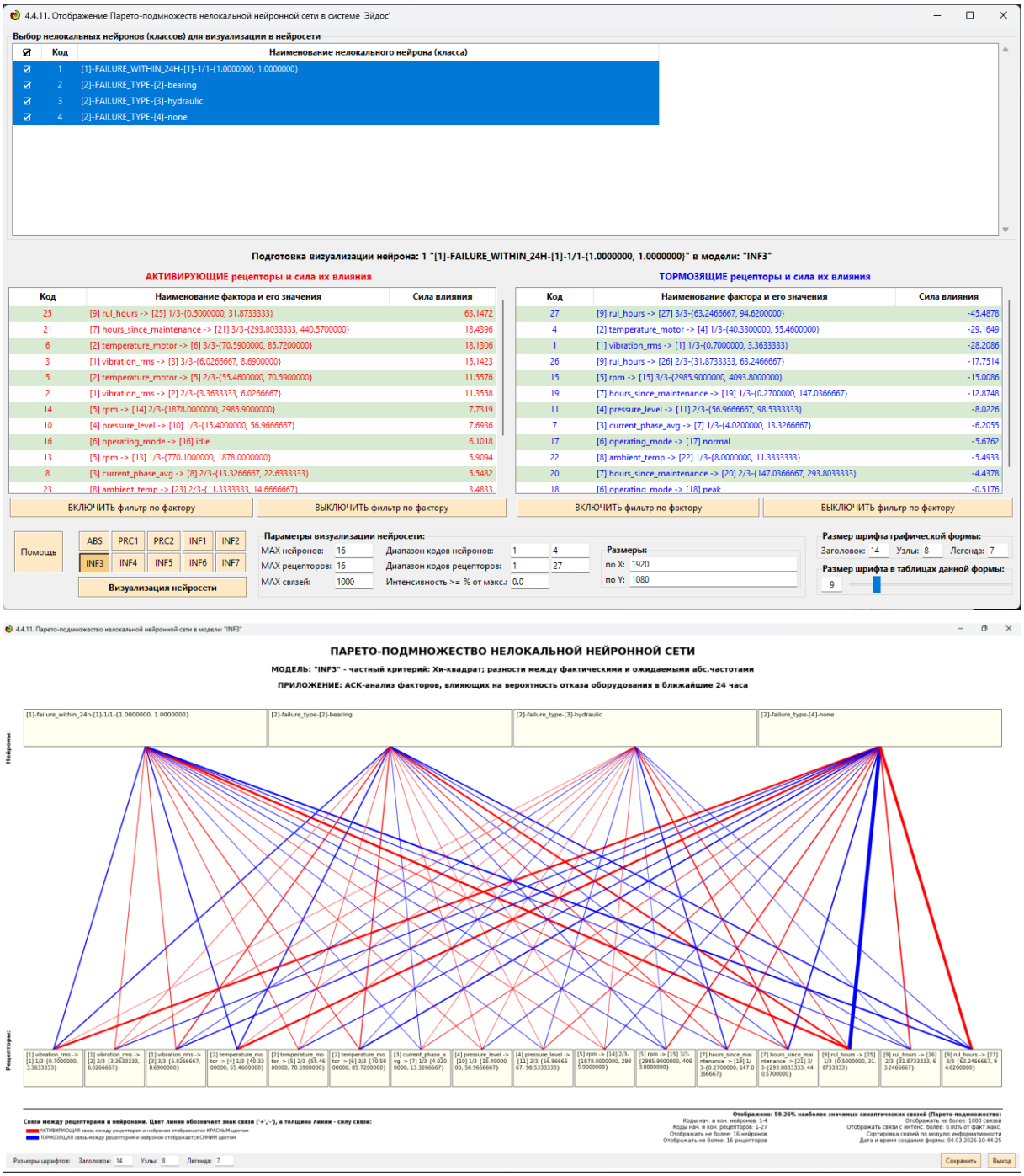


Рисунок 32. Нейронная сеть в СК-модели INF3

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 Пойа [19, 20]. Впервые об автоматизированной реализации рассуждений подобного типа в интеллектуальной системе «Эйдос» написано в 2002 году в работе [2] на странице 521[11]. Позже об этом писалось в работе [3][12] и ряде других работ автора, поэтому здесь подробнее рассматривать этот вопрос нецелесообразно.

<u>Пример опосредованных правдоподобных рассуждений.</u>

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

3.8.7.2. Конкретное решение задачи в данной работе

Примеры экранной формы управления и нескольких 2d-интегральных когнитивных карт содержательного сравнения классов по их системе детерминации приведены ниже на рисунках 34. Всего системой в данной модели генерируется 100 форм содержательного сравнения классов. Так как каждый из 10 классов сравнивается со всеми остальными, в т.ч. с собой, то всего получается 10^2=100 подобных диаграмм. На

---

[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.

рисунках 34 приводятся некоторые из этих диаграмм. Пользователь при желании всегда может скачать и установить систему «Эйдос» с сайта разработчика: http://lc.kubagro.ru/Installation_Eidos.php а затем в диспетчере приложений (режим 1.3) скачать и установить интеллектуальное облачное Эйдос-приложение №**447** и получить в нем все выходные формы, как это описано в данной статье.

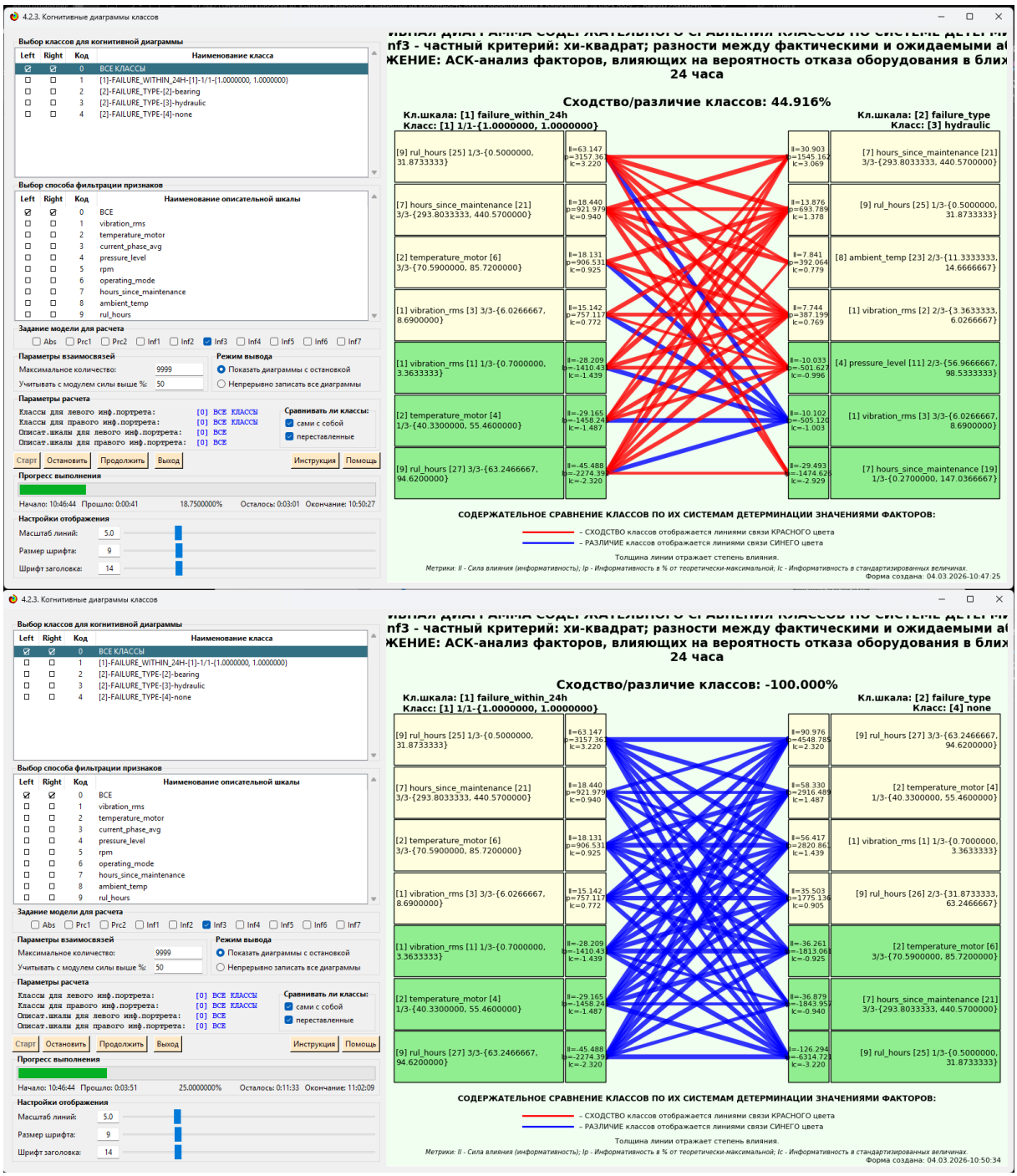


Рисунок 33. Примеры 2d-интегральных когнитивных карт содержательного сравнения классов по их системе детерминации в СК-модели INF3

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.

