

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет
имени И. Т. Трубилина»

Анализ удовлетворенности клиентов авиакомпанией

Выполнила: студент группы ПИ2201, Терземан С.Р.
Руководитель: проф. Луценко Е. В.

Краснодар, 2026

СОДЕРЖАНИЕ

1. INTRODUCTION (ВВЕДЕНИЕ)5

1.1. ОПИСАНИЕ ИССЛЕДУЕМОЙ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ5

1.2. ОБЪЕКТ И ПРЕДМЕТ ИССЛЕДОВАНИЯ6

1.3. ПРОБЛЕМА, РЕШАЕМАЯ В РАБОТЕ И ЕЕ АКТУАЛЬНОСТЬ6

1.4. ЦЕЛЬ РАБОТЫ6

2. METHODS (МЕТОДЫ)7

2.1. ОБОСНОВАНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К МЕТОДУ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ7

2.2. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР МЕТОДОВ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ, ИХ ХАРАКТЕРИСТИКА И ОЦЕНКА
СТЕПЕНИ СООТВЕТСТВИЯ ОБОСНОВАННЫМ ТРЕБОВАНИЯМ7

2.3. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ СИСТЕМНО-КОГНИТИВНЫЙ АНАЛИЗ (АСК-АНАЛИЗ) КАК МЕТОД
РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ7

2.4. СИСТЕМА «ЭЙДОС» – ИНСТРУМЕНТАРИЙ АСК-АНАЛИЗА9

2.5. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ16

3. RESULTS (РЕЗУЛЬТАТЫ)19

3.1. Задача-1. КОГНИТИВНАЯ СТРУКТУРИЗАЦИЯ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ. ДВЕ
ИНТЕРПРЕТАЦИИ КЛАССИФИКАЦИОННЫХ И ОПИСАТЕЛЬНЫХ ШКАЛ И ГРАДАЦИЙ19

19

20

3.2. Задача-2. ФОРМАЛИЗАЦИЯ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ21

21

21

3.3. Задача-3. СИНТЕЗ СТАТИСТИЧЕСКИХ И СИСТЕМНО-КОГНИТИВНЫХ МОДЕЛЕЙ.
МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ТИПИЗАЦИЯ И ЧАСТНЫЕ КРИТЕРИИ ЗНАНИЙ29

29

37

3.4. Задача-4. ВЕРИФИКАЦИЯ МОДЕЛЕЙ42

42

43

3.5. Задача-5. ВЫБОР НАИБОЛЕЕ ДОСТОВЕРНОЙ МОДЕЛИ46

46

46

3.6. Задача-6. СИСТЕМНАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ47

47

48

49

50

51

3.7. Задача-7. Поддержка принятия решений54

54

54

55

*3.7.2. Развитый алгоритм принятия решений в адаптивных интеллектуальных системах управления на основе АСК-анализа и системы «Эйдос»*57

57

60

3.8. Задача-8. Исследование объекта моделирования путем исследования его модели61

61

61

61

63

63

63

68

68

68

72

72

73

74

74

74

74

75

76

76

76

79

79

79

80

80

81

83

83

84

87

87

87

4. DISCUSSION (ОБСУЖДЕНИЕ)89

5. CONCLUSIONS (ВЫВОДЫ)90

REFERENCES (ЛИТЕРАТУРА)91

1. INTRODUCTION (ВВЕДЕНИЕ)

1.1. Описание исследуемой предметной области

Данная работа является продолжением серии работ автора по применению Автоматизированного системно-когнитивного анализа (АСК-анализ) для исследования влияния различных факторов на эмерджентные свойства систем в целом [1-4].

Социально-педагогические системы, к которым относится образовательный процесс, имеют высокий уровень сложности и многофакторности. В качестве объекта исследования правильно рассматривать не студента изолированно, а студента в контексте его цифровой, социальной и образовательной среды.

В условиях повсеместной цифровизации образования и роста использования электронных устройств важно обеспечить сохранение и повышение академической успеваемости студентов. Однако этому могут препятствовать факторы, связанные с чрезмерным временем, проводимым за экранами цифровых устройств (смартфонов, компьютеров, планшетов).

Устойчивость академической успеваемости к негативному влиянию цифровых нагрузок является ярко-выраженным эмерджентным (системным) свойством студента, зависящим от многих факторов, в частности от режима использования цифровых устройств, типа контента, времени суток и индивидуальных психофизиологических особенностей.

В ряде научных работ исследователями в области педагогики и психологии [25] обосновывается перспективность использования методов количественной оценки экранного времени для выявления закономерностей его влияния на когнитивные функции и учебные результаты. Для анализа эмпирических данных в этих работах использованы традиционные статистические методы.

Эти исследования показали, что контроль и оптимизация времени, проводимого студентами за экраном, способствуют сохранению концентрации внимания и повышению эффективности обучения, хотя различные группы студентов реагируют на цифровые нагрузки по-разному.

В данной статье для анализа эмпирических данных в области педагогических исследований предлагается использовать Автоматизированный системно-когнитивный анализ (АСК-анализ) и его программный инструментарий – интеллектуальную систему «Эйдос». Приводится подробный численный пример. Этот пример содержит много разнообразных наглядных табличных и графических выходных форм и может использоваться для обучения применению АСК-анализа и системы «Эйдос» для научных исследований в области образования, для выработки практических рекомендаций по организации цифрового обучения и обоснования научных положений о механизмах действия причинно-следственных связей в данной предметной области.

1.2. Объект и предмет исследования

Объект исследования (моделирования) – клиент авиакомпании в процессе взаимодействия с сервисами авиаперевозки.

Предмет исследования – выявление причинно-следственных зависимостей уровня удовлетворенности клиентов авиакомпанией (измеряемого бинарной переменной *satisfaction*) от комплекса факторов качества обслуживания, включающего: комфорт кресла (*Seat comfort*), удобство времени вылета и прилета (*Departure/Arrival time convenient*), качество еды и напитков (*Food and drink*), расположение выхода на посадку (*Gate location*), наличие и качество Wi-Fi на борту (*Inflight wifi service*), бортовые развлечения (*Inflight entertainment*), доступность онлайн-поддержки (*Online support*), удобство онлайн-бронирования (*Ease of Online booking*), качество обслуживания на борту (*On-board service*), пространство для ног (*Leg room service*), обработку багажа (*Baggage handling*), работу службы регистрации (*Checkin service*), чистоту салона (*Cleanliness*), онлайн-посадку (*Online boarding*), типа путешествия (*Type of Travel*), класса обслуживания (*Class*), дальности перелета (*Flight Distance*), задержки вылета и прилета (*Departure Delay in Minutes*, *Arrival Delay in Minutes*), демографических характеристик (*Gender*, *Age*) и типа клиента (*Customer Type* – лояльный / нелояльный).

1.3. Проблема, решаемая в работе и ее актуальность

Спецификой данной задачи является то, что независимые переменные (факторы, влияющие на объект моделирования), имеют очень низкую степень формализации, т.к. формализуются в виде *лингвистических* (категориальных) переменных. При этом зависимая переменная измеряется в числовой шкале.

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

Решение в данной работе проблемы сопоставимости при выявлении причинно-следственных зависимостей устойчивости академической успеваемости студентов к цифровым нагрузкам от времени и структуры экранной активности, делает данную работу актуальной.

1.4. Цель работы

Целью работы является решение поставленной проблемы.

Достижение поставленной цели обеспечивается решением ряда *задач* и подзадач, которые являются *этапами* достижения цели. Конкретная формулировка этих задач зависит от метода решения проблемы, поэтому

обоснованно мы сформулируем их в конце раздела, т.е. после обоснованного выбора метода решения проблемы и его краткого описания.

2. METHODS (МЕТОДЫ)

2.1. Обоснование требований к методу решения проблемы

Из специфики поставленной проблемы сопоставимости обработки в одной модели исходных, представленных в разных типах шкал числовых и текстовых (лингвистических) и в разных единицах измерения, вытекают следующие **требования** к методу решения проблемы:

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

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

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

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

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

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

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

Сам термин: «Автоматизированный системно-когнитивный анализ (АСК-анализ)» был предложен проф.Е.В.Луценко в 2001 году. На тот

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

момент этот термин вообще не встречался в Internet. Сегодня по соответствующему запросу в Гугле находится около 23000 сайтов с этим сочетанием слов².

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

АСК-анализ включает:

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

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

Три монографии включены в фонды библиотеки конгресса США⁴.

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

Автор является основателем междисциплинарной научной школы: «Автоматизированный системно-когнитивный анализ»⁵. Научная школа:

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

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>

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

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

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](#),

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

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/ZCKZRKvrlEMBWOOk8>, <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-X++» отличается от большинства из этих систем, по крайней мере, некоторыми из следующих своих параметров:

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

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

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

- имеет «нулевой порог входа»:

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

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

- является «интерпретатором интеллектуальных моделей», т.е. с одной стороны является инструментальной оболочкой, позволяющей без какого-либо программирования создавать интеллектуальные приложения на основе [конфигуратора статистических и системно-когнитивных моделей](#), а с другой стороны является run-time системой или средой исполнения, обеспечивающей эксплуатацию этих интеллектуальных приложений в адаптивном режиме.

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

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



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

- наиболее трудоемкие в вычислительном отношении операции синтеза моделей и распознавания реализует с помощью графического процессора (GPU), что на некоторых задачах обеспечивает ускорение

решение этих задач в несколько тысяч раз, что реально обеспечивает интеллектуальную обработку больших данных, большой информации и больших знаний (графический процессор должен быть на чипсете NVIDIA, т.е. поддерживать язык OpenGL);

- обеспечивает преобразование исходных эмпирических данных в информацию, а ее в знания и решение с использованием этих знаний задач идентификации, прогнозирования, поддержки принятия решений и исследования предметной области путем исследования ее системно-когнитивной модели, генерируя при этом очень большое количество табличных и графических выходных форм (развития когнитивная графика), у многих из которых нет никаких аналогов в других системах (примеры форм можно посмотреть в работе: http://lc.kubagro.ru/aidos/aidos18_LLS/aidos18_LLS.pdf);

- хорошо имитирует человеческий стиль мышления и является инструментом познания: дает результаты анализа, понятные экспертам на основе их опыта, интуиции и профессиональной компетенции, если эти эксперты уже есть, а если их еще нет, то она все равно дает верные результаты познания, что будет признано будущими экспертами, когда они появятся;

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

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

В этом и слабость этого подхода, реализованного в системе Эйдос. Модели системы Эйдос - это феноменологические модели, отражающие эмпирические закономерности в фактах обучающей выборки, т.е. они не отражают причинно-следственного механизма детерминации, а только сам факт и характер детерминации. Содержательное объяснение этих

эмпирических закономерностей формулируется уже экспертами на теоретическом уровне познания в содержательных научных законах.

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

В разработке системы «Эйдос» были следующие этапы:

1-й этап, «подготовительный»: 1979-1992 годы. Математическая модель системы "Эйдос" разработана в 1979 и впервые прошла экспериментальную апробацию в 1981 году (первый расчет на компьютере на основе модели). С 1981 по 1992 система "Эйдос" неоднократно реализовалась на платформе Wang (на компьютерах Wang-2200C). В 1987 году впервые получен [акт внедрения](#) на одну из ранних версий системы «Эйдос», реализованную в среде персональной технологической системы «Вега-М» разработки автора (см.2-й акт).

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

3-й этап, «эра MS Windows xp, 8, 7»: 2012-2020 годы. С июня 2012 по 14.12.2020 система «Эйдос» развивалась на языке [Аляска-1.9](#) + [Экспресс++](#) + библиотека для работы с Internet xb2net. Система «Эйдос-X1.9» хорошо работала на всех версиях MS Windows кроме Windows-10, которая требовала специальной настройки. Наиболее трудоемкие в вычислительном отношении операции синтеза моделей и распознавания реализует с помощью графического процессора (GPU), что на некоторых задачах обеспечивает ускорение решение этих задач в несколько тысяч раз, что реально обеспечивает интеллектуальную обработку больших данных, большой информации и больших знаний (графический процессор должен быть на чипсете NVIDIA).

4-й этап, «эра MS Windows-10»: 2020-2021 годы. С 13.12.2020 года по настоящее время система «Эйдос» развивается на языке [Аляска-2.0](#) + [Экспресс++](#). Библиотека xb2net в ней больше не используется, т.к. все возможности работы с Internet входят в [базовые возможности языка программирования](#).

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

обеспечивающей обработку больших данных, информации и знаний (Big Data, Big Information, Big Knowledge).

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

[Скачать и запустить систему «Эйдос-X++» \(самую новую на текущий момент версию\) или обновление системы до текущей версии.](#) Это наиболее полная на данный момент незащищенная от несанкционированного копирования портативная (portable) версия системы (не требующая инсталляции) с полными [исходными текстами](#) текущей версии (за исключением ключей доступа к ftp-серверу системы «Эйдос» и ключей лицензионного программного обеспечения), находящаяся в полном открытом бесплатном доступе (около 180 Мб). Обновление имеет объем около 10 Мб. [Кредо](#). Лаборатория в [ResearchGate](#) по АСК-анализу и системе «Эйдос».

[Задание-инструкция для учащихся по разработке собственного интеллектуального облачного Эйдос-приложения](#)⁷

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



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

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

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

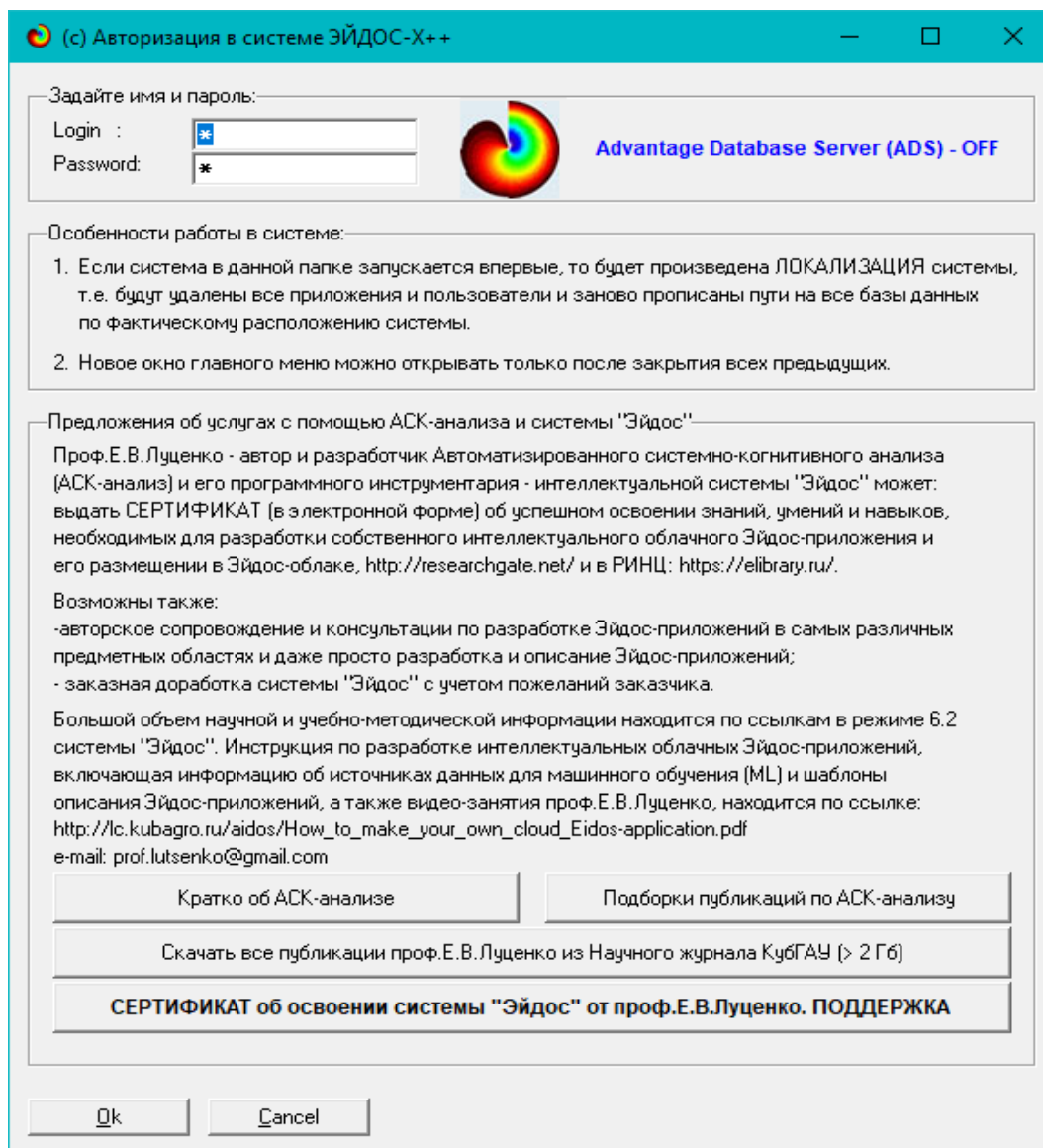


Рисунок 2. Титульные видеogramмы текущей версии системы «Эйдос»

2.5. Цель и задачи работы

Целью работы является решение поставленной проблемы.

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

Задача-1. Когнитивная структуризация предметной области.

Задача-2. Формализация предметной области.

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

Многопараметрическая типизация и частные критерии знаний.

Задача-4. Верификация моделей.

Задача-5. Выбор наиболее достоверной модели.

Задача-6. Системная идентификация и прогнозирование.

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

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

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

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

8.2) кластерно-конструктивный анализ классов;

8.3) кластерно-конструктивный анализ значений описательных шкал;

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

8.5) нелокальная нейронная сеть;

8.6) 3d-интегральные когнитивные карты;

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

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

8.9) когнитивные функции;

8.10) значимость описательных шкал и их градаций;

8.11) степень детерминированности классов и классификационных шкал).

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

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

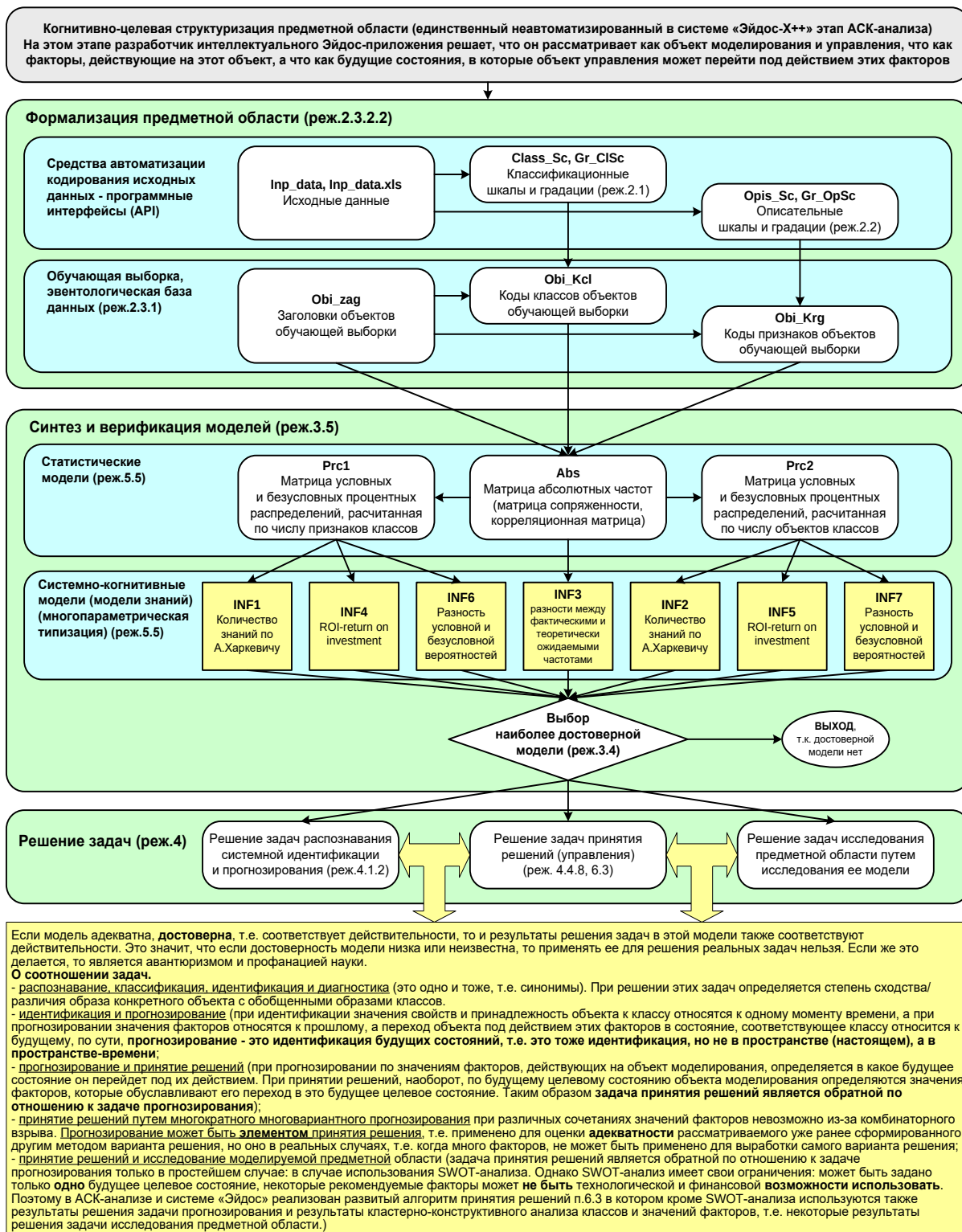


Рисунок 3. Последовательность преобразования исходных данных в информацию, а ее в знания и применения этих знаний для решения различных задач в системе «Эйдос» (этапы АСК-анализа)

3. RESULTS (РЕЗУЛЬТАТЫ)

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

3.1.1. Универсальная постановка задачи, не зависящая от предметной области

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

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

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

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

Статичная интерпретация и терминология:

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

Динамичная интерпретация и терминология:

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

Обобщающая терминология:

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

3.1.2. Конкретное решение задачи в данной работе

В данной работе в качестве объекта моделирования выступает студент, в качестве факторов: возраст, пол, ежедневное экранное время, время в социальных сетях, время онлайн-обучения, время игр, продолжительность сна, процент посещаемости, время офлайн-подготовки (таблица 1), а в качестве результатов действия этих факторов: предыдущий и текущий семестровый CGPA как показатели академической успеваемости (таблица 2):

Таблица 1 – Описательные шкалы (факторы)

KOD_OPSC	NAME_OPSC
1	Пол (Gender)
2	Тип клиента (Customer Type)
3	Возраст (Age)
4	Тип путешествия (Type of Travel)
5	Класс обслуживания (Class)
6	Дальность перелета (Flight Distance)
7	Комфорт кресла (Seat comfort)
8	Удобство времени вылета/прилета (Departure/Arrival time convenient)
9	Еда и напитки (Food and drink)
10	Расположение выхода на посадку (Gate location)
11	Wi-Fi на борту (Inflight wifi service)
12	Бортовые развлечения (Inflight entertainment)
13	Онлайн-поддержка (Online support)
14	Удобство онлайн-бронирования (Ease of Online booking)
15	Обслуживание на борту (On-board service)
16	Пространство для ног (Leg room service)
17	Обработка багажа (Baggage handling)
18	Работа регистрации (Checkin service)
19	Чистота салона (Cleanliness)
20	Онлайн-посадка (Online boarding)
21	Задержка вылета, мин (Departure Delay in Minutes)
22	Задержка прилета, мин (Arrival Delay in Minutes)

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

Таблица 2 – Классификационные шкалы (результаты действия факторов)

KOD_CLSC	NAME_CLSC
1	Уровень удовлетворенности (satisfaction)

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.

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

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

3.2. Задача-2. Формализация предметной области

3.2.1. Универсальная постановка задачи, не зависящая от предметной области

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

В системе «Эйдос» имеется большое количество разнообразных автоматизированных программных интерфейсов (API), обеспечивающих ввод в систему внешних данных различных типов: текстовых, табличных и графических, а также других, которые могут быть представлены в этом виде, например аудио или данные электроэнцефалограммы (ЭЦГ) или кардиограммы (ЭКГ).

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

3.2.2. Конкретное решение задачи в данной работе

В качестве источника исходных данных в данной работе используем адаптированный датасет, содержащий информацию о факторах авиационного сервиса и уровне удовлетворенности клиентов авиакомпании.

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

Таблица 1 – Excel-таблица исходных данных в стандарте системы «Эйдос»

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X
id	satisfaction	Gender	Customer Type	Age	Type of Travel	Class	Flight Distance	Seat comfort	Departure/Arrival time convenient	Food and drink	Gate location	Inflight staff service	Inflight entertainment	Online support	Ease of Online booking	On-board service	Leg room service	Baggage handling	Checkin service	Cleanliness	Online boarding	Departure Delay in Minutes	Arrival Delay in Minutes
0	satisfied	Female	Loyal Cust	65	Personal Travel	Eco	265	0	0	0	2	2	4	2	3	3	0	3	5	3	2	0	0
1	satisfied	Male	Loyal Cust	47	Personal Travel	Business	2464	0	0	0	3	0	2	2	3	4	4	4	2	3	2	310	305
2	satisfied	Female	Loyal Cust	35	Personal Travel	Eco	2138	0	0	0	3	2	0	2	2	3	3	4	4	4	2	0	0
3	satisfied	Female	Loyal Cust	60	Personal Travel	Eco	623	0	0	0	3	3	4	3	1	1	0	1	4	1	3	0	0
4	satisfied	Female	Loyal Cust	70	Personal Travel	Eco	354	0	0	0	3	4	3	4	2	2	0	2	4	2	5	0	0
5	satisfied	Male	Loyal Cust	30	Personal Travel	Eco	1894	0	0	0	3	2	0	2	2	5	4	5	5	4	2	0	0
6	satisfied	Female	Loyal Cust	66	Personal Travel	Eco	227	0	0	0	3	2	5	5	5	5	0	5	5	5	3	17	35
7	satisfied	Male	Loyal Cust	30	Personal Travel	Eco	1812	0	0	0	3	2	0	2	2	3	3	4	5	4	2	0	0
8	satisfied	Female	Loyal Cust	56	Personal Travel	Business	73	0	0	0	3	5	3	5	4	4	0	1	5	4	4	0	0
9	satisfied	Male	Loyal Cust	22	Personal Travel	Eco	1556	0	0	0	3	2	0	2	2	2	4	5	3	4	2	30	26
10	satisfied	Female	Loyal Cust	58	Personal Travel	Eco	104	0	0	0	3	3	3	3	3	3	0	1	2	3	5	47	48
11	satisfied	Female	Loyal Cust	34	Personal Travel	Eco	3633	0	0	0	4	2	0	2	2	3	2	5	2	5	2	0	0
12	satisfied	Male	Loyal Cust	62	Personal Travel	Eco	1695	0	0	0	4	5	0	5	5	1	3	2	2	4	5	0	0
13	satisfied	Male	Loyal Cust	35	Personal Travel	Eco	1766	0	1	0	1	4	0	4	4	3	5	2	3	2	4	0	0
14	satisfied	Female	Loyal Cust	47	Personal Travel	Eco	84	0	1	0	1	5	2	1	5	5	0	5	2	5	2	40	48
15	satisfied	Male	Loyal Cust	60	Personal Travel	Eco	1373	0	1	0	1	1	0	1	1	3	4	1	4	2	1	0	0
16	satisfied	Female	Loyal Cust	35	Personal Travel	Eco	3693	0	1	0	2	4	0	4	4	4	4	1	5	1	4	5	0
17	satisfied	Female	Loyal Cust	52	Personal Travel	Business	2610	0	1	0	2	1	2	2	1	1	0	1	2	1	3	0	0
18	satisfied	Female	Loyal Cust	55	Personal Travel	Eco	2554	0	1	0	2	0	1	1	2	1	1	2	1	3	1	0	0
19	satisfied	Female	Loyal Cust	28	Personal Travel	Eco	3095	0	1	0	2	3	0	3	3	2	5	2	3	2	3	0	0
20	satisfied	Female	Loyal Cust	9	Personal Travel	Eco	3305	0	1	0	2	3	0	5	3	1	1	1	3	3	3	0	0
21	satisfied	Female	Loyal Cust	10	Personal Travel	Eco	2090	0	1	0	2	1	0	1	1	3	5	1	4	2	1	0	0

Таблица 4 имеет следующую структуру:

— каждая строка описывает одного клиента авиакомпании с определенным сочетанием значений факторов авиационного сервиса и определенным уровнем удовлетворенности, всего 129 879 наблюдений;

— каждое наблюдение описывается одновременно двумя способами: с одной стороны значениями факторов, действующих на объект моделирования (числовые переменные, градации описательных шкал, бесцветный фон в таблице 4), а с другой стороны результатом действия этих факторов, т.е. уровнем удовлетворенности клиента (satisfaction) выраженным в бинарной шкале (желтый фон). Такая структура описания наблюдений в технологиях искусственного интеллекта называется «онтологией» и в соответствии с моделью представлений знаний Марвина Мински (1975) называется «фрейм-экземпляр»;

— 1-я колонка – не является шкалой и содержит идентификатор записи (id) или другую идентифицирующую информацию о том, откуда взято описание этого наблюдения;

— колонка 2 – это классификационные шкалы – это шкалы строкового типа, описывающие результаты действия факторов (уровень удовлетворенности). 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]. 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 24-ю – это описательные шкалы, формализующие факторы, действующие на объект моделирования: пол, тип клиента, возраст, тип путешествия, класс обслуживания, дальность перелета, комфорт кресла, удобство времени вылета и прилета, качество еды и напитков, расположение выхода на посадку, наличие и качество Wi-Fi на борту, качество бортовых развлечений, доступность онлайн-поддержки, удобство онлайн-бронирования, качество обслуживания на борту, пространство для

ног, обработка багажа, работа службы регистрации, чистота салона, удобство онлайн-посадки, задержка вылета (мин), задержка прилета (мин). 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).