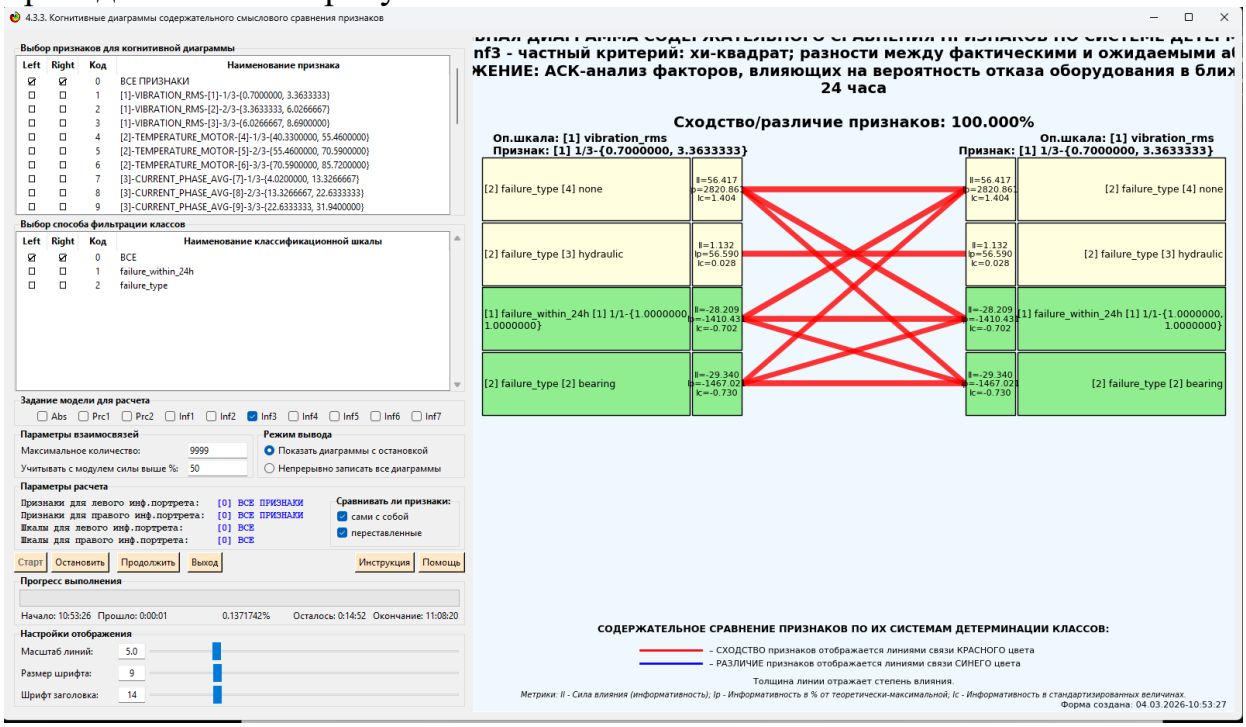
Напомним, что смысл событий, согласно концепции смысла Шенка-Абельсона, используемой в АСК-анализе, состоит в знании причин и последствий этих событий [21].

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».

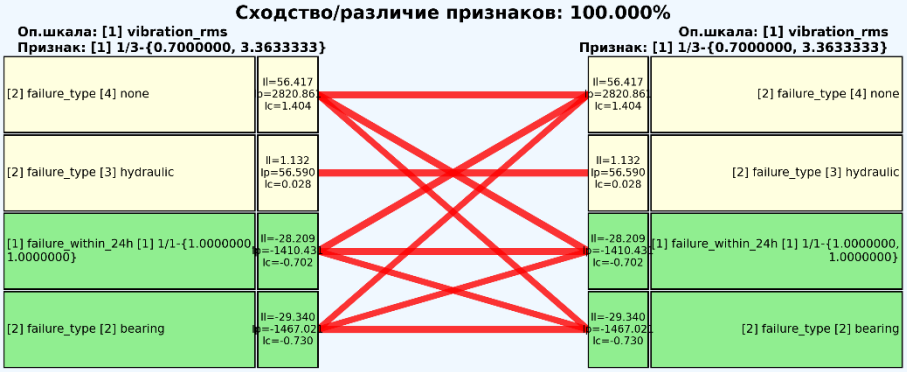
3.8.8.2. Конкретное решение задачи в данной работе

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:



КОГНИТИВНАЯ ДИАГРАММА СОДЕРЖАТЕЛЬНОГО СРАВНЕНИЯ ПРИЗНАКОВ ПО СИСТЕМЕ ДЕТЕРМИНАЦИИ
МОДЕЛЬ: 6. Inf3 - частный критерий: хи-квадрат; разности между фактическими и ожидаемыми абс.частотами
ПРИЛОЖЕНИЕ: АСК-анализ факторов, влияющих на вероятность отказа оборудования в ближайшие 24 часа

Сходство/различие признаков: 100.000%



СОДЕРЖАТЕЛЬНОЕ СРАВНЕНИЕ ПРИЗНАКОВ ПО ИХ СИСТЕМАМ ДЕТЕРМИНАЦИИ КЛАССОВ:

– СХОДСТВО признаков отображается линиями связи КРАСНОГО цвета
– РАЗЛИЧИЕ признаков отображается линиями связи СИНЕГО цвета

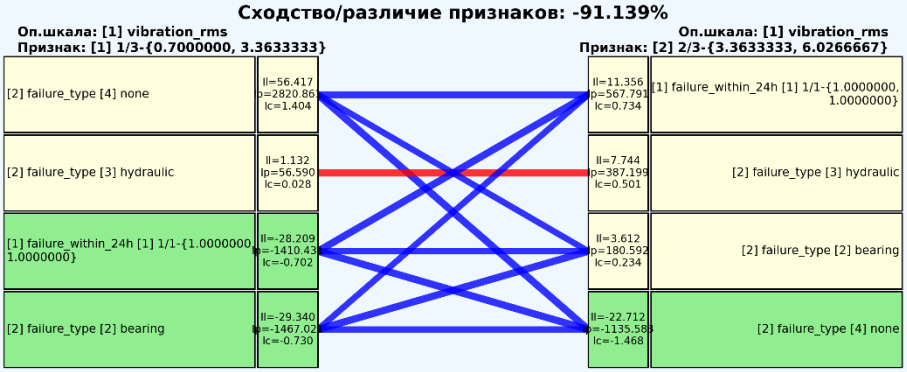
Толщина линии отражает степень влияния.

Метрики: Il - Сила влияния (информативность); Ip - Информативность в % от теоретически-максимальной; Ic - Информативность в стандартизированных величинах.

Форма создана: 04.03.2026-10:53:27

КОГНИТИВНАЯ ДИАГРАММА СОДЕРЖАТЕЛЬНОГО СРАВНЕНИЯ ПРИЗНАКОВ ПО СИСТЕМЕ ДЕТЕРМИНАЦИИ
МОДЕЛЬ: 6. Inf3 - частный критерий: хи-квадрат; разности между фактическими и ожидаемыми абс.частотами
ПРИЛОЖЕНИЕ: АСК-анализ факторов, влияющих на вероятность отказа оборудования в ближайшие 24 часа

Сходство/различие признаков: -91.139%



СОДЕРЖАТЕЛЬНОЕ СРАВНЕНИЕ ПРИЗНАКОВ ПО ИХ СИСТЕМАМ ДЕТЕРМИНАЦИИ КЛАССОВ:

– СХОДСТВО признаков отображается линиями связи КРАСНОГО цвета
– РАЗЛИЧИЕ признаков отображается линиями связи СИНЕГО цвета

Толщина линии отражает степень влияния.

Метрики: Il - Сила влияния (информативность); Ip - Информативность в % от теоретически-максимальной; Ic - Информативность в стандартизированных величинах.

Форма создана: 04.03.2026-10:54:14

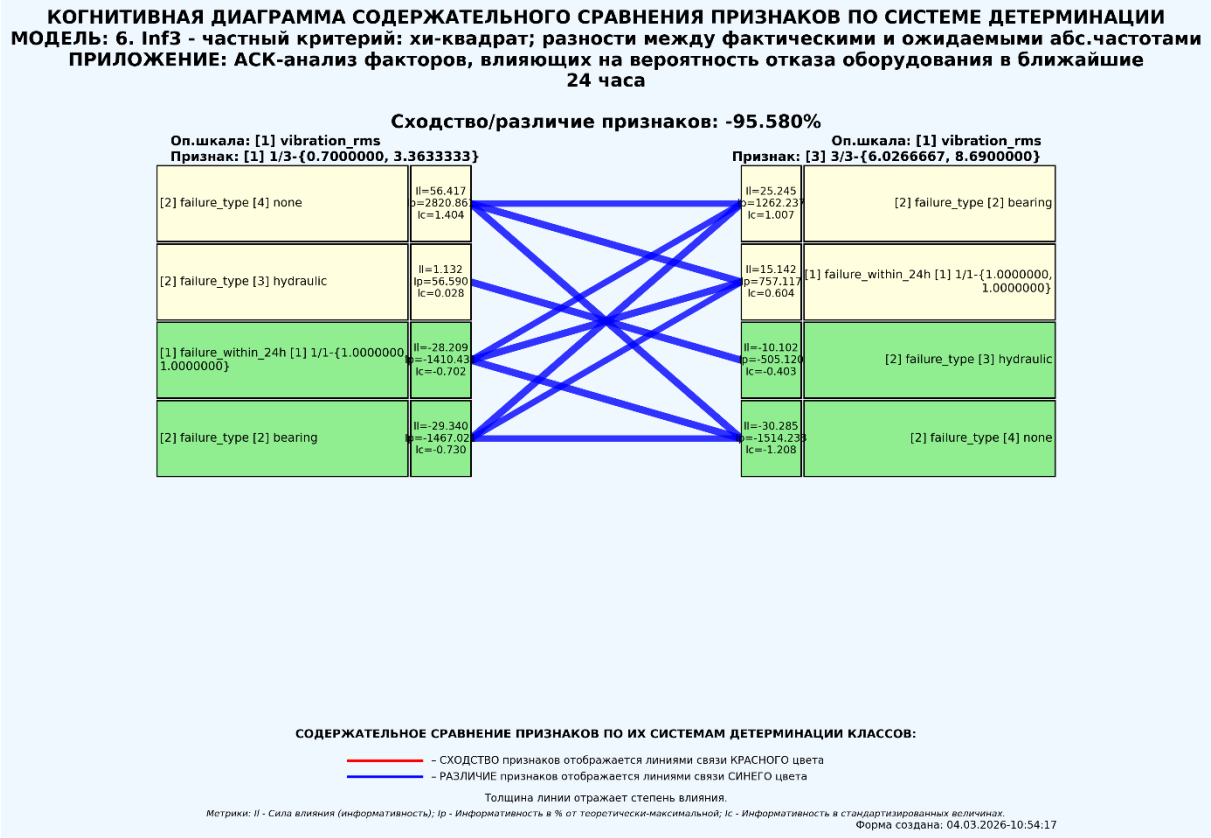


Рисунок 35. Примеры 2d-интегральных когнитивных карт содержательного сравнения значений факторов по их влиянию на переход объекта моделирования в состояния, соответствующие классам в СК-модели INF3

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 <u>все</u> значения функции, но соответствуют <u>в разной степени</u>, причем как положительной, так и отрицательной, которая отображается <u>цветом</u>***.