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

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

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

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

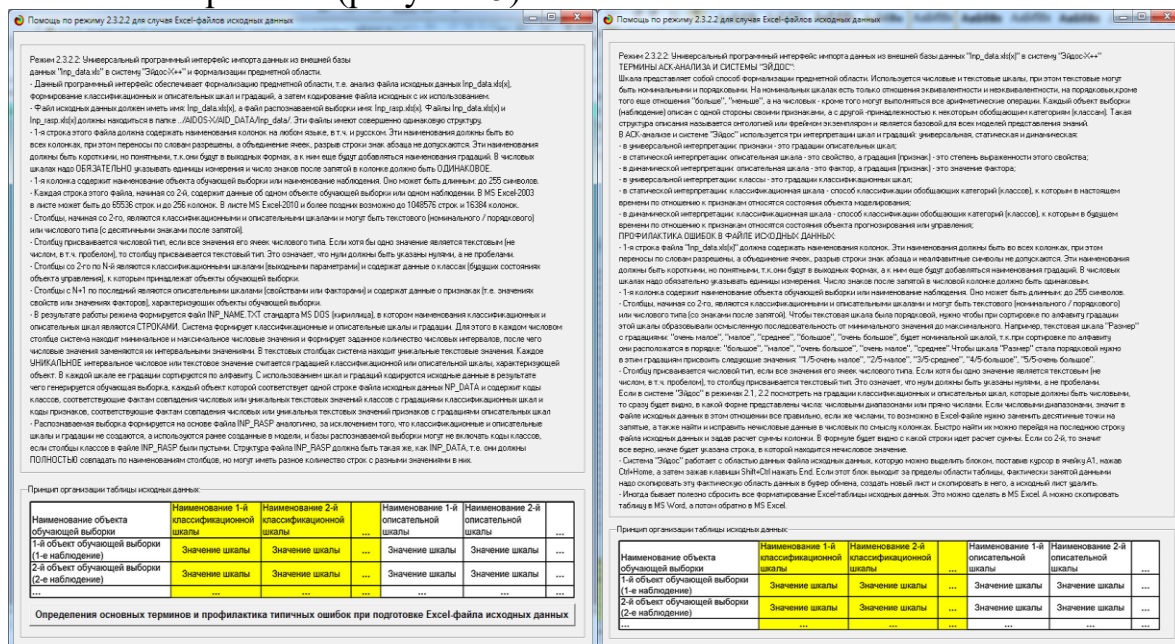


Рисунок 5. Желпы API-2.3.2.2 системы «Эйдос»

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

2.3.2.2. Универсальный программный интерфейс импорта данных в систему "ЭЙДОС-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: 2 Конечный столбец: 2

Задайте диапазон столбцов описательных шкал:

Начальный столбец: 3 Конечный столбец: 24

Задайте режим:

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

Задайте способ выбора размера интервалов:

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

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

☒ Не применять сценарный метод АСК-анализа ☐ Применить сценарный метод АСК-анализа
☒ Применить спец.интерпретацию текстовых полей классов ☒ Применить спец.интерпретацию текстовых полей признаков

Параметры интерпретации значений текстовых полей "Inp_data":

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

Какие наименования ГРАДАЦИЙ числовых шкал использовать:

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

Старт Выход

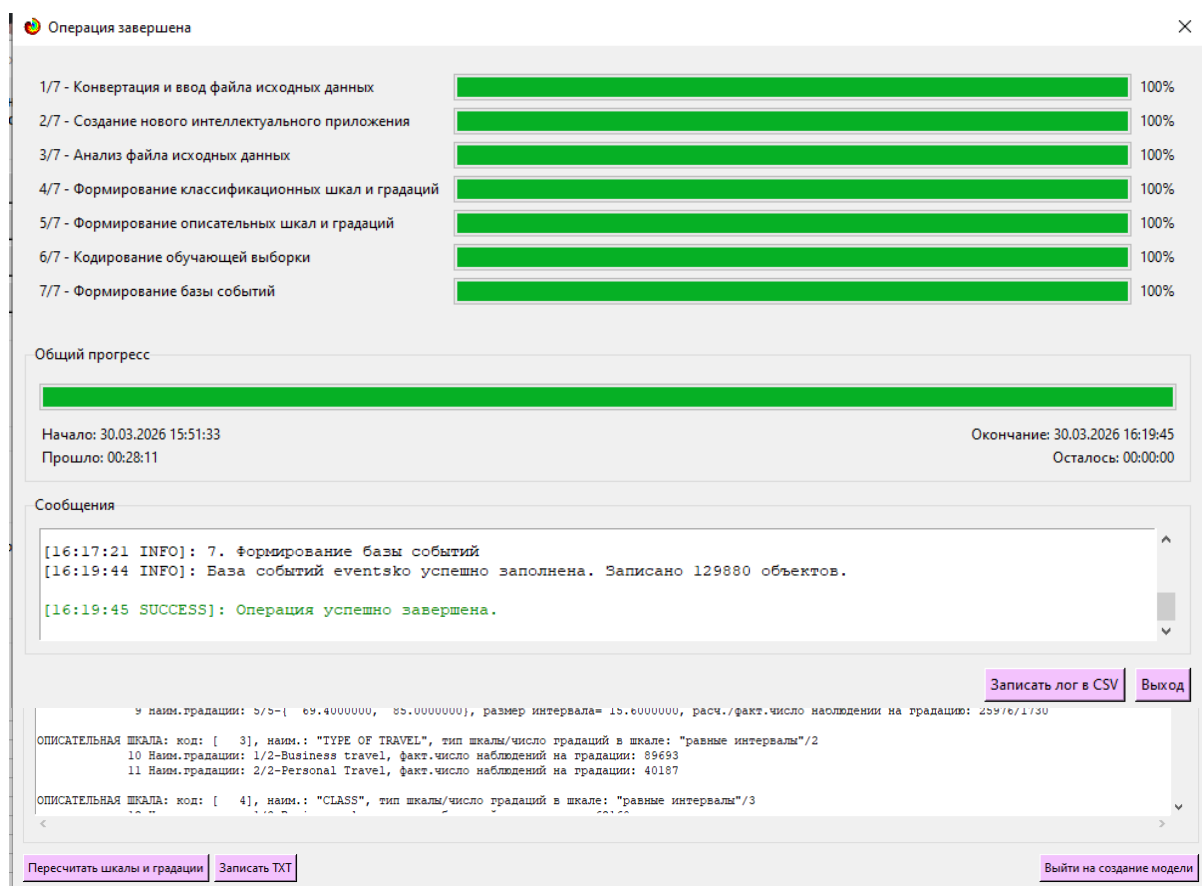


Рисунок 6. Экранные формы управления API-2.3.2.2 системы «Эйдос»

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

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

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

Таблица 5 – Классификационные шкалы и градации (полностью)

	123 kod_gros	123 kod_opsc	A-Z name_gros
1	1	1	dissatisfied
2	2	1	satisfied

Источник: c:\Aidos-X\AID_DATA\A0000002\ aidos_data.duckdb

Таблица 6 – Описательные шкалы и градации (полностью)

123 kod_grcs	123 kod_clsc	A2 name_grcs
1	1	Female
2	1	Male
3	2	disloyal Customer
4	2	Loyal Customer
5	3	1/5-(7.0000000, 19.6000000)
6	3	2/5-(19.6000000, 32.2000000)
7	3	3/5-(32.2000000, 44.8000000)
8	3	4/5-(44.8000000, 57.4000000)
9	3	5/5-(57.4000000, 70.0000000)
10	4	Personal Travel
11	5	Business
12	5	Eco
13	5	Eco Plus
14	6	1/5-(50.0000000, 1424.8000000)
15	6	2/5-(1424.8000000, 2799.6000000)
16	6	3/5-(2799.6000000, 4174.4000000)
17	6	4/5-(4174.4000000, 5549.2000000)
18	6	5/5-(5549.2000000, 6924.0000000)
19	7	1/5-(1.0000000, 1.8000000)
20	7	2/5-(1.8000000, 2.6000000)
21	7	3/5-(2.6000000, 3.4000000)
22	7	4/5-(3.4000000, 4.2000000)
23	7	5/5-(4.2000000, 5.0000000)
24	8	1/5-(1.0000000, 1.8000000)
25	8	2/5-(1.8000000, 2.6000000)
26	8	3/5-(2.6000000, 3.4000000)
27	8	4/5-(3.4000000, 4.2000000)
28	8	5/5-(4.2000000, 5.0000000)
29	9	1/5-(1.0000000, 1.8000000)
30	9	2/5-(1.8000000, 2.6000000)
31	9	3/5-(2.6000000, 3.4000000)
32	9	4/5-(3.4000000, 4.2000000)
33	9	5/5-(4.2000000, 5.0000000)
34	10	1/5-(1.0000000, 1.8000000)
35	10	2/5-(1.8000000, 2.6000000)
36	10	3/5-(2.6000000, 3.4000000)
37	10	4/5-(3.4000000, 4.2000000)
38	10	5/5-(4.2000000, 5.0000000)
39	11	1/5-(1.0000000, 1.8000000)
40	11	2/5-(1.8000000, 2.6000000)
41	11	3/5-(2.6000000, 3.4000000)
42	11	4/5-(3.4000000, 4.2000000)
43	11	5/5-(4.2000000, 5.0000000)
44	12	1/5-(1.0000000, 1.8000000)
45	12	2/5-(1.8000000, 2.6000000)
46	12	3/5-(2.6000000, 3.4000000)
47	12	4/5-(3.4000000, 4.2000000)
48	12	5/5-(4.2000000, 5.0000000)
49	13	1/5-(1.0000000, 1.8000000)
50	13	2/5-(1.8000000, 2.6000000)
51	13	3/5-(2.6000000, 3.4000000)
52	13	4/5-(3.4000000, 4.2000000)
53	13	5/5-(4.2000000, 5.0000000)
54	14	1/5-(1.0000000, 1.8000000)
55	14	2/5-(1.8000000, 2.6000000)
56	14	3/5-(2.6000000, 3.4000000)
57	14	4/5-(3.4000000, 4.2000000)
58	14	5/5-(4.2000000, 5.0000000)
59	15	1/5-(1.0000000, 1.8000000)
60	15	2/5-(1.8000000, 2.6000000)
61	15	3/5-(2.6000000, 3.4000000)
62	15	4/5-(3.4000000, 4.2000000)
63	15	5/5-(4.2000000, 5.0000000)
64	16	1/5-(1.0000000, 1.8000000)
65	16	2/5-(1.8000000, 2.6000000)
66	16	3/5-(2.6000000, 3.4000000)
67	16	4/5-(3.4000000, 4.2000000)
68	16	5/5-(4.2000000, 5.0000000)
69	17	1/5-(1.0000000, 1.8000000)
70	17	2/5-(1.8000000, 2.6000000)
71	17	3/5-(2.6000000, 3.4000000)
72	17	4/5-(3.4000000, 4.2000000)
73	17	5/5-(4.2000000, 5.0000000)
74	18	1/5-(1.0000000, 1.8000000)
75	18	2/5-(1.8000000, 2.6000000)
76	18	3/5-(2.6000000, 3.4000000)
77	18	4/5-(3.4000000, 4.2000000)
78	18	5/5-(4.2000000, 5.0000000)
79	19	1/5-(1.0000000, 1.8000000)
80	19	2/5-(1.8000000, 2.6000000)
81	19	3/5-(2.6000000, 3.4000000)
82	19	4/5-(3.4000000, 4.2000000)
83	19	5/5-(4.2000000, 5.0000000)
84	20	1/5-(1.0000000, 1.8000000)
85	20	2/5-(1.8000000, 2.6000000)
86	20	3/5-(2.6000000, 3.4000000)
87	20	4/5-(3.4000000, 4.2000000)
88	20	5/5-(4.2000000, 5.0000000)
89	21	1/5-(1.0000000, 319.2000000)
90	21	2/5-(319.2000000, 637.4000000)
91	21	3/5-(637.4000000, 955.6000000)
92	21	4/5-(955.6000000, 1273.8000000)
93	21	5/5-(1273.8000000, 1592.0000000)
94	22	1/5-(1.0000000, 317.6000000)
95	22	2/5-(317.6000000, 634.2000000)
96	22	3/5-(634.2000000, 950.8000000)
97	22	4/5-(950.8000000, 1267.4000000)
98	22	5/5-(1267.4000000, 1584.0000000)

Источник: c:\Aidos-X\AID_DATA\A0000002\aidos_data.duckdb

Таблица 4 – Обучающая выборка (полностью)

ko d_ ob j	nam e_ ob j	n 2	n 3	n 4	n 5	n 6	n 7	n 8	n 9	n10	n11	n12	n13	n14	n15	n16	n17	n18	n19	n20	n21	n22	n23
1	satisf ied	1	2	6	9	1 1	1 3	0	0	0	34	39	46	49	55	60	0	70	77	80	84	0	0
2	satisf ied	2	2	5	9	1 0	1 4	0	0	0	35	0	44	49	55	61	66	71	74	80	84	88	93
3	satisf ied	1	2	3	9	1 1	1 4	0	0	0	35	39	0	49	54	60	65	71	76	81	84	0	0
4	satisf ied	1	2	6	9	1 1	1 3	0	0	0	35	40	46	50	53	58	0	68	76	78	85	0	0
5	satisf ied	1	2	7	9	1 1	1 3	0	0	0	35	41	45	51	54	59	0	69	76	79	87	0	0
6	satisf ied	2	2	4	9	1 1	1 4	0	0	0	35	39	0	49	54	62	66	72	77	81	84	0	0
7	satisf ied	1	2	6	9	1 1	1 3	0	0	0	35	39	47	52	57	62	0	72	77	82	85	88	93
8	satisf ied	2	2	3	9	1 1	1 4	0	0	0	35	39	0	49	54	60	65	71	77	81	84	0	0
9	satisf ied	1	2	6	9	1 0	1 3	0	0	0	35	42	45	52	56	61	0	68	77	81	86	0	0
10	satisf ied	2	2	3	9	1 1	1 4	0	0	0	35	39	0	49	54	59	66	72	75	81	84	88	93

Источник: c:\Aidos-X\AID_DATA\ A0000002\aidos_data.duckdb

Примечание к рисунок 4: В таблице приведены не все наблюдений в кодированном виде. Кодировка соответствует номерам градаций из рисунков 7 и 8

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 2 – 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 3 – Матрица условных и безусловных процентных распределений (статистические модели PRC1 и PRC2)

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

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

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

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

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

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

единицах измерения [8]. В системе «Эйдос» этот подход применяется всегда при решении любых задач.

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

В таблице 10 приведены формулы:

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

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

Таблица 4– Различные аналитические формы частных критериев знаний, применяемые в АСК-анализе и системе «Эйдос»

Наименование модели знаний и частный критерий	Выражение для частного критерия	
	Через относительные частоты	Через абсолютные частоты
ABS , матрица абсолютных частот, N_{ij} - фактическое число встреч i -го признака у объектов j -го класса; $\bar{N}_{ij}$ - теоретическое число встреч i -го признака у объектов j -го класса; N_i – суммарное количество признаков в i -й строке; N_j – суммарное количество признаков или объектов обучающей выборки в j -м классе; N – суммарное количество признаков по всей выборке (таблица 7)	N_{ij} – фактическая частота; $N_i = \sum_{j=1}^W N_{ij}$; $N_j = \sum_{i=1}^M N_{ij}$; $N = \sum_{i=1}^W \sum_{j=1}^M N_{ij}$; $\bar{N}_{ij} = \frac{N_i N_j}{N}$ – теоретическая частота.	
PRC1 , матрица условных P_{ij} и безусловных P_i процентных распределений, в качестве N_j используется суммарное количество признаков по классу	---	$P_{ij} = \frac{N_{ij}}{N_j}$; $P_i = \frac{N_i}{N}$
PRC2 , матрица условных P_{ij} и безусловных P_i процентных распределений, в качестве N_j используется суммарное количество объектов обучающей выборки по классу	---	$P_{ij} = \frac{N_{ij}}{N_j}$; $P_i = \frac{N_i}{N}$
INF1 , частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу, 1-й вариант расчета вероятностей: N_j – суммарное количество признаков по j -му классу. Вероятность того, что если у объекта j -го класса обнаружен признак, то это i -й признак	$I_{ij} = \Psi \times \log_2 \frac{P_{ij}}{P_i}$	$I_{ij} = \Psi \times \log_2 \frac{N_{ij}}{\bar{N}_{ij}} = \Psi \times \log_2 \frac{N_{ij} N}{N_i N_j}$
INF2 , частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу, 2-й вариант расчета вероятностей: N_j – суммарное количество объектов по j -му классу. Вероятность того, что если предъявлен объект j -го класса, то у него будет обнаружен i -й признак.		
INF3 , частный критерий: Хи-квадрат: разности между фактическими и теоретически ожидаемыми абсолютными частотами	---	$I_{ij} = N_{ij} - \bar{N}_{ij} = N_{ij} - \frac{N_i N_j}{N}$
INF4 , частный критерий: ROI - Return On Investment, 1-й вариант расчета вероятностей: N_j – суммарное количество признаков по j -му классу	$I_{ij} = \frac{P_{ij}}{P_i} - 1 = \frac{P_{ij} - P_i}{P_i}$	$I_{ij} = \frac{N_{ij}}{\bar{N}_{ij}} - 1 = \frac{N_{ij} N}{N_i N_j} - 1$
INF5 , частный критерий: ROI - Return On Investment, 2-й вариант расчета вероятностей: N_j – суммарное количество объектов по j -му классу		
INF6 , частный критерий: разность условной и безусловной вероятностей, 1-й вариант расчета вероятностей: N_j – суммарное количество признаков по j -му классу	$I_{ij} = P_{ij} - P_i$	

INF7, частный критерий: разность условной и безусловной вероятностей, 2-й вариант расчета вероятностей: N_j – суммарное количество объектов по j -му классу		$I_{ij} = \frac{N_{ij}}{N_j} - \frac{N_i}{N} = \frac{N_{ij}N - N_iN_j}{N_jN}$
---	--	---

Обозначения к таблице:

i – значение прошлого параметра;

j – значение будущего параметра;

N_{ij} – количество встреч j -го значения будущего параметра при i -м значении прошлого параметра;

M – суммарное число значений всех прошлых параметров;

W – суммарное число значений всех будущих параметров.

N_i – количество встреч i -м значения прошлого параметра по всей выборке;

N_j – количество встреч j -го значения будущего параметра по всей выборке;

N – количество встреч j -го значения будущего параметра при i -м значении прошлого параметра по всей выборке.