Когнитивные функции являются одним из наиболее мощных и наглядных средств когнитивной графики, имеющихся в системе «Эйдос», позволяющих отобразить силу и направление влияния каждого значения

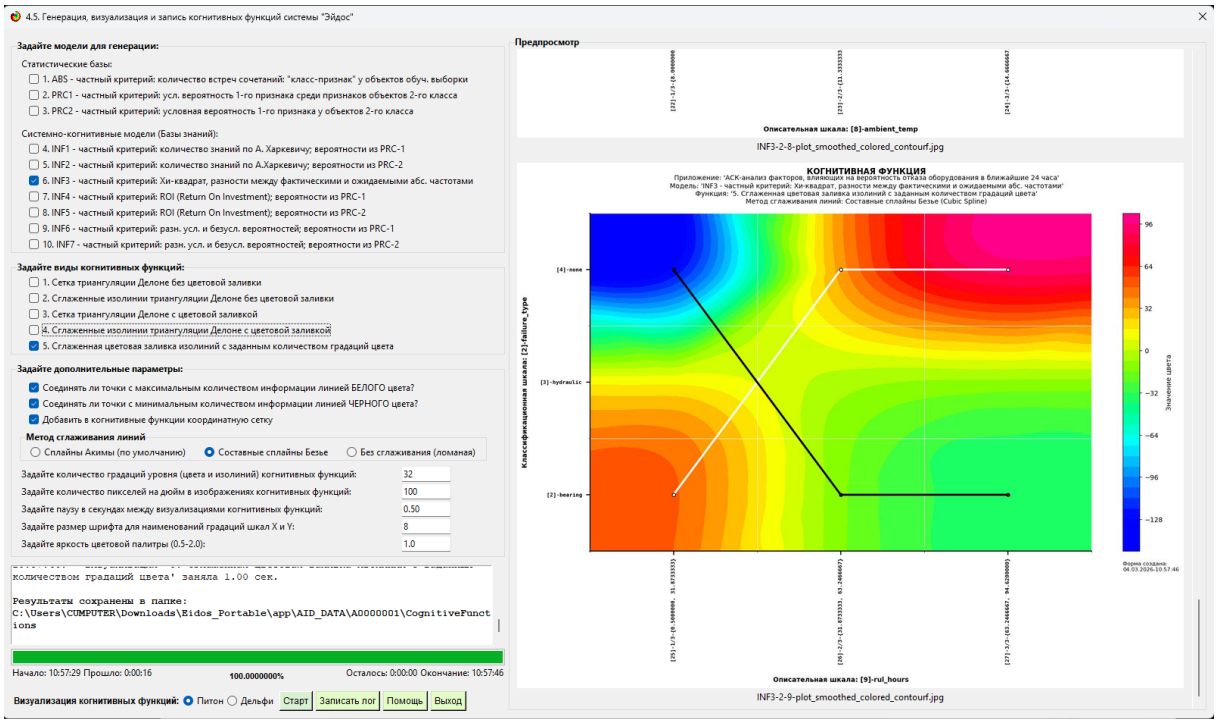
каждого фактора на переход объекта моделирования в каждое из будущих состояний, соответствующих классам.

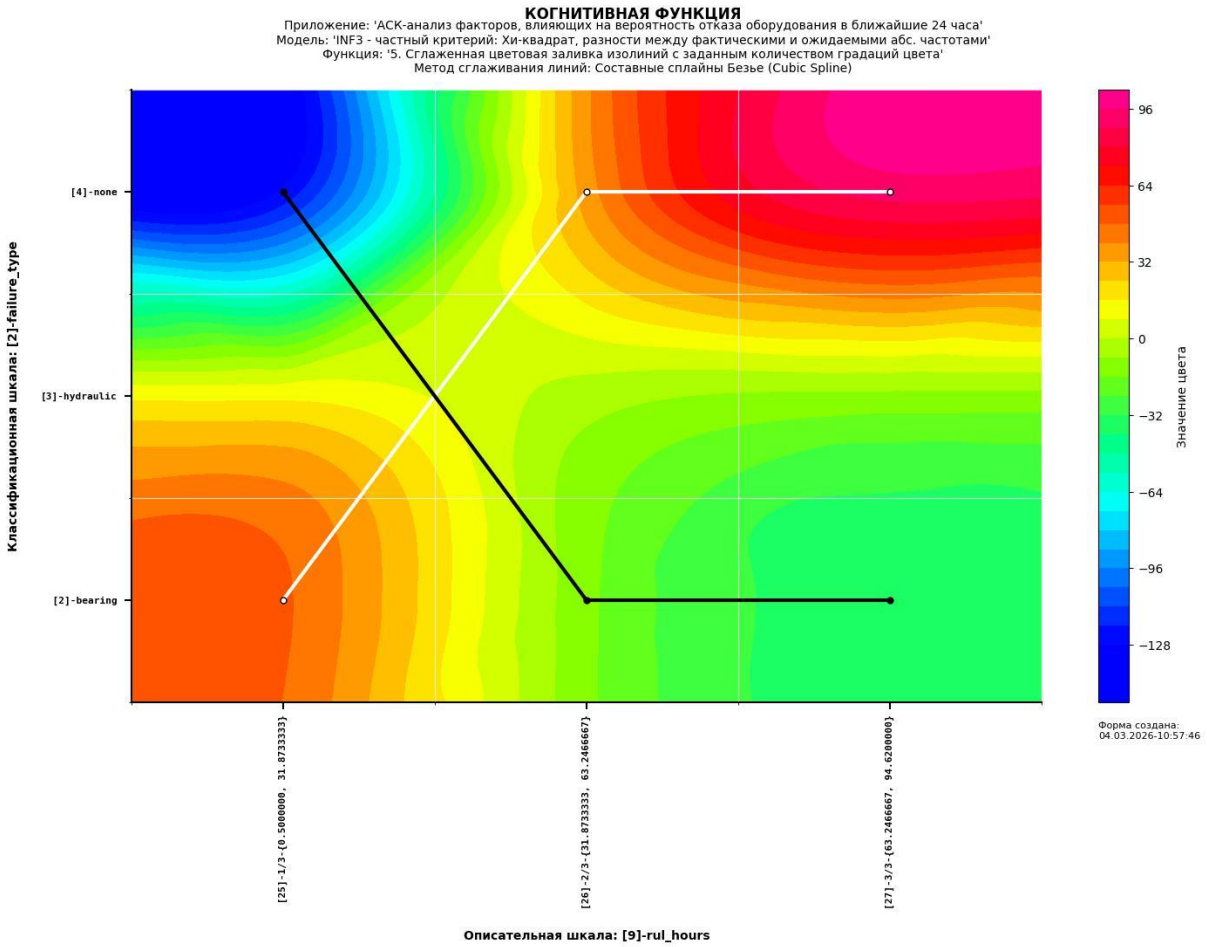
В системе «Эйдос» когнитивные функции отображаются в режиме 4.5 (рисунки 36). Первая экранная форма данного режима представляет собой краткий хелп, поясняющий смысл понятия «Когнитивная функция», а также позволяющий выйти на экранную форму системы «Эйдос» с действующими гиперссылками на работы по когнитивным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

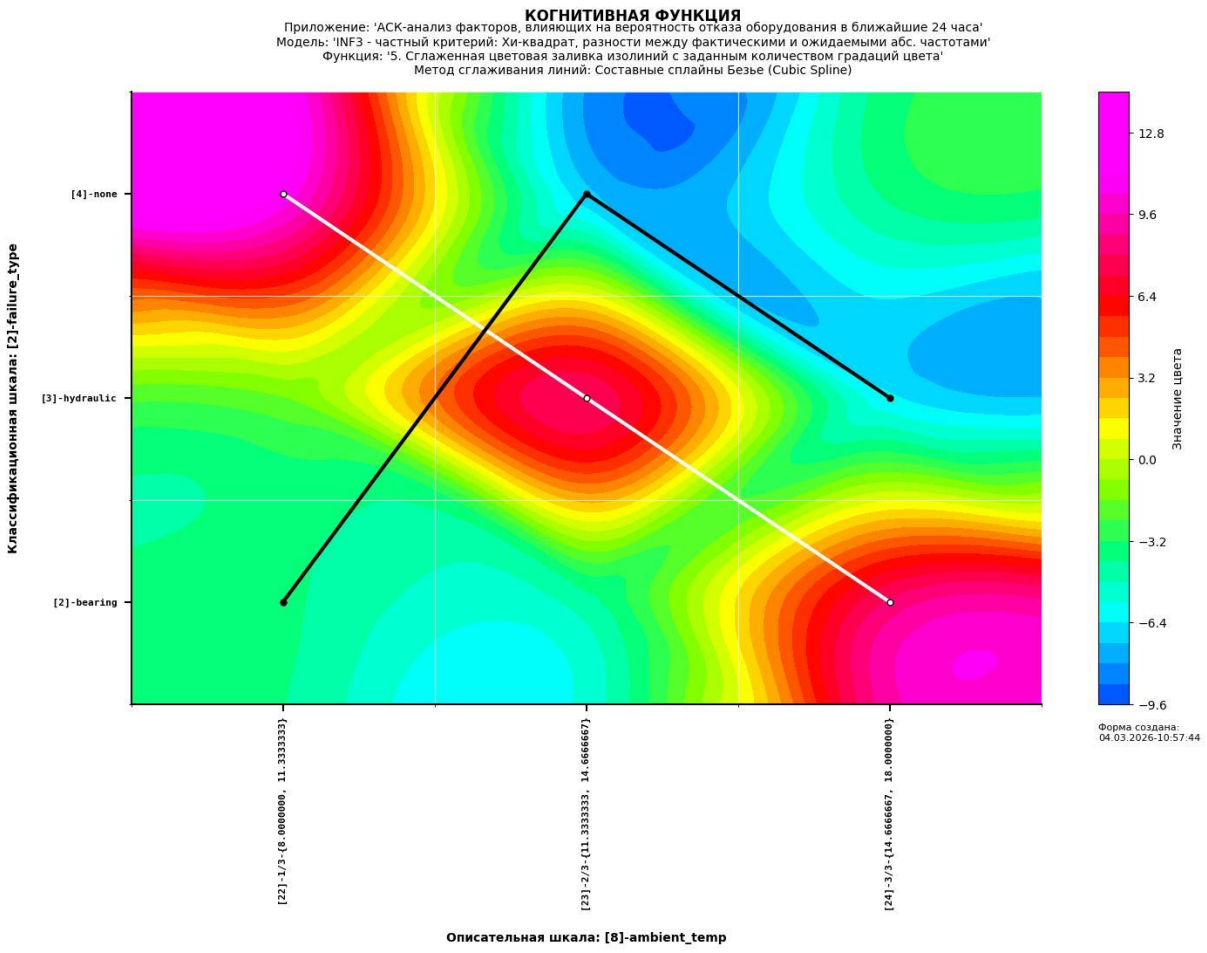
Необходимо отметить, что модели системы «Эйдос» – это ***феноменологические*** модели, отражающие ***эмпирические*** закономерности в фактах обучающей выборки, т.е. они отражают причинно-следственные связи, но не отражают ***механизма детерминации***, а только сам факт и характер детерминации [17, 23,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