I_{ij} – частный критерий знаний: количество знаний в факте наблюдения i -го значения прошлого параметра о том, что объект перейдет в состояние, соответствующее j -му значению будущего параметра;

Ψ – нормировочный коэффициент (Е.В.Луценко, 2002), преобразующий количество информации в формуле А.Харкевича в биты и обеспечивающий для нее соблюдение принципа соответствия с формулой Р.Хартли;

P_i – безусловная относительная частота встречи i -го значения прошлого параметра в обучающей выборке;

P_{ij} – условная относительная частота встречи i -го значения прошлого параметра при j -м значении будущего параметра.

Таблица 5 – Матрица системно-когнитивной модели

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

Количество частных критериев знаний и основанных на них системно-когнитивных моделей (таблица 10), применяемых в настоящее время в системе «Эйдос» равно 7 определяется тем, что они получаются путем всех возможных вариантов сравнения фактических и теоретических абсолютных частот, условных и безусловных относительных частот путем вычитания и путем деления, и при этом N_j рассматривается как суммарное

количество или признаков, или объектов обучающей выборки в j -м классе, а **нормировка к нулю** (для аддитивных интегральных критериев), если нет связи между наличием признака и принадлежностью объекта к классу, осуществляется либо логарифмированием, либо вычитанием единицы (таблица 12).

Таблица 6– 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^2 -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 конструкторов, 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 конфигулятора, 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 частотой и вероятностью (погрешность) составляет около 5%, при 1250 наблюдениях – около 2.5%, при 10000 наблюдениях – 1%.

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

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

Отметим, что как значимость значения фактора, степень детерминированности класса и ценность или качество модели в АСК-

анализе рассматривается вариабельность значений частных критериев этого значения фактора, класса или модели в целом (таблица 13).

Таблица 7 – 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	$\sigma_{i\Sigma} = \sqrt{\frac{1}{W-1} \sum_{j=1}^W (I_{ij} - \bar{I}_i)^2}$
2	1. Степень детерминированности класса. 2. Степень обусловленности класса.	Корень из информационной мощности класса	$\sigma_{\Sigma j} = \sqrt{\frac{1}{M-1} \sum_{i=1}^M (I_{ij} - \bar{I}_j)^2}$
3	1. Качество модели. 2. Ценность модели. 3. Степень сформированности модели. 4. Количественная мера степени выраженности закономерностей в моделируемой предметной области	Корень из информационной мощности модели	$H = \sqrt{\frac{1}{(W \cdot M - 1)} \sum_{j=1}^W \sum_{i=1}^M (I_{ij} - \bar{I}_{ij})^2}$

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

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

когнитивных моделей в итоге получается потому, что модели, получающиеся в результате сравнения фактических и теоретических абсолютных частот путем деления и нормировки к нулю путем взятия логарифма или вычитания 1 **тождественно совпадают** с моделями, получающимися путем сравнения условных и безусловных относительных частот путем деления и нормировки к нулю путем взятия логарифма или вычитания 1. Это и есть конфигуратор статистических и когнитивных моделей в смысле В.А.Лефевра, содержащий минимальное количество моделей, позволяющих полно описать моделируемую предметную область.

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

3.3.2. Конкретное решение задачи в данной работе

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

3.5. Синтез и верификация моделей

Задайте базовые модели для синтеза и верификации

Базовые статистические модели:

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

Задайте источник данных для расчета модели ABS:

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

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

☒ 2. PRC1 - частный критерий: усл. вероятность i-го признака среди признаков объектов j-го класса

☒ 3. PRC2 - частный критерий: условная вероятность i-го признака у объектов j-го класса

Базовые системно-когнитивные модели (базы знаний):

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

☒ 5. INF2 - частный критерий: количество знаний по А.ХАРКЕВИЧУ; вероятности из PRC2

☒ 6. INF3 - частный критерий: Хи-квадрат; разности между фактическими и ожидаемыми абс.частотами

☒ 7. INF4 - частный критерий: ROI (Return On Investment); вероятности из PRC1

☒ 8. INF5 - частный критерий: ROI (Return On Investment); вероятности из PRC2

☒ 9. INF6 - частный критерий: разн. усл.и безуслов.вероятностей; вероятности из PRC1

☒ 10. INF7 - частный критерий: разн. усл.и безуслов.вероятностей; вероятности из PRC2

Какие модели создавать?

☒ Создавать только базовые модели

☐ Создавать модели 2-го уровня

☐ Создавать модели 3-го уровня

[Помощь](#)

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

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

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

Параметры копирования обучающей выборки в распознаваемую (бутстрепный подход)

Какие объекты обуч.выборки копировать:

☒ Копировать всю обучающую выборку

☐ Копировать только текущий объект

☐ Копировать каждый N-й объект

☐ Копировать N случайных объектов

☐ Копировать объекты от N1 до N2 (fastest) до

☐ Вообще не менять распознаваемую выборку

Удалять скопированные объекты:

☒ Не удалять

☐ Удалять

[Пояснение по алгоритму верификации](#)

[Подробнее](#)

Выполнить:

☒ Синтез и верификацию

☐ Только верификацию

☐ Только синтез

Задайте процессор:

☒ CPU

☐ GPU

Задайте алгоритм:

☐ Классика - дольше

☒ Упрощенно-быстрее

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

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

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

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

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:

3.5. Синтез и верификация моделей. Процесс завершен

Подготовительные шаги

1. Очистка предыдущих результатов верификации

2. Копирование обучающей выборки в распознаваемую

Стадия синтеза модели

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

Стадия верификации модели

№	прогресс-бар	%
13		100%
14		100%
15		100%
16		100%
17		100%
18		100%
19		100%
20		100%
21		100%
22		100%

Общий прогресс

Начало: 30.03.2026 16:31:10

Окончание: 30.03.2026 16:35:18

Прошло: 00:04:08

Осталось: 00:00:00

Сообщения

[16:35:13 INFO]: ШАГ 7: Измерение достоверности модели 'INF7'...

[16:35:13 INFO]: Расчет агрегированных метрик для модели 'INF7'...

[16:35:16 SUCCESS]: Агрегированные метрики для модели 'INF7' сохранены.

[16:35:16 INFO]: Накопление статистики DostRaap для модели 'INF7'...

[16:35:17 INFO]: Расчет метрик VerModClsIt для модели 'INF7' (пропущено).

[16:35:17 INFO]: Финальная обработка и сортировка таблиц dost_modcls...

[16:35:17 SUCCESS]: Таблица dost_modcls финализирована и отсортирована.

[16:35:17 INFO]: ШАГ 8: Формирование итоговой БД DostRaap...

[16:35:17 INFO]: Формирование итоговой таблицы DostRaap...

[16:35:18 SUCCESS]: Таблица DostRaap успешно создана.

[16:35:18 INFO]: ШАГ 10: Создание форм 'Достоверность идент. классов'...

[16:35:18 INFO]: Создание форм 'Достоверность идент. классов' (пропущено).

[16:35:18 SUCCESS]: Операция успешно завершена.

Сохранить лог

Выход

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)

Помо

Код признака	Описательные шкалы и градации (признаки)	Описательные шкалы и градации (признаки)					
		1 - Gender - Female	2 - Gender - Male	Сумма	Среднее	Средн. квадр. отклонение	Средний модуль отклонения от среднего
1	Customer Type - disloyal Customer	12843.000	10937.000	23780.000	11890.000	1347.746	953.000
2	Customer Type - Loyal Customer	53056.000	53044.000	106100.000	53050.000	8.485	6.000
3	Age - 1/5-{7.0000000, 22.6000000}	9725.000	9166.000	18891.000	9445.500	395.273	279.500
4	Age - 2/5-{22.6000000, 38.2000000}	21182.000	20298.000	41480.000	20740.000	625.082	442.000
5	Age - 3/5-{38.2000000, 53.8000000}	21923.000	21571.000	43494.000	21747.000	248.902	176.000
6	Age - 4/5-{53.8000000, 69.4000000}	12170.000	12115.000	24285.000	12142.500	38.891	27.500
7	Age - 5/5-{69.4000000, 85.0000000}	899.000	831.000	1730.000	865.000	48.083	34.000
8	Type of Travel - Business travel	45794.000	43899.000	89693.000	44846.500	1339.967	947.500
9	Type of Travel - Personal Travel	20105.000	20082.000	40187.000	20093.500	16.263	11.500
10	Class - Business	31263.000	30897.000	62160.000	31080.000	258.801	183.000
11	Class - Eco	29670.000	28639.000	58309.000	29154.500	729.027	515.500
12	Class - Eco Plus	4966.000	4445.000	9411.000	4705.500	368.403	260.500
13	Flight Distance - 1/5-{50.0000000, 1430.2000000}	22410.000	12839.000	35249.000	17624.500	6767.719	4785.500
14	Flight Distance - 2/5-{1430.2000000, 2810.4000000}	32056.000	38469.000	70525.000	35262.500	4534.676	3206.500
15	Flight Distance - 3/5-{2810.4000000, 4190.6000000}	9963.000	11088.000	21051.000	10525.500	795.495	562.500
16	Flight Distance - 4/5-{4190.6000000, 5570.8000000}	1376.000	1495.000	2871.000	1435.500	84.146	59.500
17	Flight Distance - 5/5-{5570.8000000, 6951.0000000}	94.000	90.000	184.000	92.000	2.828	2.000
18	Seat comfort - 1/5-{1.0000000, 1.8000000}	9974.000	10975.000	20949.000	10474.500	707.814	500.500
19	Seat comfort - 2/5-{1.8000000, 2.6000000}	12952.000	15774.000	28726.000	14363.000	1995.455	1411.000
20	Seat comfort - 3/5-{2.6000000, 3.4000000}	13324.000	15859.000	29183.000	14591.500	1792.516	1267.500
21	Seat comfort - 4/5-{3.4000000, 4.2000000}	16107.000	12291.000	28398.000	14199.000	2698.319	1908.000

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

5.5. Просмотр основных баз данных всех моделей

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

Модель: "Prc2"

Код признака	Описательные шкалы и градации (признаки)	1 - Gender - Female	2 - Gender - Male	Безусловная вероятность	Среднее	Средн. квадрат. отклонение	Средний модуль отклонения от среднего
1	Customer Type - disloyal Customer	19.489	17.094	18.309	18.292	1.693	1.197
2	Customer Type - Loyal Customer	80.511	82.906	81.691	81.708	1.693	1.197
3	Age - 1/5-{7.0000000, 22.6000000}	14.757	14.326	14.545	14.542	0.305	0.216
4	Age - 2/5-{22.6000000, 38.2000000}	32.143	31.725	31.937	31.934	0.296	0.209
5	Age - 3/5-{38.2000000, 53.8000000}	33.268	33.715	33.488	33.491	0.316	0.224
6	Age - 4/5-{53.8000000, 69.4000000}	18.468	18.935	18.698	18.701	0.331	0.234
7	Age - 5/5-{69.4000000, 85.0000000}	1.364	1.299	1.332	1.332	0.046	0.033
8	Type of Travel - Business travel	69.491	68.613	69.058	69.052	0.621	0.439
9	Type of Travel - Personal Travel	30.509	31.387	30.942	30.948	0.621	0.439
10	Class - Business	47.441	48.291	47.860	47.866	0.601	0.425
11	Class - Eco	45.023	44.762	44.895	44.893	0.185	0.131
12	Class - Eco Plus	7.536	6.947	7.246	7.242	0.416	0.294
13	Flight Distance - 1/5-{50.0000000, 1430.2000000}	34.007	20.067	27.140	27.037	9.857	6.970
14	Flight Distance - 2/5-{1430.2000000, 2810.4000000}	48.644	60.126	54.300	54.385	8.119	5.741
15	Flight Distance - 3/5-{2810.4000000, 4190.6000000}	15.119	17.330	16.208	16.224	1.564	1.106
16	Flight Distance - 4/5-{4190.6000000, 5570.8000000}	2.088	2.337	2.211	2.212	0.176	0.124
17	Flight Distance - 5/5-{5570.8000000, 6951.0000000}	0.143	0.141	0.142	0.142	0.001	0.001
18	Seat comfort - 1/5-{1.0000000, 1.8000000}	15.135	17.154	16.130	16.144	1.427	1.009
19	Seat comfort - 2/5-{1.8000000, 2.6000000}	19.654	24.654	22.117	22.154	3.535	2.500
20	Seat comfort - 3/5-{2.6000000, 3.4000000}	20.219	24.787	22.469	22.503	3.230	2.284
21	Seat comfort - 4/5-{3.4000000, 4.2000000}	24.442	19.210	21.865	21.826	3.699	2.616
22	Seat comfort - 5/5-{4.2000000, 5.0000000}	16.178	11.200	13.726	13.689	3.520	2.489
23	Departure/Arrival time convenient - 1/5-{1.0000000, 1.8000000}	17.113	14.928	16.036	16.020	1.545	1.092

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: (макс: 17) Помощь

Модель: "Inf1"

Код признака	Описательные шкалы и градации (признаки)	1 - Gender - Female	2 - Gender - Male	Сумма	Среднее	Средн. квадр. отклонение	Средний модуль отклонения от среднего
1	Customer Type - disloyal Customer	0.004	-0.005	-0.000	-0.000	0.006	0.004
2	Customer Type - Loyal Customer	-0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001
3	Age - 1/5-{7.0000000, 22.6000000}	0.001	-0.001	-0.000	-0.000	0.001	0.001
4	Age - 2/5-{22.6000000, 38.2000000}	0.000	-0.000	-0.000	-0.000	0.001	0.000
5	Age - 3/5-{38.2000000, 53.8000000}	-0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
6	Age - 4/5-{53.8000000, 69.4000000}	-0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001
7	Age - 5/5-{69.4000000, 85.0000000}	0.002	-0.002	-0.000	-0.000	0.002	0.002
8	Type of Travel - Business travel	0.000	-0.000	-0.000	-0.000	0.001	0.000
9	Type of Travel - Personal Travel	-0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001
10	Class - Business	-0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001
11	Class - Eco	0.000	-0.000	-0.000	-0.000	0.000	0.000
12	Class - Eco Plus	0.003	-0.003	-0.000	-0.000	0.004	0.003
13	Flight Distance - 1/5-{50.0000000, 1430.2000000}	0.015	-0.020	-0.005	-0.003	0.025	0.018
14	Flight Distance - 2/5-{1430.2000000, 2810.4000000}	-0.007	0.007	-0.001	-0.000	0.010	0.007
15	Flight Distance - 3/5-{2810.4000000, 4190.6000000}	-0.005	0.005	-0.000	-0.000	0.006	0.005
16	Flight Distance - 4/5-{4190.6000000, 5570.8000000}	-0.004	0.004	-0.000	-0.000	0.005	0.004
17	Flight Distance - 5/5-{5570.8000000, 6951.0000000}	0.000	-0.001	-0.000	-0.000	0.001	0.001
18	Seat comfort - 1/5-{1.0000000, 1.8000000}	-0.004	0.004	-0.000	-0.000	0.006	0.004
19	Seat comfort - 2/5-{1.8000000, 2.6000000}	-0.008	0.007	-0.001	-0.000	0.011	0.008
20	Seat comfort - 3/5-{2.6000000, 3.4000000}	-0.007	0.007	-0.000	-0.000	0.010	0.007
21	Seat comfort - 4/5-{3.4000000, 4.2000000}	0.008	-0.009	-0.001	-0.001	0.012	0.008
22	Seat comfort - 5/5-{4.2000000, 5.0000000}	0.011	-0.014	-0.003	-0.001	0.018	0.012
23	Departure/Arrival time convenient - 1/5-{1.0000000, 1.8000000}	0.004	-0.005	-0.000	-0.000	0.007	0.005

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

5.5. Просмотр основных баз данных всех моделей

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

Модель: "Inf3"