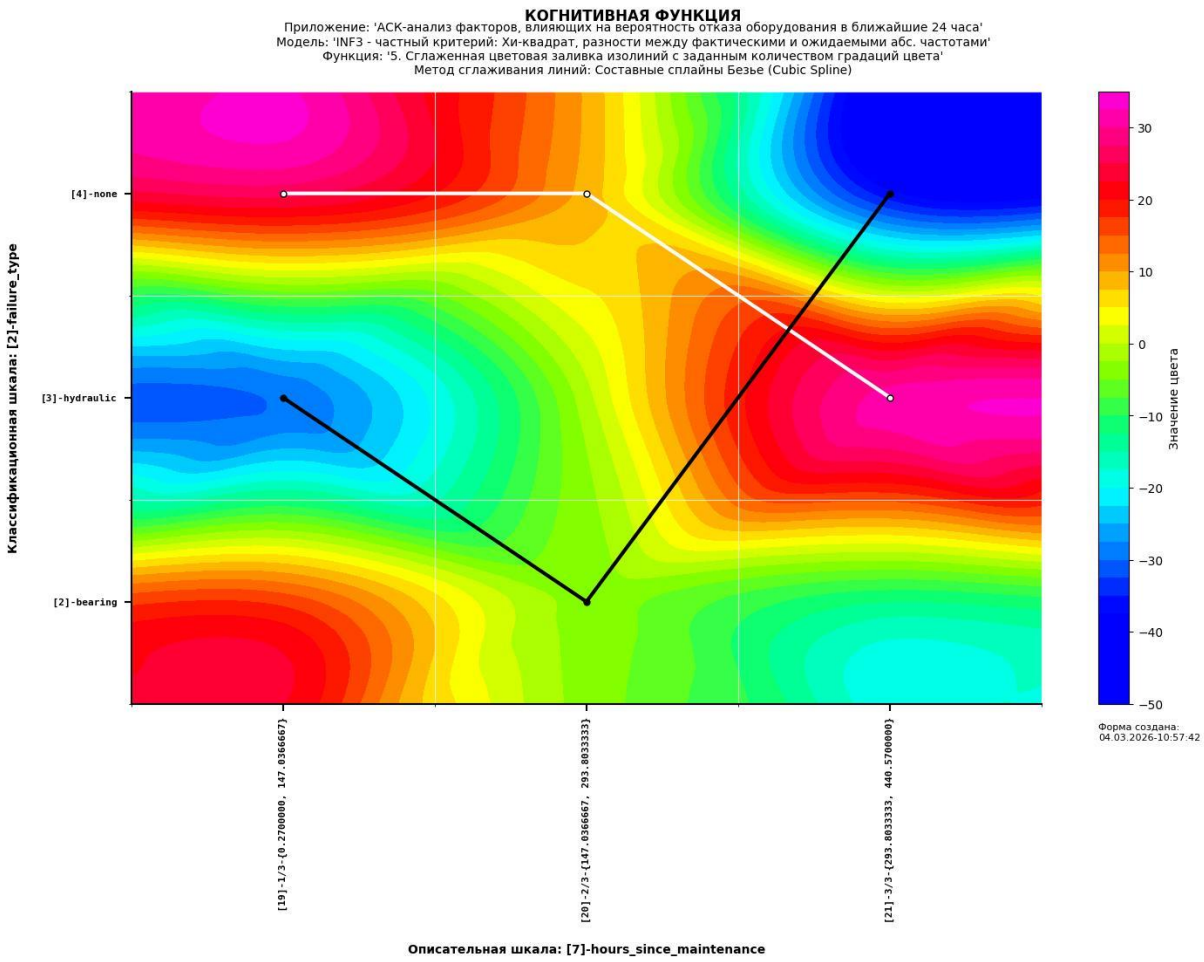
3.8.9.2. Конкретное решение задачи в данной работе

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


4.5. Генерация, визуализация и запись когнитивных функций системы "Эйдос"
Задайте модели для генерации:
Статистические базы:
1. ABS - частный критерий: количество встреч сочетаний: "класс-признак" у объектов обуч. выборки
2. PRC1 - частный критерий: усл. вероятность 1-го признака среди признаков объектов 2-го класса
3. PRC2 - частный критерий: условная вероятность 1-го признака у объектов 2-го класса
Системно-когнитивные модели (Базы знаний):
4. INF1 - частный критерий: количество знаний по А. Харкевичу; вероятности из PRC-1
5. INF2 - частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу; вероятности из PRC-2
6. INF3 - частный критерий: Хи-квадрат, разности между фактическими и ожидаемыми абс. частотами
7. INF4 - частный критерий: ROI (Return On Investment); вероятности из PRC-1
8. INF5 - частный критерий: ROI (Return On Investment); вероятности из PRC-2
9. INF6 - частный критерий: разн. усл. и безусл. вероятностей; вероятности из PRC-1
10. INF7 - частный критерий: разн. усл. и безусл. вероятностей; вероятности из PRC-2
Задайте виды когнитивных функций:
1. Сетка триангуляции Делоне без цветовой заливки
2. Сглаженные изолинии триангуляции Делоне без цветовой заливки
3. Сетка триангуляции Делоне с цветовой заливкой
4. Сглаженные изолинии триангуляции Делоне с цветовой заливкой
5. Сглаженная цветовая заливка изолиний с заданным количеством градаций цвета
Задайте дополнительные параметры:
Соединять ли точки с максимальным количеством информации линией БЕЛОГО цвета?
Соединять ли точки с минимальным количеством информации линией ЧЕРНОГО цвета?
Добавить в когнитивные функции координатную сетку
Метод сглаживания линий
Сплайны Акимы (по умолчанию)
Составные сплайны Безье
Без сглаживания (ломаная)
Задайте количество градаций уровня (цвета и изолиний) когнитивных функций: 32
Задайте количество пикселей на дюйм в изображениях когнитивных функций: 100
Задайте паузу в секундах между визуализациями когнитивных функций: 0.50
Задайте размер шрифта для наименований градаций шкал X и Y: 8
Задайте яркость цветовой палитры (0.5-2.0): 1.0
количеством градаций цвета' заняла 1.00 сек.
Результаты сохранены в папке:
C:\Users\CUMPUTER\Downloads\Eidos_Portable\app\AID_DATA\A0000001\CognitiveFunctions
Начало: 10:57:29 Прошло: 0:00:16
100.0000000%
Осталось: 0:00:00 Окончание: 10:57:46
Визуализация когнитивных функций: Питон Дельфи
Старт
Записать лог
Помощь
Выход
Предпросмотр
Описательная шкала: [8]-ambient_temp
INF3-2-8-plot_smoothed_colored_contourf.jpg
КОГНИТИВНАЯ ФУНКЦИЯ
Приложение: 'АСК-анализ факторов, влияющих на вероятность отказа оборудования в ближайшие 24 часа'
Модель: 'INF3 - частный критерий: Хи-квадрат, разности между фактическими и ожидаемыми абс. частотами'
Функция: '5. Сглаженная цветовая заливка изолиний с заданным количеством градаций цвета'
Метод сглаживания линий: Составные сплайны Безье (Cubic Spline)
Классификационная шкала: [2]-failure_type
[4]-none
[3]-hydraulic
[2]-bearing
Значение цвета
Описательная шкала: [9]-rul_hours
INF3-2-9-plot_smoothed_colored_contourf.jpg


КОГНИТИВНАЯ ФУНКЦИЯ
Приложение: 'АСК-анализ факторов, влияющих на вероятность отказа оборудования в ближайшие 24 часа'
Модель: 'INF3 - частный критерий: Хи-квадрат, разности между фактическими и ожидаемыми абс. частотами'
Функция: '5. Сглаженная цветовая заливка изолиний с заданным количеством градаций цвета'
Метод сглаживания линий: Составные сплайны Безье (Cubic Spline)
Классификационная шкала: [2]-failure_type
[4]-none
[3]-hydraulic
[2]-bearing
96
64
32
0
−32
−64
−96
−128
Значение цвета
Форма создана:
04.03.2026-10:57:46
[25]-1/3-{0.5000000, 31.8733333}
[26]-2/3-{31.8733333, 63.2466667}
[27]-3/3-{63.2466667, 94.6200000}
Описательная шкала: [9]-rul_hours


КОГНИТИВНАЯ ФУНКЦИЯ
Приложение: 'АСК-анализ факторов, влияющих на вероятность отказа оборудования в ближайшие 24 часа'
Модель: 'INF3 - частный критерий: Хи-квадрат, разности между фактическими и ожидаемыми абс. частотами'
Функция: '5. Сглаженная цветовая заливка изолиний с заданным количеством градаций цвета'
Метод сглаживания линий: Составные сплайны Безье (Cubic Spline)
Классификационная шкала: [2]-failure_type
[4]-none
[3]-hydraulic
[2]-bearing
[22]-1/3-(8.0000000, 11.3333333)
[23]-2/3-(11.3333333, 14.6666667)
[24]-3/3-(14.6666667, 18.0000000)
Описательная шкала: [8]-ambient_temp
12.8
9.6
6.4
3.2
0.0
−3.2
−6.4
−9.6
Значение цвета
Форма создана:
04.03.2026-10:57:44



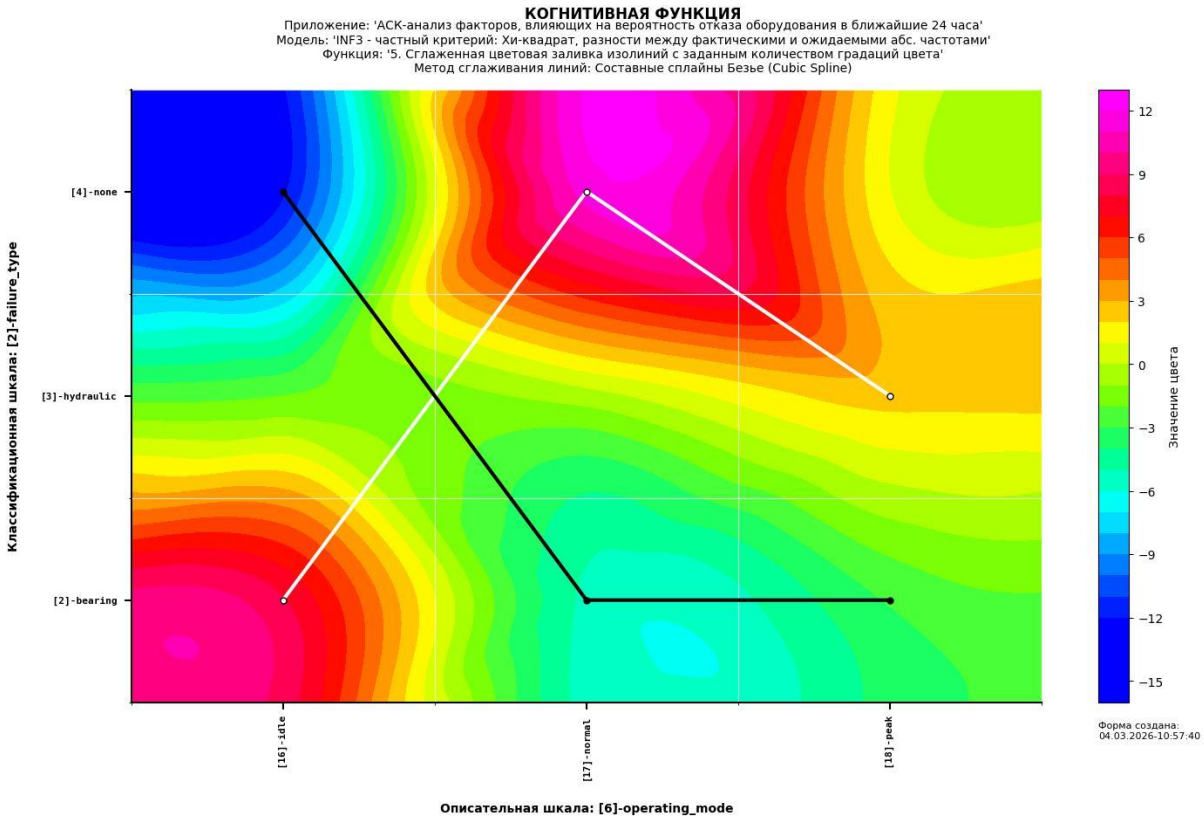


Рисунок 36. Примеры когнитивных функций в СК-модели INF3

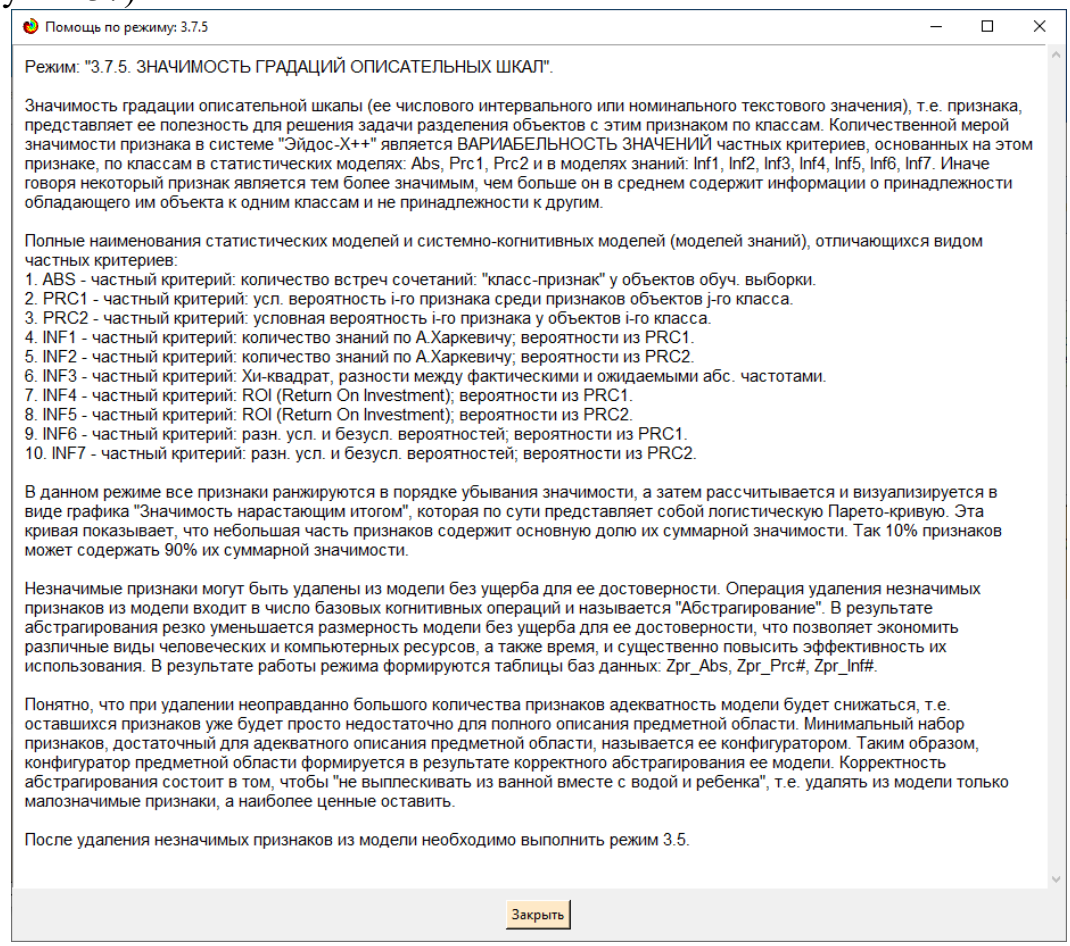
Как уже отмечалось содержательное объяснение когнитивных функций на теоретическом уровне познания – это дело специалистов в той предметной области, к которой относится предмет моделирования [24].

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):



Помощь по режиму: 3.7.5

Режим: "3.7.5. ЗНАЧИМОСТЬ ГРАДАЦИЙ ОПИСАТЕЛЬНЫХ ШКАЛ".

Значимость градации описательной шкалы (ее числового интервального или номинального текстового значения), т.е. признака, представляет ее полезность для решения задачи разделения объектов с этим признаком по классам. Количественной мерой значимости признака в системе "Эйдос-Х++" является ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ ЗНАЧЕНИЙ частных критериев, основанных на этом признаке, по классам в статистических моделях: Abs, Prc1, Prc2 и в моделях знаний: Inf1, Inf2, Inf3, Inf4, Inf5, Inf6, Inf7. Иначе говоря некоторый признак является тем более значимым, чем больше он в среднем содержит информации о принадлежности обладающего им объекта к одним классам и не принадлежности к другим.

Полные наименования статистических моделей и системно-когнитивных моделей (моделей знаний), отличающихся видом частных критериев:
1. ABS - частный критерий: количество встреч сочетаний: "класс-признак" у объектов обуч. выборки.
2. PRC1 - частный критерий: усл. вероятность i-го признака среди признаков объектов j-го класса.
3. PRC2 - частный критерий: условная вероятность i-го признака у объектов i-го класса.
4. INF1 - частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу; вероятности из PRC1.
5. INF2 - частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу; вероятности из PRC2.
6. INF3 - частный критерий: Хи-квадрат, разности между фактическими и ожидаемыми абс. частотами.
7. INF4 - частный критерий: ROI (Return On Investment); вероятности из PRC1.
8. INF5 - частный критерий: ROI (Return On Investment); вероятности из PRC2.
9. INF6 - частный критерий: разн. усл. и безусл. вероятностей; вероятности из PRC1.
10. INF7 - частный критерий: разн. усл. и безусл. вероятностей; вероятности из PRC2.

В данном режиме все признаки ранжируются в порядке убывания значимости, а затем рассчитывается и визуализируется в виде графика "Значимость нарастающим итогом", которая по сути представляет собой логистическую Парето-кривую. Эта кривая показывает, что небольшая часть признаков содержит основную долю их суммарной значимости. Так 10% признаков может содержать 90% их суммарной значимости.

Незначимые признаки могут быть удалены из модели без ущерба для ее достоверности. Операция удаления незначимых признаков из модели входит в число базовых когнитивных операций и называется "Абстрагирование". В результате абстрагирования резко уменьшается размерность модели без ущерба для ее достоверности, что позволяет экономить различные виды человеческих и компьютерных ресурсов, а также время, и существенно повысить эффективность их использования. В результате работы режима формируются таблицы баз данных: Zpr_Abs, Zpr_Prc#, Zpr_Inf#.

Понятно, что при удалении неоправданно большого количества признаков адекватность модели будет снижаться, т.е. оставшихся признаков уже будет просто недостаточно для полного описания предметной области. Минимальный набор признаков, достаточный для адекватного описания предметной области, называется ее конфигуратором. Таким образом, конфигуратор предметной области формируется в результате корректного абстрагирования ее модели. Корректность абстрагирования состоит в том, чтобы "не выплескивать из ванной вместе с водой и ребенка", т.е. удалять из модели только малозначимые признаки, а наиболее ценные оставить.

После удаления незначимых признаков из модели необходимо выполнить режим 3.5.