Код признака	Описательные шкалы и градации (признаки)	1 - Gender - Female	2 - Gender - Male	Сумма	Среднее	Средн. квадр. отклонение	Средний модуль отклонения от среднего
1	Customer Type - disloyal Customer	783.213	-783.213			1107.630	783.213
2	Customer Type - Loyal Customer	-751.546	751.546			1062.846	751.546
3	Age - 1/5-{7.0000000, 22.6000000}	144.620	-144.620			204.523	144.620
4	Age - 2/5-{22.6000000, 38.2000000}	145.836	-145.836			206.243	145.836
5	Age - 3/5-{38.2000000, 53.8000000}	-134.544	134.544			190.274	134.544
6	Age - 4/5-{53.8000000, 69.4000000}	-145.893	145.893			206.324	145.893
7	Age - 5/5-{69.4000000, 85.0000000}	21.648	-21.648			30.615	21.648
8	Type of Travel - Business travel	307.099	-307.099			434.304	307.099
9	Type of Travel - Personal Travel	-275.432	275.432			389.520	275.432
10	Class - Business	-260.818	260.818			368.852	260.818
11	Class - Eco	99.178	-99.178			140.259	99.178
12	Class - Eco Plus	193.306	-193.306			273.376	193.306
13	Flight Distance - 1/5-{50.0000000, 1430.2000000}	4533.825	-4533.825			6411.797	4533.825
14	Flight Distance - 2/5-{1430.2000000, 2810.4000000}	-3710.043	3710.043			5246.793	3710.043
15	Flight Distance - 3/5-{2810.4000000, 4190.6000000}	-712.802	712.802			1008.055	712.802
16	Flight Distance - 4/5-{4190.6000000, 5570.8000000}	-79.999	79.999			113.135	79.999
17	Flight Distance - 5/5-{5570.8000000, 6951.0000000}	0.686	-0.686			0.971	0.686
18	Seat comfort - 1/5-{1.0000000, 1.8000000}	-650.074	650.074			919.344	650.074
19	Seat comfort - 2/5-{1.8000000, 2.6000000}	-1616.101	1616.101			2285.513	1616.101
20	Seat comfort - 3/5-{2.6000000, 3.4000000}	-1475.864	1475.864			2087.187	1475.864
21	Seat comfort - 4/5-{3.4000000, 4.2000000}	1705.240	-1705.240			2411.574	1705.240
22	Seat comfort - 5/5-{4.2000000, 5.0000000}	1620.217	-1620.217			2291.332	1620.217
23	Departure/Arrival time convenient - 1/5-{1.0000000, 1.8000000}	714.290	-714.290			1010.158	714.290

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 наиболее достоверной является СК-модель INF3 (хи-квадрат К.Пирсона) с интегральным критерием: «Сумма знаний»: **L1=0.631** при максимуме 1 (рисунок 12). *Эту модель и будем использовать для решения поставленных в работе задач.*

3.4. Обобщенная форма доств.моделей при разн.крит. [Приложение: Приложение, созданное в API-2.3.2.2-20260327-132533]

№	Наименование модели и частного критерия	Интегральный критерий	Всего логических объектов выборки	Число истинно-положительных решений (TP)	Число истинно-отрицательных решений (TN)	Число ложно-положительных решений (FP)	Число ложно-отрицательных решений (FN)	Точность модели	Попытка модели	F-мера Ван Ризбергена	Сумма модальной ур.оценки истинно-положит. решений (STP)	Сумма модальной ур.оценки истинно-отрицат. решений (STN)	а у с п ф
1	ABS - частный критерий: количество встреч сочетаний "класс-признак" у объектов обуч. выборки	корреляция abs частот с обр.объекта	129880	129827	73	129807	53	0.500	1.000	0.667	66356.552	2.592	6
2	ABS - частный критерий: количество встреч сочетаний "класс-признак" у объектов обуч. выборки	сумма abs частот по признакам объекта	129880	129880	0	129880	0	0.500	1.000	0.667	96126.768	0.000	9
3	PRC1 - частный критерий: усл. вероятность i-го признака среди признаков объектов j-го класса	корреляция усл.отн.частот с обр.объекта	129880	129827	73	129807	53	0.500	1.000	0.667	66356.552	2.592	6
4	PRC1 - частный критерий: усл. вероятность i-го признака среди признаков объектов j-го класса	сумма усл.отн.частот по признакам объекта	129880	129880	0	129880	0	0.500	1.000	0.667	97473.925	0.000	9
5	PRC2 - частный критерий: условная вероятность i-го признака у объектов j-го класса	корреляция усл.отн.частот с обр.объекта	129880	129827	73	129807	53	0.500	1.000	0.667	66356.552	2.592	6
6	PRC2 - частный критерий: условная вероятность i-го признака у объектов j-го класса	сумма усл.отн.частот по признакам объекта	129880	129880	0	129880	0	0.500	1.000	0.667	97520.616	0.000	9
7	INF1 - частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу; вероятности из PRC1	семантический резонанс знаний	129880	73888	78038	51842	55992	0.588	0.569	0.578	23455.150	25595.339	1
8	INF1 - частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу; вероятности из PRC1	сумма знаний	129880	73109	80234	49646	56771	0.596	0.563	0.579	17176.327	21819.398	1
9	INF2 - частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу; вероятности из PRC2	семантический резонанс знаний	129880	73884	78045	51835	55996	0.588	0.569	0.578	23452.001	25596.766	1
10	INF2 - частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу; вероятности из PRC2	сумма знаний	129880	73104	80152	49728	56776	0.595	0.563	0.579	17067.361	21671.003	1
11	INF3 - частный критерий: Хи-квадрат: разности между фактическими и ожидаемыми abs частотами	семантический резонанс знаний	129880	77058	77058	52822	52822	0.593	0.593	0.593	25223.030	25223.030	1
12	INF3 - частный критерий: Хи-квадрат: разности между фактическими и ожидаемыми abs частотами	сумма знаний	129880	77058	77058	52822	52822	0.593	0.593	0.593	26356.492	26356.492	1
13	INF4 - частный критерий: ROI (Return On Investment); вероятности из PRC1	семантический резонанс знаний	129880	68417	82558	47322	61463	0.591	0.527	0.557	20738.244	23560.012	1
14	INF4 - частный критерий: ROI (Return On Investment); вероятности из PRC1	сумма знаний	129880	76662	76662	53218	53218	0.590	0.590	0.590	15417.304	15410.058	1
15	INF5 - частный критерий: ROI (Return On Investment); вероятности из PRC2	семантический резонанс знаний	129880	68415	82561	47319	61465	0.591	0.527	0.557	20736.465	23563.179	1
16	INF5 - частный критерий: ROI (Return On Investment); вероятности из PRC2	сумма знаний	129880	76651	76651	53229	53229	0.590	0.590	0.590	15330.328	15313.842	1
17	INF6 - частный критерий: разн. усл. и безуслов. вероятностей; вероятности из PRC1	семантический резонанс знаний	129880	77058	77059	52821	52822	0.593	0.593	0.593	25222.388	25223.546	1
18	INF6 - частный критерий: разн. усл. и безуслов. вероятностей; вероятности из PRC1	сумма знаний	129880	77058	77058	52822	52822	0.593	0.593	0.593	25946.502	26024.347	1
19	INF7 - частный критерий: разн. усл. и безуслов. вероятностей; вероятности из PRC2	семантический резонанс знаний	129880	77060	77064	52816	52820	0.593	0.593	0.593	25226.833	25227.995	1
20	INF7 - частный критерий: разн. усл. и безуслов. вероятностей; вероятности из PRC2	сумма знаний	129880	77064	77064	52816	52816	0.593	0.593	0.593	26062.696	26122.644	1

Помощь по мерам | Помощь по оценке | TP:TN:FP:FN | ST:FT:TN:FT:TP:FN:FP:FN

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 [9] СК-модели INF3.

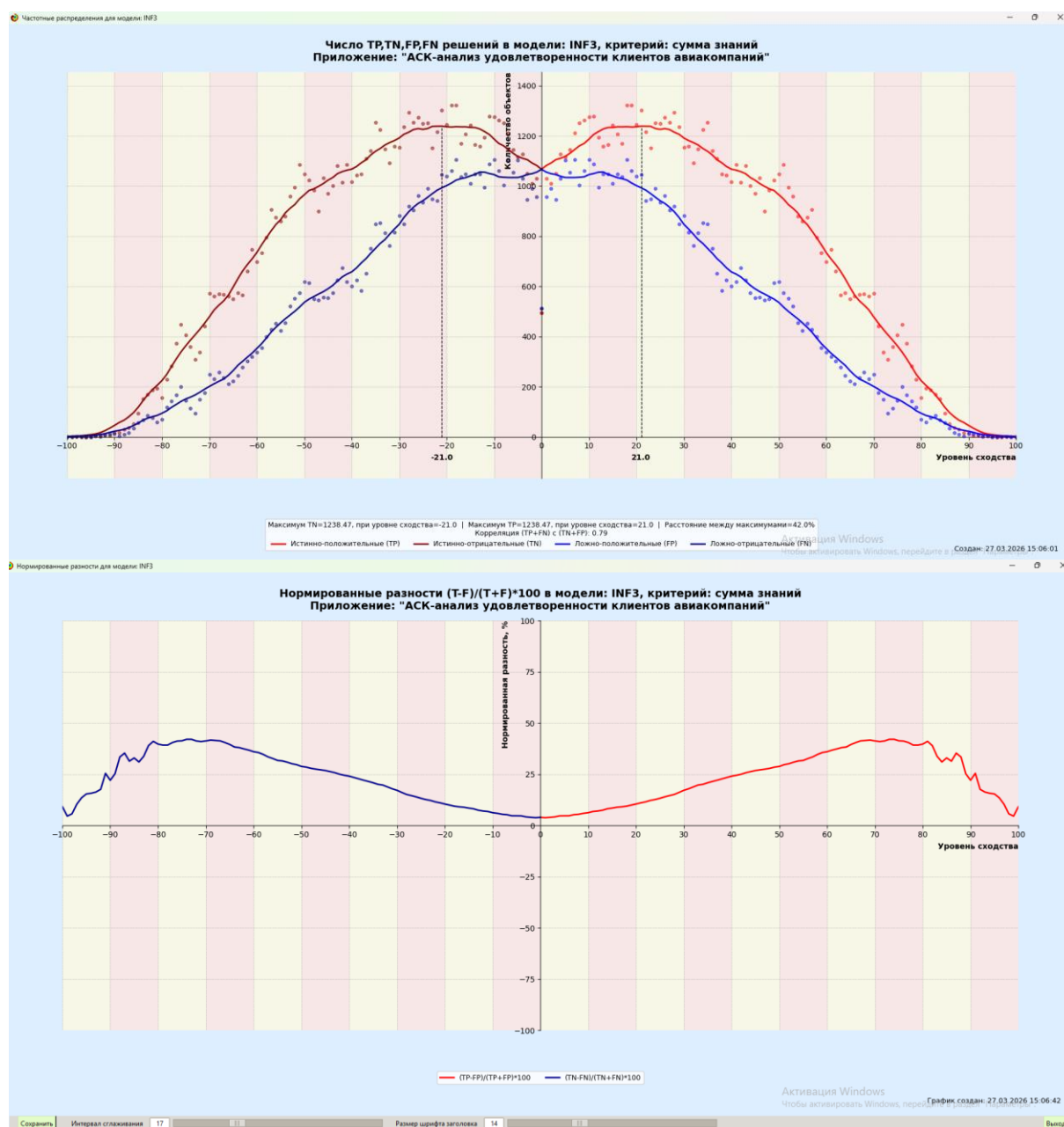


Рисунок 13. Частотные распределения количества истинных и ложных, положительных и отрицательных решений в наиболее достоверной по L1-мере СК-модели INF3 [9]

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

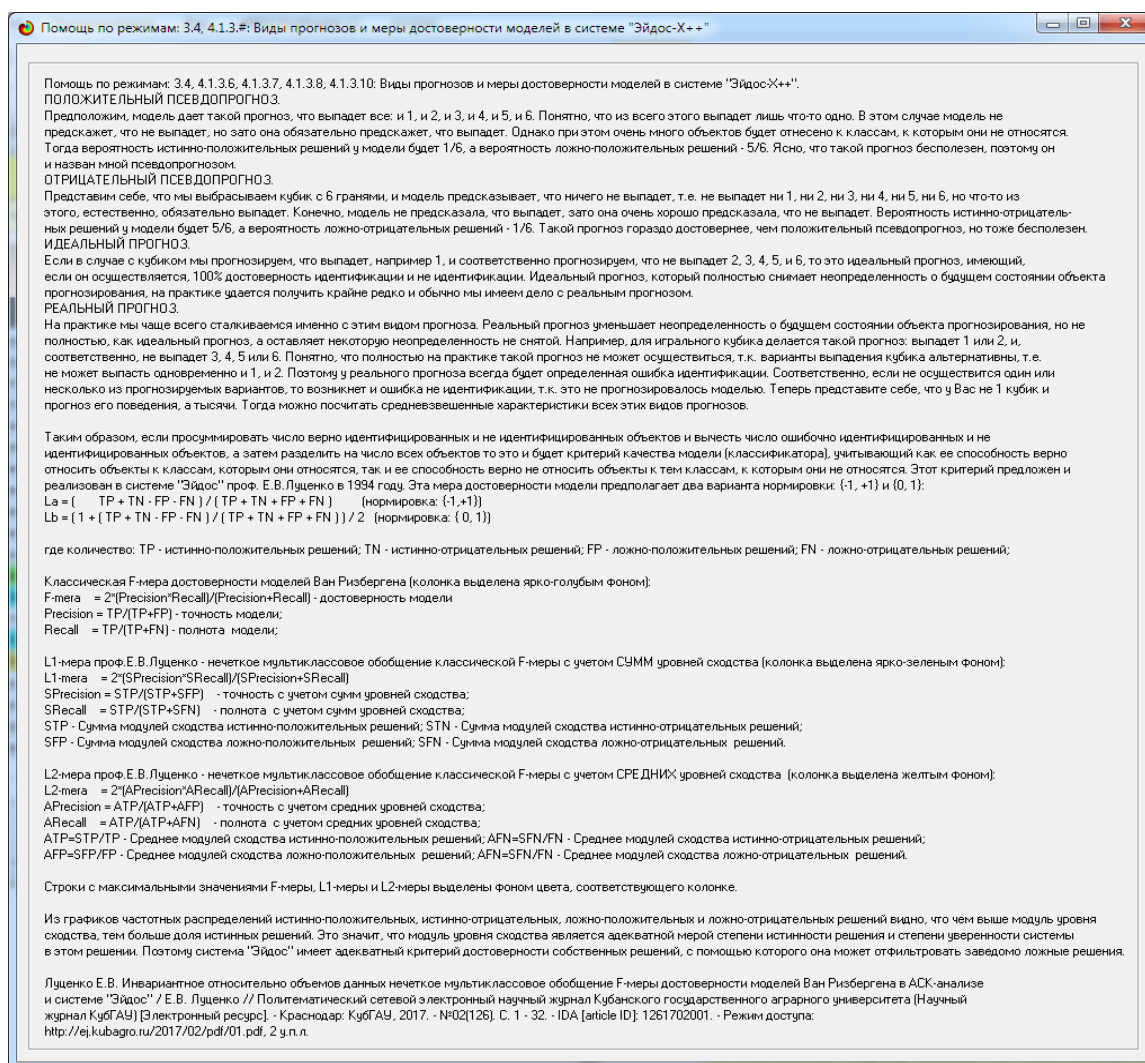
- ложноотрицательные (FN) встречаются реже, чем истинно отрицательные (TN). Ложноположительные (FP) встречаются реже, чем истинно положительные (TP). Это означает, что модель не склонна систематически пропускать целевые случаи или выдавать ложные срабатывания, что свидетельствует о ее сбалансированности и пригодности для практического использования;

- при уровне сходства менее 20% преобладают FP — модель чаще ошибается, принимая нерелевантные объекты за целевые. При уровне

сходства более 60% ложноположительные решения практически исчезают, доминируют ТР. Это указывает на существование пороговых зон, где решения можно считать надежными;

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

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



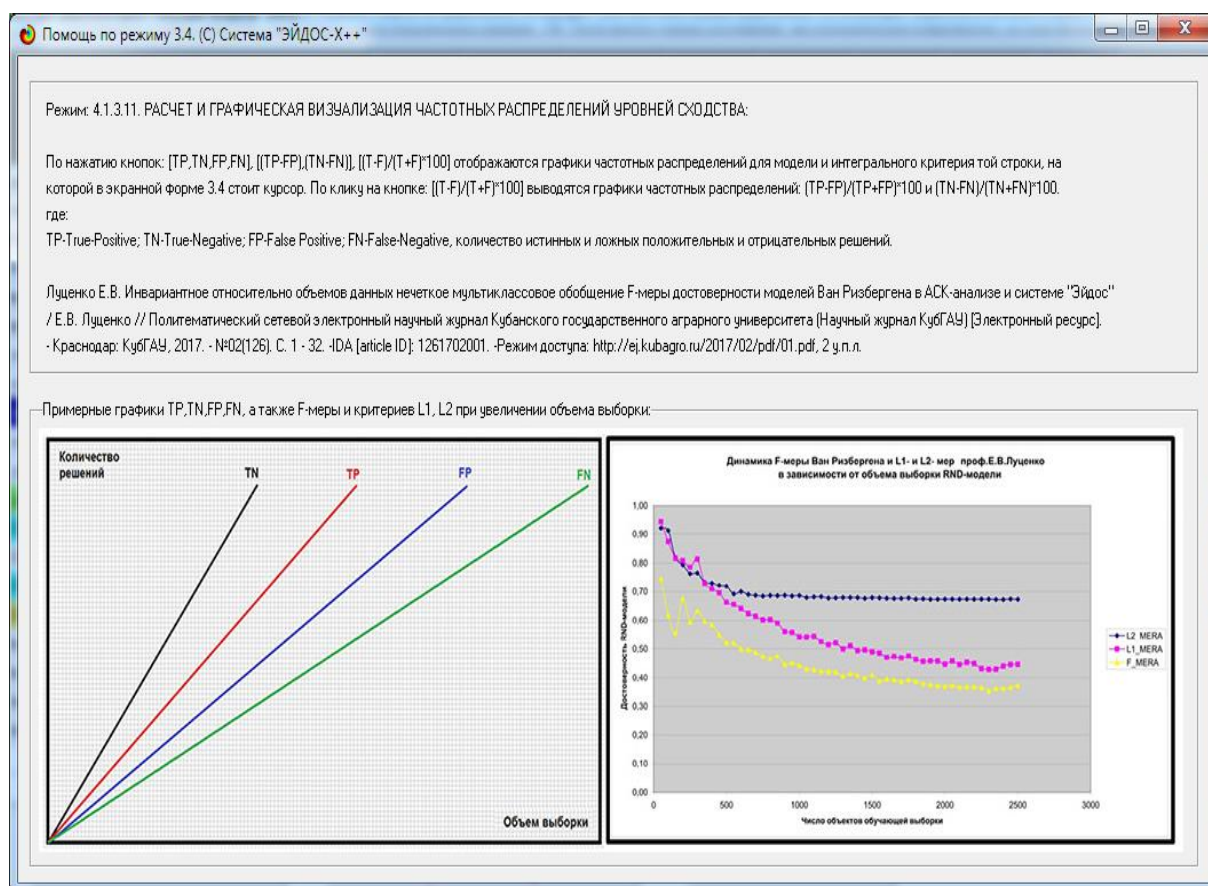


Рисунок 14. Экранные формы хелпов режима измерения достоверности моделей

3.5. Задача-5. Выбор наиболее достоверной модели

3.5.1. Универсальная постановка задачи, не зависящая от предметной области

Все последующие задачи решаются в наиболее достоверной модели.

Причины этого просты. Если модель достоверна, то:

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

3.5.2. Конкретное решение задачи в данной работе

Технически сам выбор наиболее достоверной модели и задание ее текущей осуществляется в режиме 5.6 системы «Эйдос» и проходит быстро (рисунки 15). Это необходимо делать лишь для решения задачи идентификации и прогнозирования (в режиме 4.1.2), которая требует и

потребляет наибольшие вычислительные ресурсы и поэтому решается только для модели, заданной в качестве текущей. Все остальные расчеты проводятся в системе «Эйдос» сразу во всех моделях.

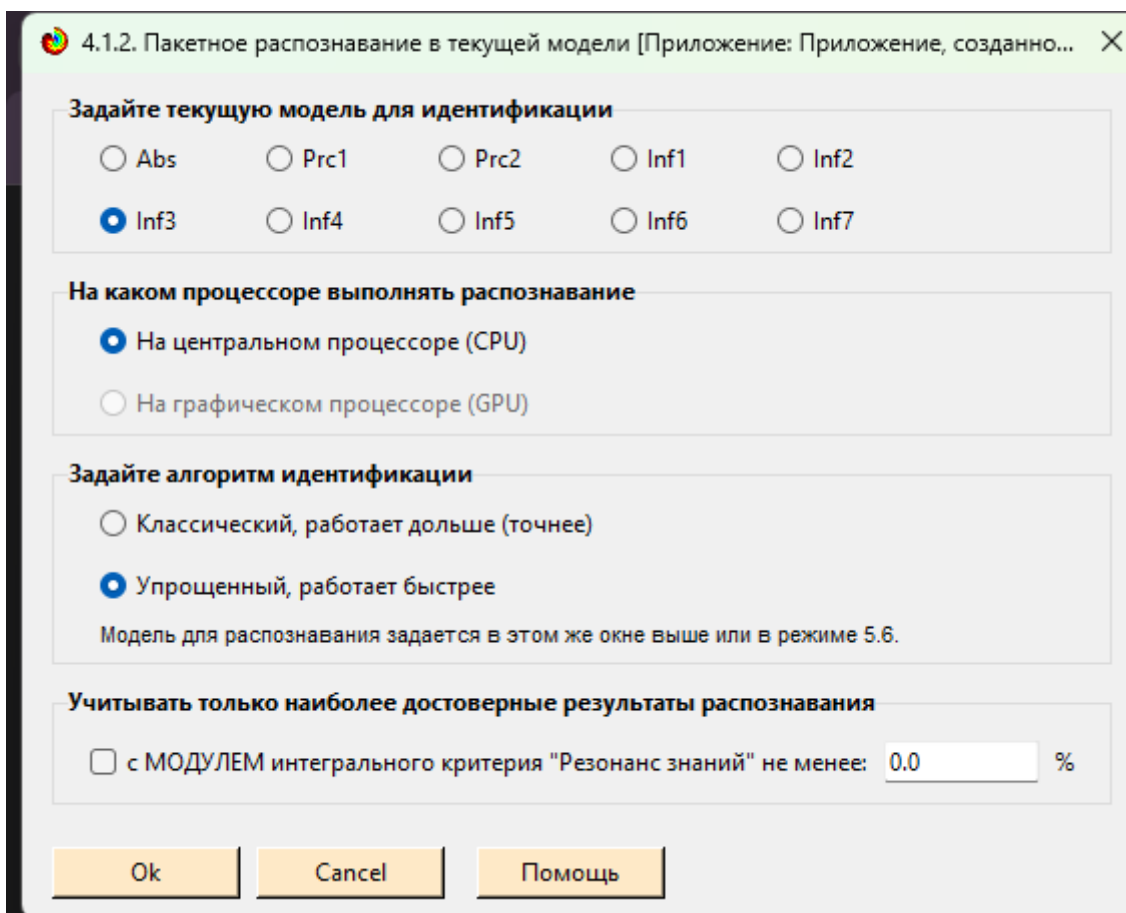


Рисунок 15. Задание СК-модели INF3 в качестве текущей

3.6. Задача-6. Системная идентификация и прогнозирование

3.6.1. Универсальная постановка задачи, не зависящая от предметной области

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

Задачи идентификации и прогнозирования взаимосвязаны и мало чем отличаются друг от друга. Главное различие между ними в том, что при идентификации значения свойств и принадлежность объекта к классу

относятся к одному моменту времени, а при прогнозировании значения факторов относятся к прошлому, а переход объекта под действием этих факторов в состояние, соответствующее классу относится к будущему (рисунок 3).

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

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

3.6.1.1. Интегральный критерий «Сумма знаний»

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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).

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

3.6.1.2. Интегральный критерий «Семантический резонанс знаний»

Интегральный критерий «Семантический резонанс знаний»

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

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

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

где:

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

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

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

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

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

Приведенное выражение для интегрального критерия «Семантический резонанс знаний» получается непосредственно из выражения для критерия «Сумма знаний» после замены координат перемножаемых векторов их стандартизированными значениями: $I_{ij} \rightarrow \frac{I_{ij} - \bar{I}_j}{\sigma_j}$, $L_i \rightarrow \frac{L_i - \bar{L}}{\sigma_l}$. Поэтому по своей сути он также является скалярным произведением двух стандартизированных (единичных) векторов класса и объекта. Существуют и много других способов нормирования, например,

путем применения вейвлетов и сплайнов, в частности линейной интерполяции: $I_{ij} \rightarrow \frac{I_{ij} - I_j^{\min}}{I_j^{\max} - I_j^{\min}}$, $L_i \rightarrow \frac{L_i - L^{\min}}{L^{\max} - L^{\min}}$, Это позволяет предложить

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

3.6.1.3. Важные математические свойства интегральных критериев

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

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

Во-вторых, данный интегральный критерий является **фильтром**, подавляющим белый **шум**, который всегда присутствует в эмпирических исходных данных и в моделях, созданных на их основе. Это свойство подавлять белый шум проявляется у данного критерия тем ярче, чем больше в модели градаций описательных шкал.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

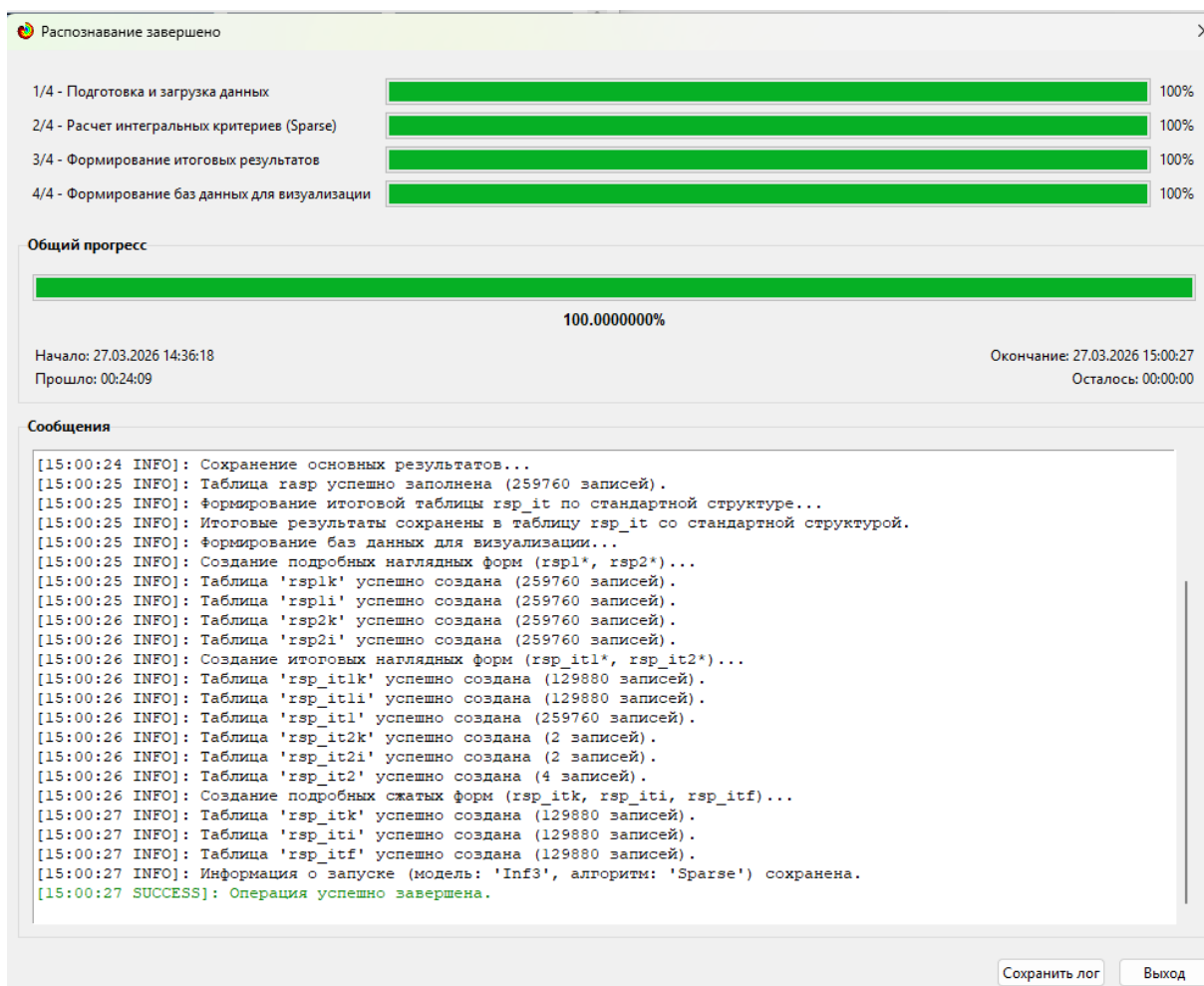


Рисунок 16. Экранные формы режима 4.1.2 идентификации и прогнозирования

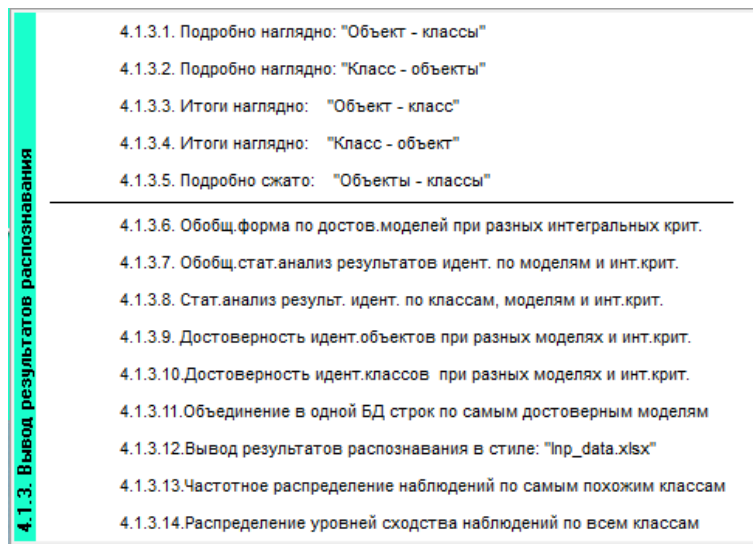


Рисунок 17. Меню подсистемы 4.1.3 системы «Эйдос», обеспечивающей вывод форм по результатам решения задачи идентификации и прогнозирования