Закрыть

Рисунок 37. Help режима 3.7.5, поясняющий смысл значимости градаций описательных шкал

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

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

3.8.10.2. Конкретное решение задачи в данной работе

На рисунке 38 приведена Парето-кривая силы влияния значений факторов на поведение объекта моделирования в СК-модели INF3:

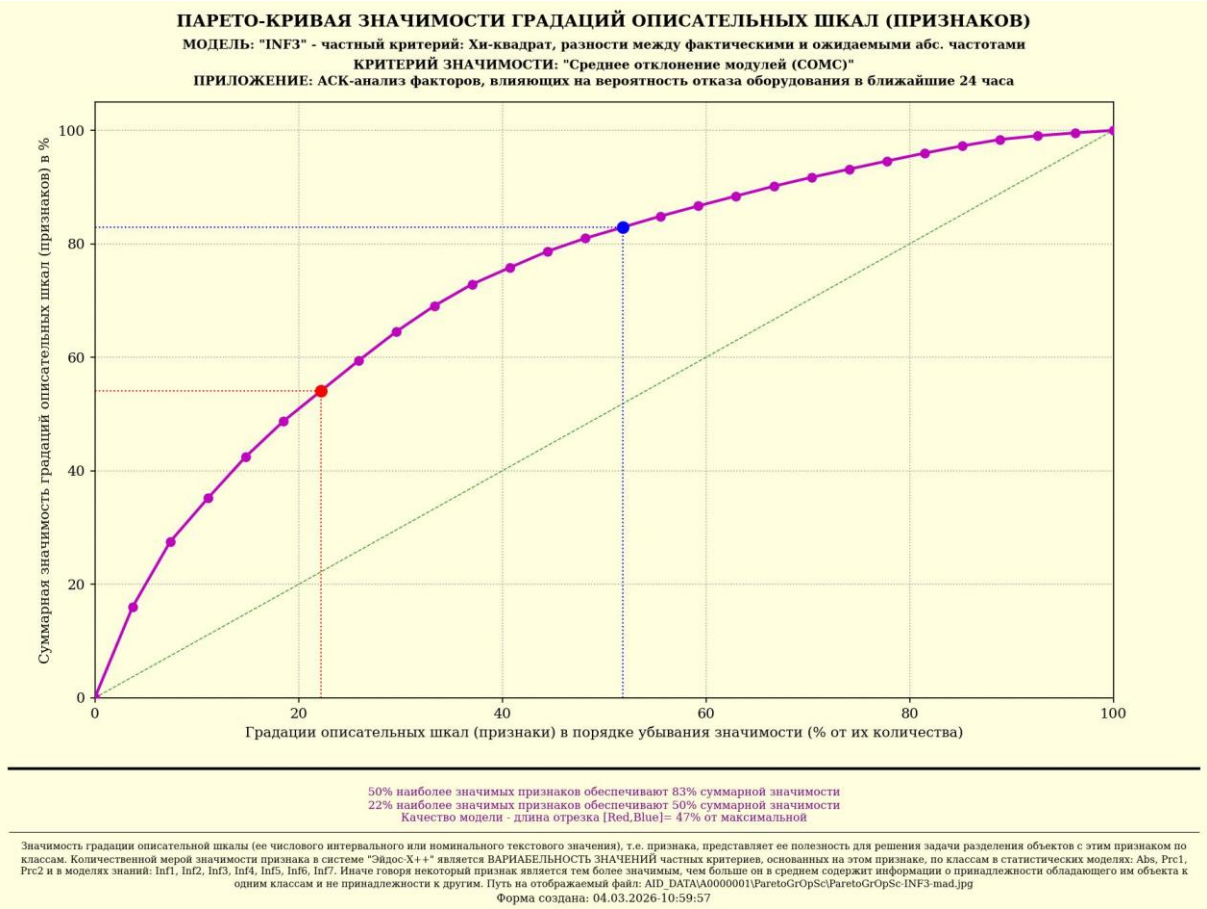


Рисунок 38. Парето-кривая силы влияния значений факторов на поведение объекта моделирования в СК-модели INF3

Из рисунка 38 видно, что 9% наиболее ценных значений факторов обеспечивает половину суммарного влияния всех значений факторов, а половина наиболее ценных значений факторов обеспечивает 76% суммарного влияния. На рисунке 39 система «Эйдос» привела рейтинг качества статистических и системно-когнитивных моделей. Кроме того на этом рисунке приведены имена Excel-файлов с информацией о силе и направлении влияния значений факторов в разных моделях.

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

суммарного влияния на переход объекта моделирования в будущие состояния, соответствующие классам, имеет каждое значение каждого фактора.

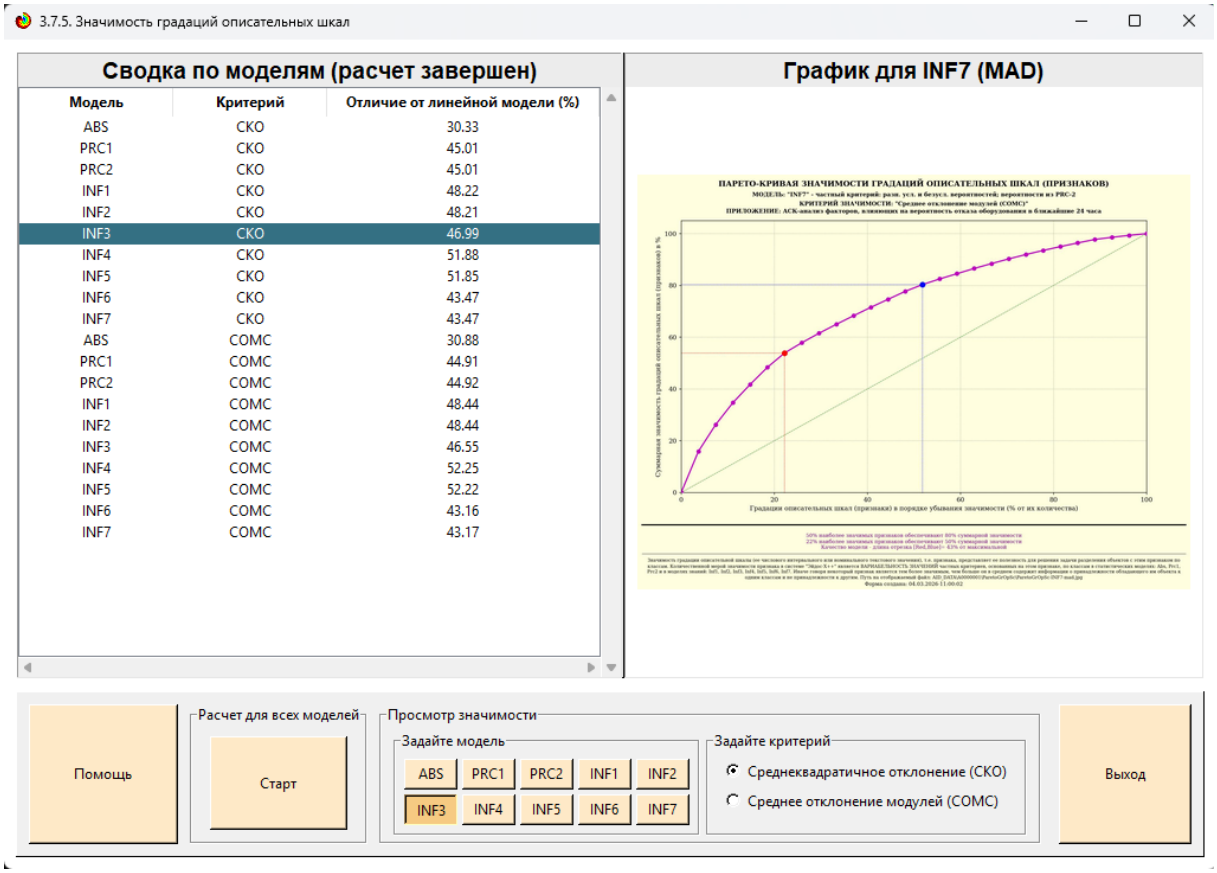


Рисунок 39. Рейтинг качества статистических и системно-когнитивных моделей

Таблица 16 – Сила влияния значений факторов на поведение объекта моделирования в СК-модели INF3 (фрагмент)

num	num_prc	kod_atr	name_atr	kod_opsc	znach_atr	zn_atrnit	znach_prc	zn_prcnit
1	3,703704	25	rul_hours - 1/3-{0.5000000, 31.8733333}	9	63,14721	63,14721	16,00919	16,00919
2	7,407407	27	rul_hours - 3/3-{63.2466667, 94.6200000}	9	45,48785	108,6351	11,53216	27,54135
3	11,11111	4	temperature_motor - 1/3-{40.3300000, 55.4600000}	2	30,19983	138,8349	7,656313	35,19766

4	14,81481	1	vibration_rms - 1/3-{0.7000000, 3.3633333}	1	28,77452	167,6094	7,294966	42,49263

Источник: c:\Aidos-X\AID_DATA\A0000001\System\Zpr_Inf3_mad.xlsx

В таблице 17 приведена информация о силе влияния факторов на переход объекта моделирования в различные будущие состояния, соответствующие классам, в системно-когнитивной модели INF3.