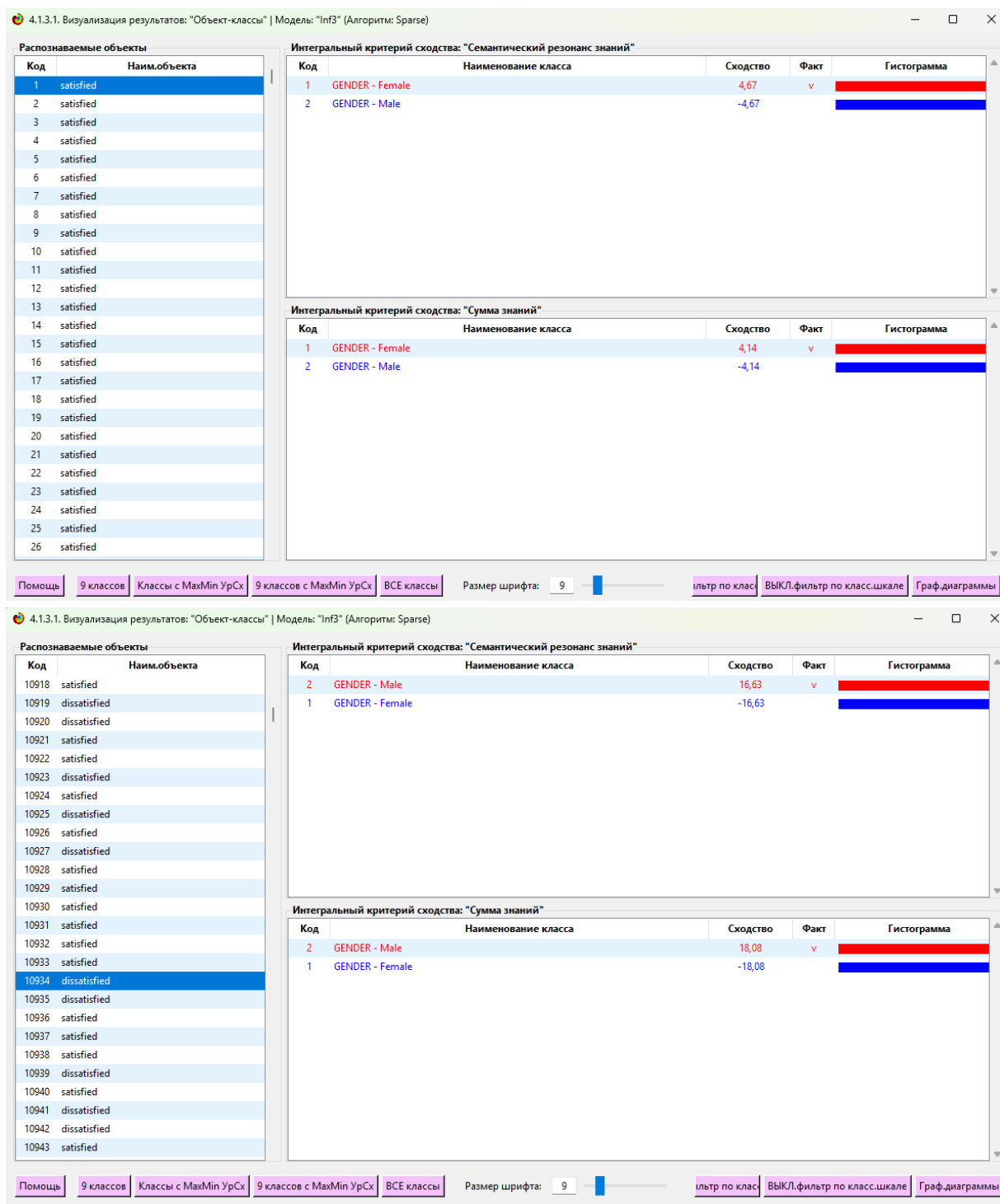


Рисунок 18. Некоторые экранные формы результатов идентификации и прогнозирования 4.1.3 системы «Эйдос»

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

3.7. Задача-7. Поддержка принятия решений

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

3.7.1.1. Универсальная постановка задачи, не зависящая от предметной области

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

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

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

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

На первом рисунке 19 приведена экранная форма задания в диалоге параметров отображения SWOT-диаграммы. На этой экранной форме в верхнем окне пользователь курсором выбирает исследуемый класс, внизу слева задает модель для исследования, а справа внизу задает отображать ли SWOT-диаграмму. Кроме того пользователь может включить или выключить фильтры по факторам и посмотреть помощь по режиму. При включении фильтра по фактору, на котором стоит курсор, на экранных формах отображается влияние только значения этого фактора.

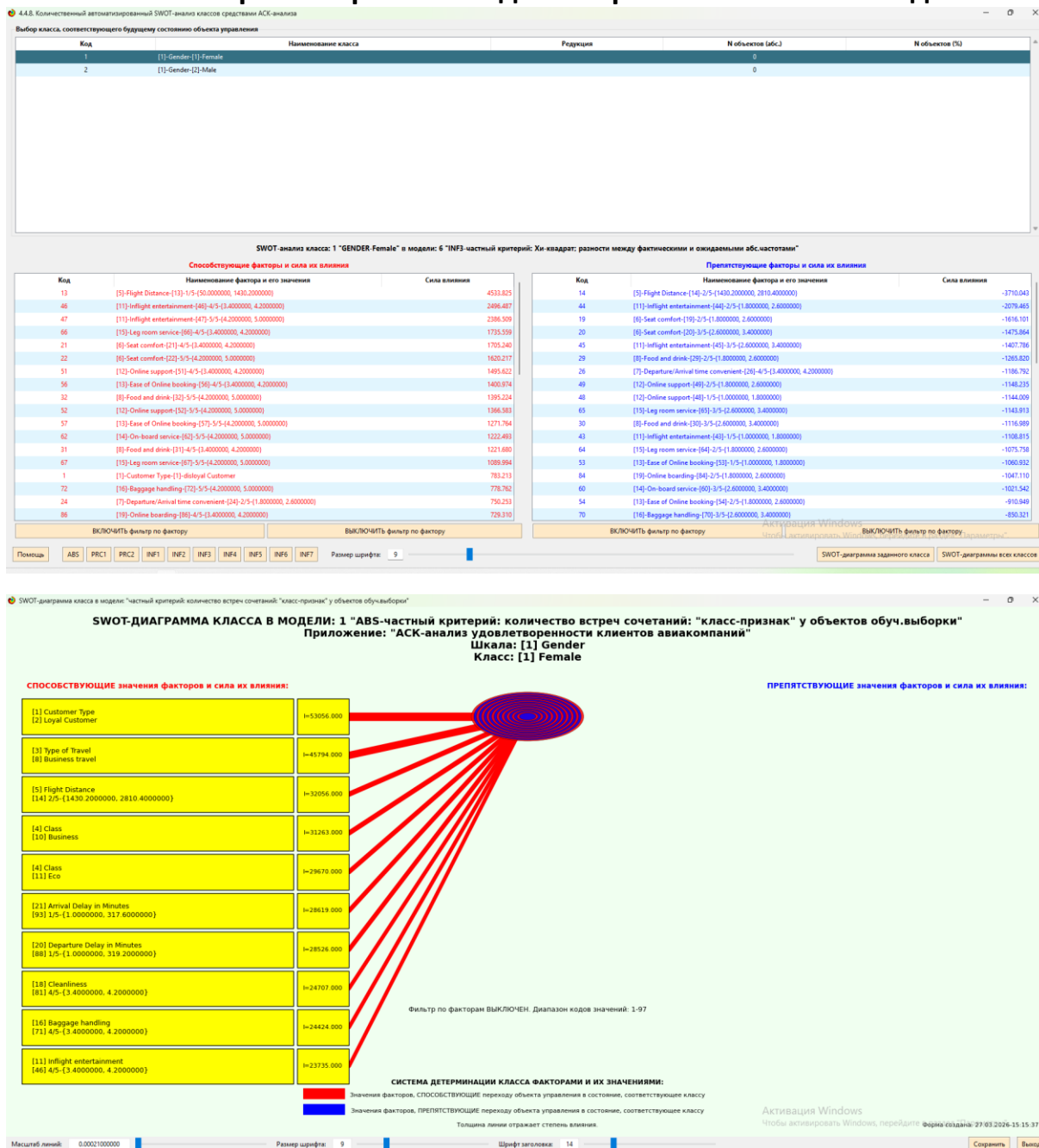
Графические выходные формы, приведенные на рисунках 19, интуитивно понятны и не требуют особых комментариев. Отметим лишь, что на SWOT-диаграммах наглядно показаны знак и сила влияния каждого значения фактора на переход объекта моделирования в состояние, соответствующее классу, выбранному в верхнем окне.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

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

Необходимо подчеркнуть, что в системе «Эйдос» SWOT-диаграммы формируются автоматически на основе статистических и системно-когнитивных моделей, созданных непосредственно на основе эмпирических данных, а не как обычно не формализуемым экспертным путем на основе

интуиции, опыта и профессиональной компетенции, т.е. практически «на глазок», а в некоторых случаях и вообще «от фонаря».

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



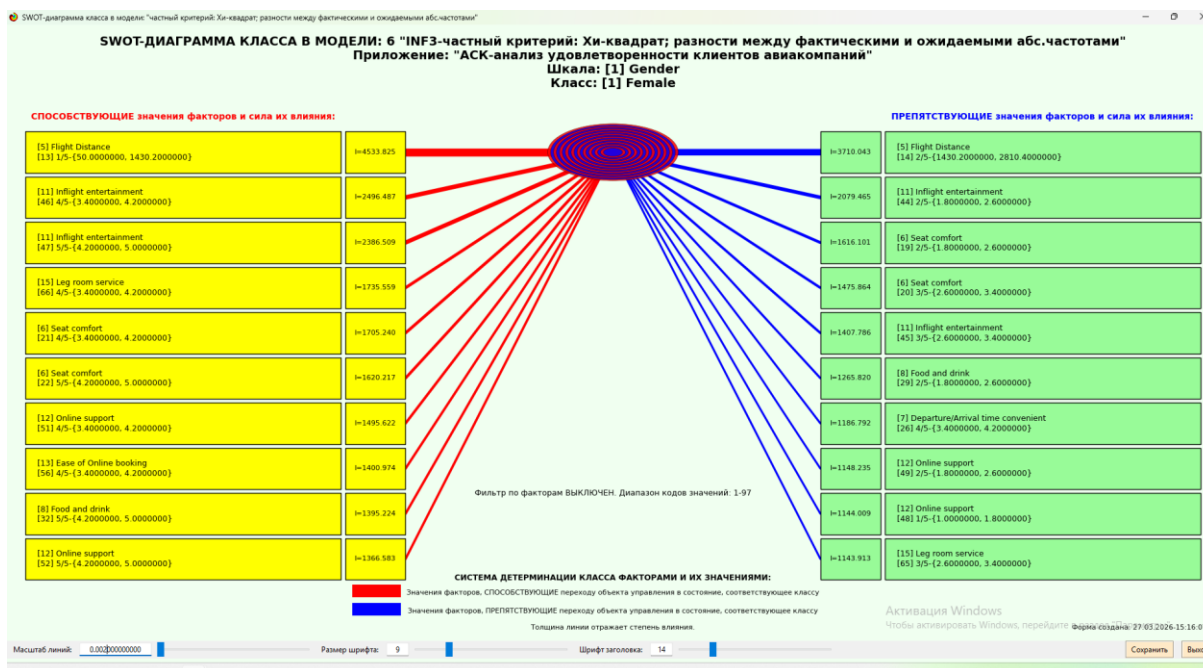


Рисунок 19. Примеры экранных формы режима автоматизированного SWOT-анализа (режим 4.4.8 системы «Эйдос»)

Из приведенных выходных форм SWOT-анализа четко видно, что высокая дальность перелета (Flight Distance, I=4533.8) является наиболее сильным фактором, способствующим удовлетворенности женщин (Female) при использовании критерия «Хи-квадрат». Ей следуют высокое качество развлекательной системы на борту (Inflight entertainment, оценки 4/5 и 5/5), комфорт кресла (Seat comfort, оценки 4/5 и 5/5), а также удобство онлайн-поддержки (Online support) и сервис с питанием (Food and drink) на высоких оценках.

В то же время средняя дальность перелета (Flight Distance 2/5, I=3710.0), низкие оценки развлекательной системы (Inflight entertainment 2/5, I=2079.5) и дискомфорт кресел (Seat comfort 2/5 и 3/5) вносят существенный вклад в снижение удовлетворенности.

С другой стороны, такие факторы, как высокое качество питания (Food and drink 5/5), удобное время вылета/прилета (Departure/Arrival time convenient) и качественная онлайн-поддержка (Online support 4/5, 5/5), препятствуют попаданию клиентов в группу с низкой удовлетворенностью.

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 Ризбергера и критериям L1 и L2 проф.Е.В.Луценко (реж.3.4) [9]. Повышение уровня системности и адекватности модели объекта управления (принцип Уильяма Росса Эшби) [14, 15].

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

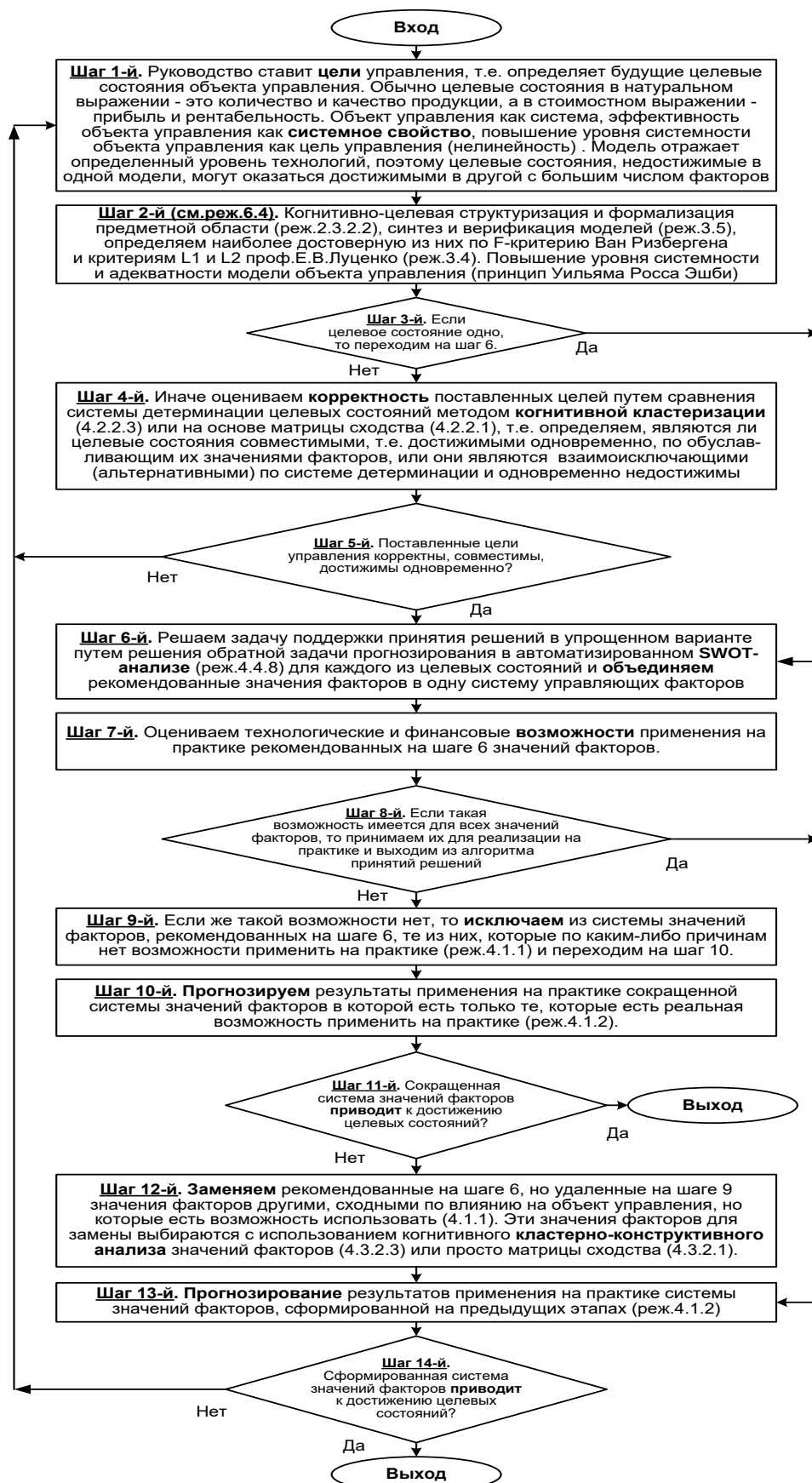


Рисунок 20. Разработанный алгоритм принятия решений в интеллектуальных системах управления на основе АСК-анализа и системы «Эйдос»

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

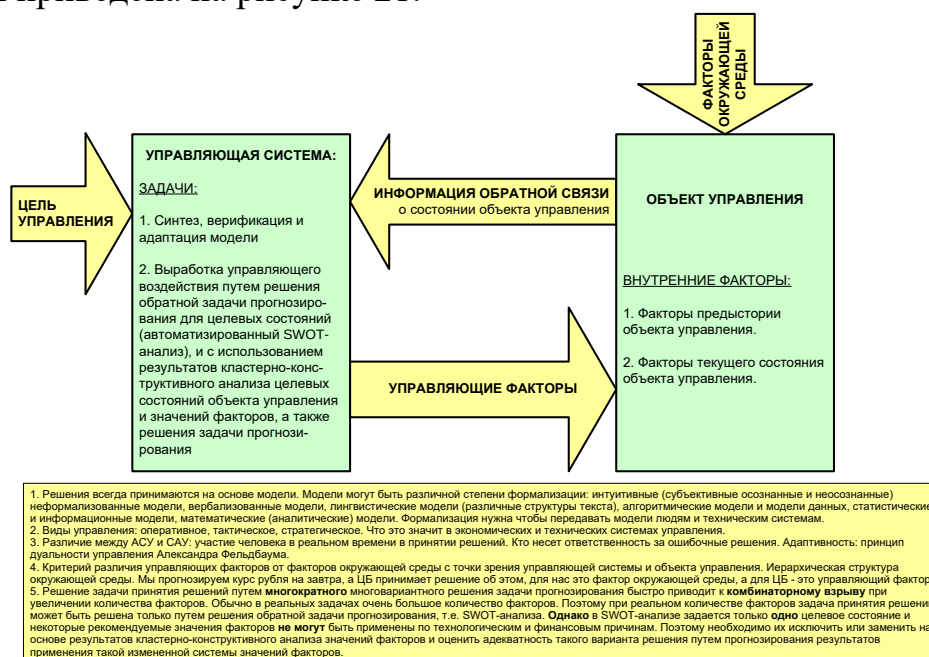


Рисунок 21. Принципиальная схема адаптивной интеллектуальной системы управления на основе АСК-анализа и системы «Эйдос»

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

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

Необходимо отметить, что модели системы Эйдос – это феноменологические модели, отражающие эмпирические закономерности в фактах обучающей выборки, т.е. они не отражают причинно-следственного механизма детерминации, а только сам факт и характер детерминации (силу и направление влияния факторов). **Содержательное** объяснение конкретных механизмов этих эмпирических закономерностей формулируется уже экспертами на теоретическом уровне познания в содержательных научных законах [12, 17].