Таблица 17 – Сила влияния факторов на поведение объекта моделирования в системно-когнитивной модели INF3 (фрагмент)

num	num_prc	kod_atr	name_atr	kod_opsc	znach_atr	zn_atrnit	znach_prc	zn_prcnit
1	3,703704	25	rul_hours - 1/3-{0.5000000, 31.8733333}	9	86,71421	86,71421	16,42327	16,42327
2	7,407407	27	rul_hours - 3/3-{63.2466667, 94.6200000}	9	62,46077	149,175	11,82978	28,25305
3	11,11111	4	temperature_motor - 1/3-{40.3300000, 55.4600000}	2	41,76462	190,9396	7,910026	36,16308
4	14,81481	1	vibration_rms - 1/3-{0.7000000, 3.3633333}	1	40,16952	231,1091	7,607921	43,771
5	18,51852	21	hours_since_maintenance - 3/3-{293.8033333, 440.5700000}	7	30,60742	261,7165	5,796904	49,5679
6	22,22222	6	temperature_motor - 3/3-{70.5900000, 85.7200000}	2	27,40373	289,1203	5,190139	54,75804
7	25,92593	19	hours_since_maintenance - 1/3-{0.2700000, 147.0366667}	7	25,65645	314,7767	4,859213	59,61725
8	29,62963	3	vibration_rms - 3/3-{6.0266667, 8.6900000}	1	25,07194	339,8486	4,748509	64,36576
9	33,33333	26	rul_hours - 2/3-{31.8733333, 63.2466667}	9	24,37493	364,2236	4,6165	68,98226
10	37,03704	15	rpm - 3/3-{2985.9000000, 4093.8000000}	5	20,86791	385,0915	3,952285	72,93455

Источник: c:\Aidos-X\AID_DATA\A0000001\System\zpr_inf3_std.xlsx

Из таблицы 17 видно, что примерно 29,5% суммарного влияния на поведение объекта моделирования обусловлено фактором времени (timestamp) и еще различные градации этого фактора в совокупности обеспечивают накопление влияния. При этом первые 10 наиболее значимых градаций фактора времени (строки 1-10) обеспечивают около 14,8% суммарного влияния, а первые 20 градаций (строки 1-20) – около 29,5% суммарного влияния.

Таким образом, можно сделать вывод, что фактор времени регистрации показаний оборудования оказывает существенное влияние на вероятность отказа, причем отдельные временные метки (пиковые часы нагрузки, моменты после запуска оборудования) вносят наибольший вклад в прогнозирование отказов. Накопление влияния происходит постепенно, что свидетельствует о равномерном распределении значимости различных временных интервалов в процессе деградации оборудования.

3.8.11. Степень детерминированности классов и классификационных шкал

3.8.11.1. Универсальная постановка задачи, не зависящая от предметной области

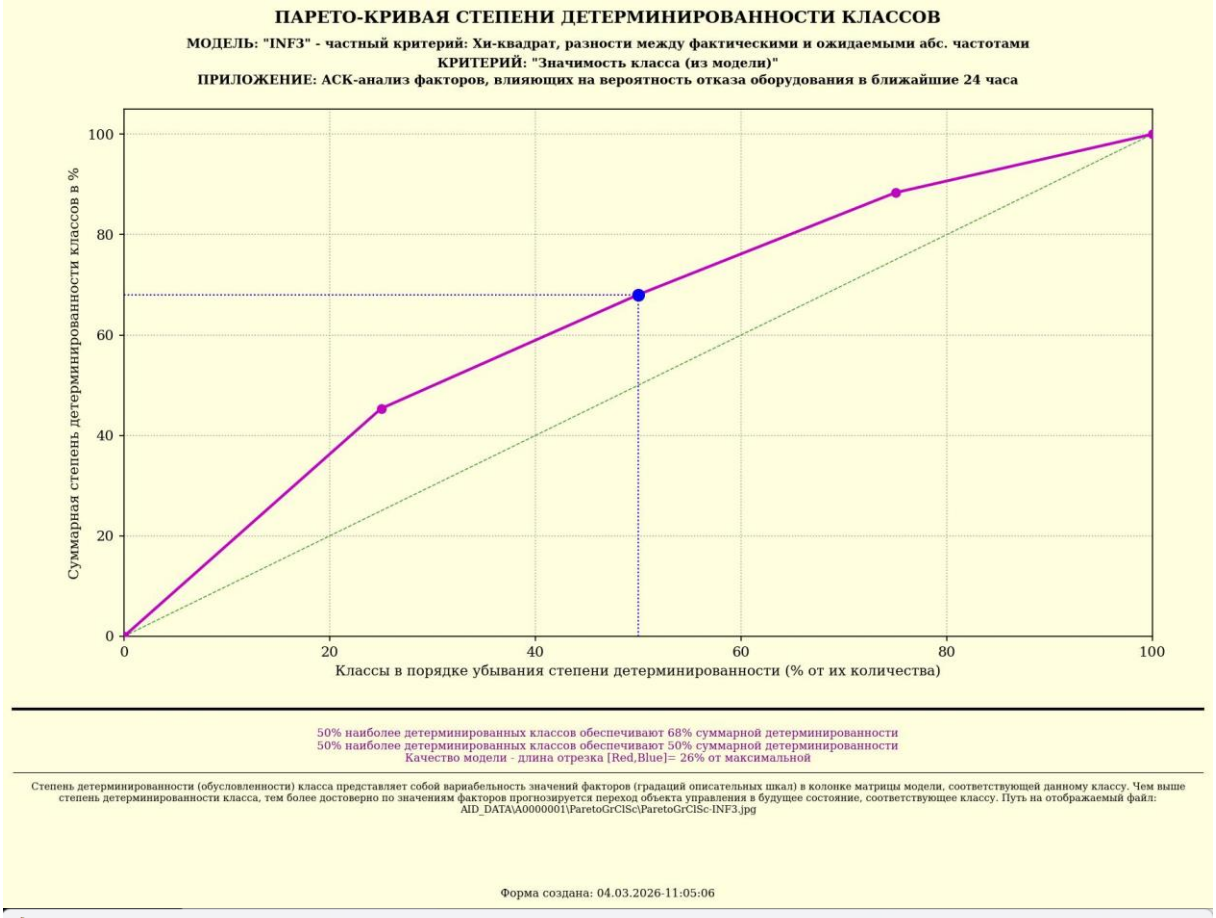
Степень детерминированности (обусловленности) класса в системе «Эйдос» количественно оценивается ***степенью вариабельности значений факторов*** (градаций описательных шкал) в колонке матрицы модели, соответствующей данному классу (режим 3.7.3 системы «Эйдос»).

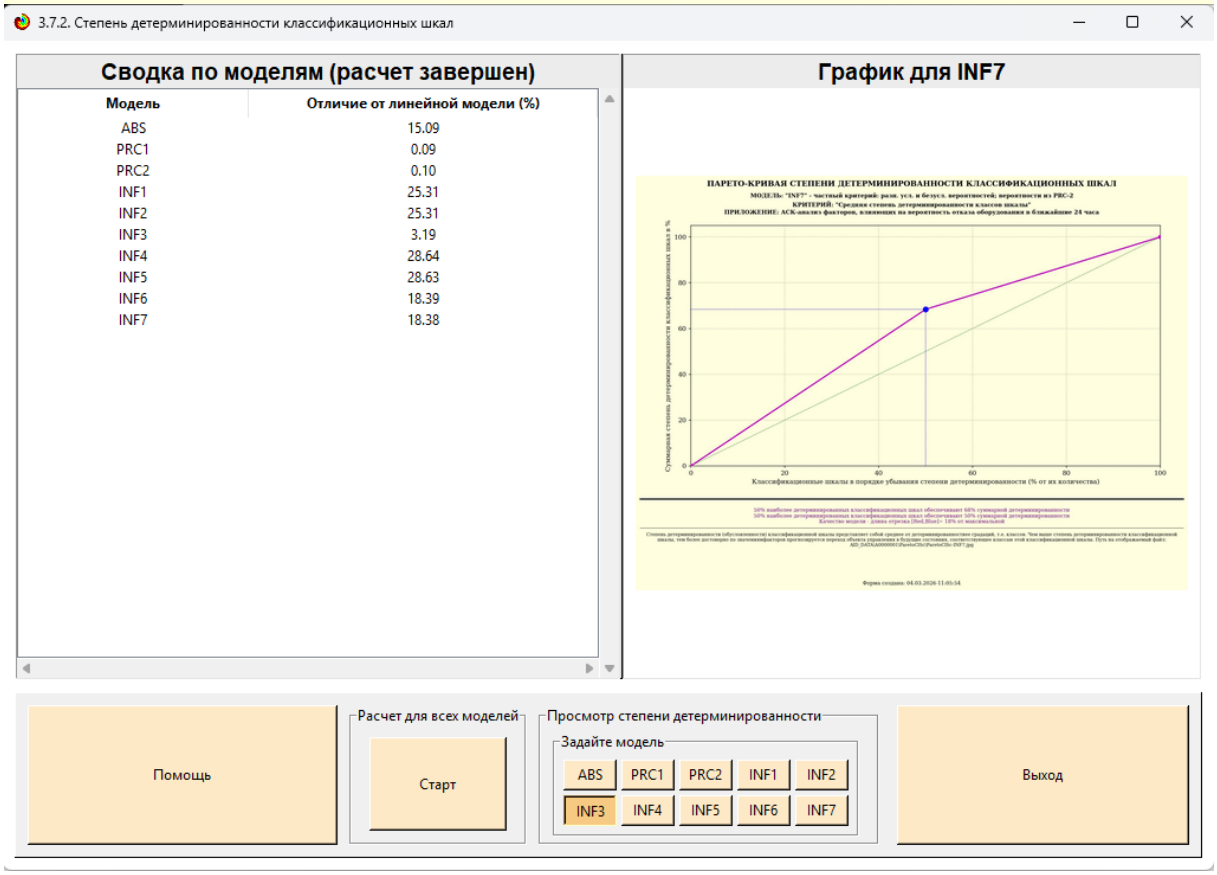
Чем выше степень детерминированности класса, тем более достоверно он прогнозируется по значениям факторов.

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 40 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:


ПАРЕТО-КРИВАЯ СТЕПЕНИ ДЕТЕРМИНИРОВАННОСТИ КЛАССОВ
МОДЕЛЬ: "INF3" - частный критерий: Хи-квадрат, разности между фактическими и ожидаемыми абс. частотами
КРИТЕРИЙ: "Значимость класса (из модели)"
ПРИЛОЖЕНИЕ: АСК-анализ факторов, влияющих на вероятность отказа оборудования в ближайшие 24 часа
Суммарная степень детерминированности классов в %
Классы в порядке убывания степени детерминированности (% от их количества)
0
20
40
60
80
100
50% наиболее детерминированных классов обеспечивают 68% суммарной детерминированности
50% наиболее детерминированных классов обеспечивают 50% суммарной детерминированности
Качество модели - длина отрезка [Red,Blue]= 26% от максимальной
Степень детерминированности (обусловленности) класса представляет собой вариабельность значений факторов (градаций описательных шкал) в колонке матрицы модели, соответствующей данному классу. Чем выше степень детерминированности класса, тем более достоверно по значениям факторов прогнозируется переход объекта управления в будущее состояние, соответствующее классу. Путь на отображаемый файл:
AID_DATA\A0000001\ParetoGrClSc\ParetoGrClSc-INF3.jpg
Форма создана: 04.03.2026-11:05:06


3.7.2. Степень детерминированности классификационных шкал
Сводка по моделям (расчет завершен)
Модель | Отличие от линейной модели (%)
ABS 15.09
PRC1 0.09
PRC2 0.10
INF1 25.31
INF2 25.31
INF3 3.19
INF4 28.64
INF5 28.63
INF6 18.39
INF7 18.38
График для INF7
Помощь
Расчет для всех моделей
Старт
Просмотр степени детерминированности
Задайте модель
ABS PRC1 PRC2 INF1 INF2
INF3 INF4 INF5 INF6 INF7
Выход

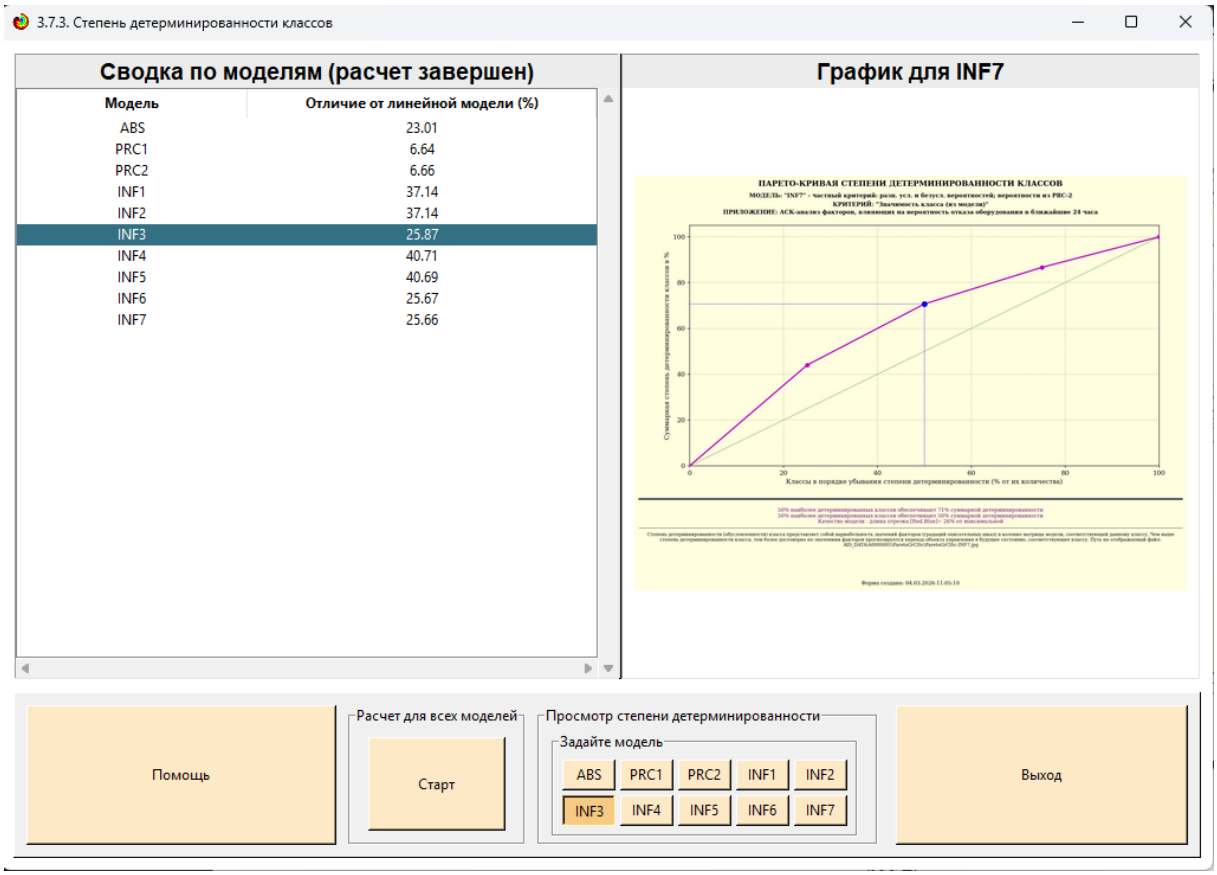


Рисунок 40. Экранные формы режимов 3.7.2 и 3.7.3 системы «Эйдос»

В таблице 18 представлены исходные данные для построения кумулятивной кривой на рисунке 40.

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

Например, класс гидравлического отказа (hydraulic) является наиболее детерминированным и обеспечивает 46,17% суммарной степени детерминированности, а класс отсутствия отказа (none) дает еще 38,75%, что в сумме для двух классов (50% от всех классов) составляет примерно 84,92% степени детерминированности.

Три наиболее жестко детерминированных класса (75% от всех классов) суммарно обеспечивают 95,11% степени детерминированности, и лишь оставшиеся 4,89% приходятся на четвертый класс – отказ в ближайшие 24 часа (failure_within_24h).

Таким образом, 50% наиболее жестко детерминированных классов (первые два класса) суммарно обеспечивают примерно 84,92% степени детерминированности, а 50% суммарной детерминированности

обеспечивают всего 37% наиболее жестко детерминированных классов (фактически один класс – гидравлический отказ).

Таблица 18 – Степень детерминированности классов в СК-модели INF4

num	num_prc	kod_cls	name_cls	kod_clsc	znach_cls	zn_clsnit	znach_prc	zn_prcnit
1	25	4	[2]-FAILURE_TYPE-[4]-none	2	39,21778	39,21778	45,35824	45,35824
2	50	1	[1]-FAILURE_WITHIN_24H-[1]-1/1-{1.0000000, 1.0000000}	1	19,60889	58,82667	22,67912	68,03735
3	75	2	[2]-FAILURE_TYPE-[2]-bearing	2	17,56507	76,39175	20,31529	88,35264
4	100	3	[2]-FAILURE_TYPE-[3]-hydraulic	2	10,07057	86,46232	11,64736	100

Источник: c:\Aidos-X\AID_DATA\A0000001\System\Zkl_INF3.xlsx

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

Степень детерминированности классификационных шкал представлена в таблицах, наименования которых приведены на третьем рисунке 40. Но поскольку в данном приложении одна классификационная шкала, то рейтинг шкал по силе детерминированности состоит из одной шкалы и поэтому эти таблицы здесь не приводятся.

4. DISCUSSION (ОБСУЖДЕНИЕ)

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

Анализ полученных результатов, проведенный в данной работе, полностью согласуется с результатами работы [25], на исходных данных которой они основаны. С другой стороны применение АСК-анализа и системы «Эйдос» весьма существенно расширяет возможности решения задач прогнозирования, принятия решений и исследования моделируемой предметной области, по сравнению с методами, применяемыми в

работе [25]. Поэтому есть все основания рекомендовать применение АСК-анализа и системы «Эйдос» для проведения дальнейших углубленных исследований.

Достижением данной работы является:

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

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

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

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

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

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

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

Для этого надо скачать систему с сайта разработчика по ссылке на странице: http://lc.kubagro.ru/Installation_Eidos.php, а затем в диспетчере приложений (режим 1.3) установить интеллектуальное облачное Эйдос-приложение №**447**. 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)

Анализ результатов численного эксперимента показывает, что решение, разработанное и реализованное в системе «Эйдос», является достаточно эффективным. Это позволяет с уверенностью заявить, что цель работы достигнута, а поставленная задача решена. В ходе работы с

использованием системы «Эйдос» были созданы статистические и системно-когнитивные модели.

Также было изучено влияние различных факторов на вероятность отказа промышленного оборудования. На этой основе были успешно решены задачи идентификации, классификации и анализа моделируемой предметной области через исследование ее модели. В работе приводится 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 OOSCAB.

2. Луценко, Е. В. Автоматизированный системно-когнитивный анализ в управлении активными объектами : (системная теория информации и ее применение в исследовании экономических, социально-психологических, технологических и организационно-технических систем) / Е. В. Луценко. – Краснодар : Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2002. – 605 с. – ISBN 5-94672-020-1. – EDN OCZFHC.

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

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

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

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

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

8. Луценко, Е. В. Метризация измерительных шкал различных типов и совместная сопоставимая количественная обработка разнородных факторов в системно-когнитивном анализе и системе "Эйдос" / Е. В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2013. – № 92. – С. 61-71. – EDN RNEGHR.

9. Луценко, Е. В. Инвариантное относительно объемов данных нечеткое мультиклассовое обобщение F-меры достоверности моделей Ван Ризбергена в АСК-анализе и системе "Эйдос" / Е. В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2017. – № 126. – С. 1-32. – DOI 10.21515/1990-4665-126-001. – EDN XXXBDV.

10. Луценко, Е. В. Количественный автоматизированный SWOT- и PEST-анализ средствами АСК-анализа и интеллектуальной системы "Эйдос-Х++" / Е. В. Луценко //

Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2014. – № 101. – С. 1367-1409. – EDN SZVWRV.

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

12. Орлов, А. И. Анализ данных, информации и знаний в системной нечеткой интервальной математике / А. И. Орлов, Е. В. Луценко. – Краснодар : Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина, 2022. – 405 с. – ISBN 978-5-907550-62-9. – DOI 10.13140/RG.2.2.15688.44802. – EDN OQULUW.

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

14. Луценко, Е. В. Системное обобщение принципа Эшби и повышение уровня системности модели объекта познания как необходимое условие адекватности процесса его познания / Е. В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2020. – № 163. – С. 100-134. – DOI 10.21515/1990-4665-163-009. – EDN 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° 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° по когнитивным функциям: http://lc.kubagro.ru/aidos/Works_on_cognitive_functions.htm

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

24. Луценко, Е. В. Проблемы и перспективы теории и методологии научного познания и автоматизированный системно-когнитивный анализ как автоматизированный метод научного познания, обеспечивающий содержательное феноменологическое моделирование / Е. В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2017. – № 127. – С. 1-60. – DOI 10.21515/1990-4665-127-001. – EDN YLZTMX.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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