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

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

3.8.1.1. Универсальная постановка задачи, не зависящая от предметной области

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

3.8.1.2. Конкретное решение задачи в данной работе

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

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

Выбор класса, соответствующего будущему состоянию объекта управления

Код	Наименование класса	Родители	Н объектов (абс.)	Н объектов (%)
1	[1]-Gender-[1]-Female		0	
2	[1]-Gender-[2]-Male		0	

SWOT-анализ класса: 1 "GENDER-Female" в модели: 6 "INF3-частный критерий: Хи-квадрат: разности между фактическими и ожидаемыми абсолютными частотами"

Способствующие факторы и сила их влияния			Препятствующие факторы и сила их влияния		
Код	Наименование фактора и его значения	Сила влияния	Код	Наименование фактора и его значения	Сила влияния
13	[13]-Flight Distance-[13]-1/5-(5,000000, 1400,2000000)	4533,825	14	[13]-Flight Distance-[14]-2/5-(1400,2000000, 2010,4000000)	-3710,043
46	[113]-Inflight entertainment-[46]-4/5-(1,4000000, 4,2000000)	2496,487	44	[113]-Inflight entertainment-[44]-2/5-(1,4000000, 2,8000000)	-2079,465
47	[113]-Inflight entertainment-[47]-5/5-(4,2000000, 5,0000000)	2386,509	19	[8]-Seat comfort-[19]-2/5-(1,8000000, 2,4000000)	-1616,101
86	[15]-Lag room service-[86]-4/5-(3,4000000, 4,2000000)	1735,559	20	[8]-Seat comfort-[20]-3/5-(2,4000000, 3,4000000)	-1475,964
21	[6]-Seat comfort-[21]-4/5-(1,4000000, 4,2000000)	1705,240	45	[113]-Inflight entertainment-[45]-3/5-(2,4000000, 3,4000000)	-1407,786
22	[6]-Seat comfort-[22]-5/5-(4,2000000, 5,0000000)	1620,217	29	[8]-Food and drink-[29]-2/5-(1,8000000, 2,6000000)	-1265,820
31	[12]-Online support-[31]-4/5-(1,8000000, 4,2000000)	1695,622	26	[7]-Departure/Arrival time convenient-[26]-4/5-(3,4000000, 4,2000000)	-1186,792
56	[13]-Ease of Online booking-[56]-4/5-(1,4000000, 4,2000000)	1400,974	49	[12]-Online support-[49]-2/5-(1,8000000, 2,8000000)	-1148,235
32	[8]-Food and drink-[32]-5/5-(4,2000000, 5,0000000)	1395,234	48	[12]-Online support-[48]-1/5-(1,0000000, 1,8000000)	-1143,913
52	[12]-Online support-[52]-5/5-(4,2000000, 5,0000000)	1366,583	65	[15]-Lag room service-[65]-3/5-(2,4000000, 3,4000000)	-1116,969
57	[13]-Ease of Online booking-[57]-5/5-(4,2000000, 5,0000000)	1271,764	30	[8]-Food and drink-[30]-3/5-(2,4000000, 3,4000000)	-1108,815
62	[14]-On-board service-[62]-5/5-(4,2000000, 5,0000000)	1222,493	43	[113]-Inflight entertainment-[43]-1/5-(1,0000000, 1,8000000)	-1075,758
31	[8]-Food and drink-[31]-4/5-(3,4000000, 4,2000000)	1221,680	64	[15]-Lag room service-[64]-2/5-(1,8000000, 2,6000000)	-1060,932
67	[15]-Lag room service-[67]-5/5-(4,2000000, 5,0000000)	1089,994	53	[13]-Ease of Online booking-[53]-1/5-(1,0000000, 1,8000000)	-1047,110
1	[1]-Customer Type-[1]-disloyal Customer	783,213	84	[19]-Online boarding-[84]-2/5-(1,8000000, 2,6000000)	-1021,542
72	[16]-Baggage handling-[72]-5/5-(4,2000000, 5,0000000)	776,762	60	[14]-On-board service-[60]-3/5-(2,4000000, 3,4000000)	-910,949
24	[7]-Departure/Arrival time convenient-[24]-2/5-(1,8000000, 2,6000000)	750,253	54	[13]-Ease of Online booking-[54]-2/5-(1,8000000, 2,6000000)	-850,321
86	[16]-Baggage handling-[86]-4/5-(3,4000000, 4,2000000)	729,510	70	[16]-Baggage handling-[70]-3/5-(2,6000000, 3,4000000)	

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

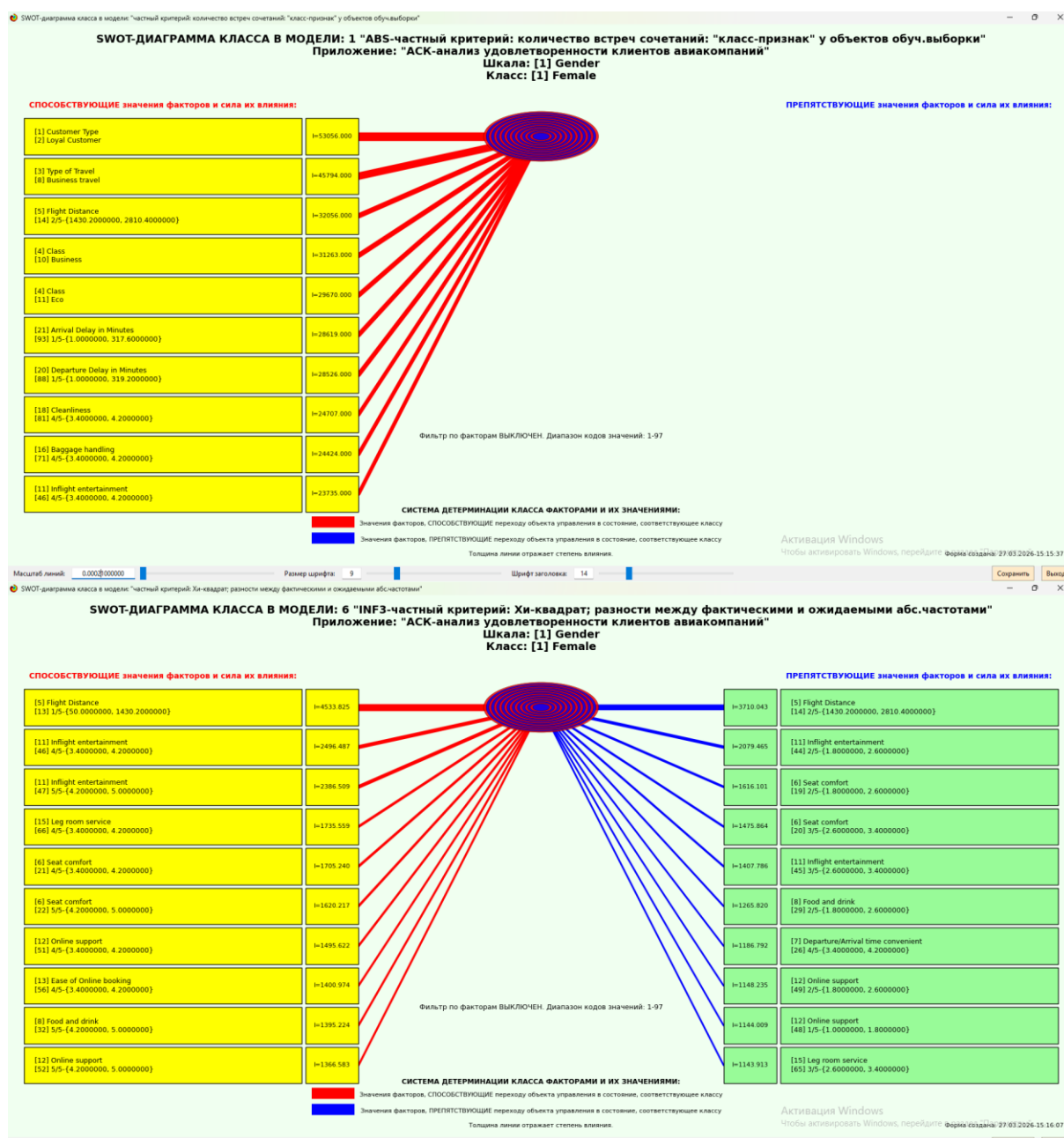


Рисунок 22. Примеры инвертированных SWOT-диаграмм влияния значений факторов на переход объекта моделирования в будущие состояния, соответствующие классам

По результатам инвертированной SWOT-диаграммы (рис. 22), построенной для класса «Female» на основе критерия хи-квадрат, можно сделать вывод. Приведенные выходные формы SWOT-анализа исчерпывающим образом отражают силу и направление влияния каждого значения каждого фактора на переход объекта моделирования в состояние, соответствующее классу «Female». Из представленных данных четко видно, что формированию удовлетворенности у женщин-пассажиров в наибольшей степени способствуют значения факторов, попадающие в верхние интервалы оценок (4,2–5,0) и (3,4–4,2) по таким параметрам, как

«Развлечения на борту» (Inflight entertainment), «Комфорт кресла» (Seat comfort), «Онлайн-поддержка» (Online support) и «Удобство онлайн-бронирования» (Ease of Online booking). При этом ключевым стимулирующим фактором выступает «Дальность перелета» (Flight Distance) в интервале (4,2–4,3), демонстрирующий наиболее высокий вклад (131,7).

В то же время переход в данное состояние сдерживается преимущественно средними значениями этих же факторов в интервале (3,4–4,2), которые формируют группу препятствий. Полученная система детерминации свидетельствует о том, что для женской аудитории критически важным является достижение высоких стандартов сервиса (выше 4,2) по ключевым категориям комфорта и цифрового взаимодействия. Во многом именно концентрация на обеспечении стабильно высоких оценок по перечисленным параметрам и представляет собой 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 4.2.2.1, рисунок 23) рассчитывается матрица сходства классов (таблица 14) по системе их детерминации и на основе этой матрицы рассчитывается и выводится три основных формы:

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

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

3.8.2.2. Конкретное решение задачи в данной работе

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

Таблица 8 – Матрица сходства классов в СК-модели INF4 (полностью)



ЗАВИСИМОСТЬ МЕЖКЛАСТЕРНЫХ РАССТОЯНИЙ ОТ УРОВНЯ ИЕРАРХИИ (КЛАССЫ)

Приложение: АСК - анализ удовлетворенности клиентов авиакомпаний
Модель: 6. INF3 - частный критерий: Хи-квадрат, разности между фактическими и ожидаемыми абс.частотами
Метод кластеризации: weighted

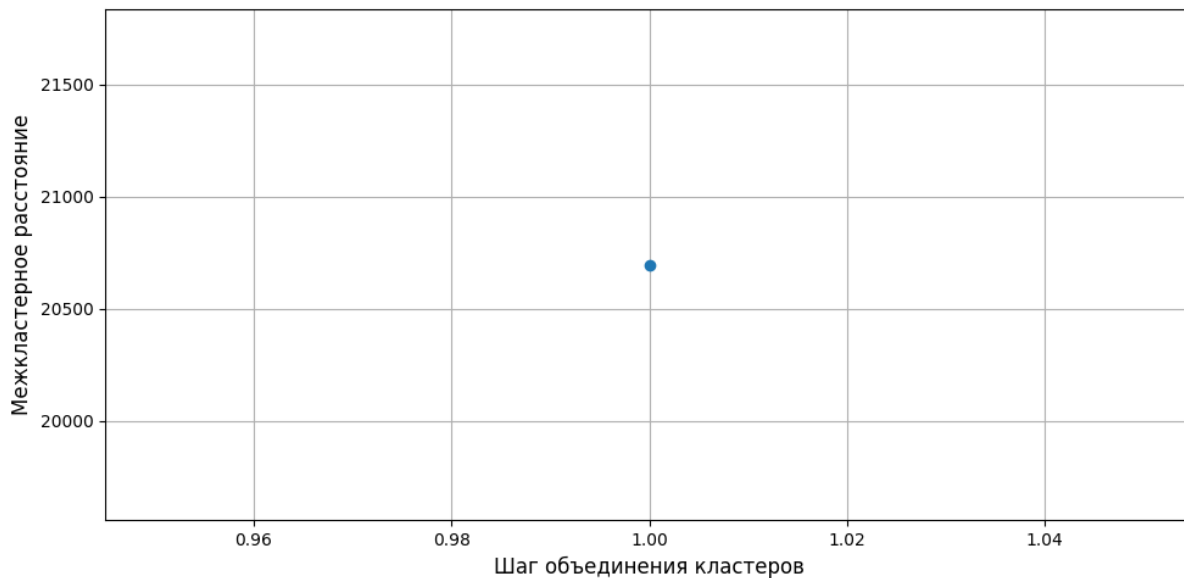


Рисунок 25. График изменения межкластерных расстояний (режим 4.2.2.3)

ДЕНДРОГРАММА АГЛОМЕРАТИВНОЙ КЛАСТЕРИЗАЦИИ КЛАССОВ(С[®]) Персональная интеллектуальная on-line среда 'Эйдос'

Приложение: АСК - анализ удовлетворенности клиентов авиакомпаний

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

Метод кластеризации: average

Дата и время создания: 2026-03-30 18:09:14

Объекты

[1]-Gender-[2]-Male

[1]-Gender-[1]-Female

Рисунок 26. Агломеративная дендрограмма (режим 4.2.2.3)

3.8.3. Кластерно-конструктивный анализ значений описательных шкал

3.8.3.1. Универсальная постановка задачи, не зависящая от предметной области

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

- круговая 2d-когнитивная диаграмма признаков (режим 4.3.2.2) рисунок 28);
- агломеративные дендрограммы, полученные в результате *когнитивной (истинной) кластеризации признаков* (предложена автором в 2011 году в работе [16]) (режим 4.3.2.3) рисунок 29);
- график изменения межкластерных расстояний (режим 4.3.2.3) рисунок 30).

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

3.8.3.2. Конкретное решение задачи в данной работе

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

4.2.2.4. Классическая кластеризация классов

1. Выбор модели для кластеризации

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

2. Параметры круговой диаграммы

Связи не менее (%):

☐ Показывать классы без связей

Размер по X (px):

Размер по Y (px):

Толщина линий (px):

Разрешение (DPI):

3. Параметры дендрограммы

Размер по X (px):

Размер по Y (px):

Толщина линий (px):

Шрифт заголовка:

Шрифт объектов:

Разрешение (DPI):

4. Методы кластеризации

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

5. Действия

Выполнить кластеризацию

Сохранить лог

Помощь по методам

Заккрыть

Лог выполнения

```

[18:16:33] Этап 14: Построение графика расстояний (метод: median)...
[18:16:33] График расстояний для метода 'median' создан за 0.13 сек.
[18:16:33] Этап 15: Создание дендрограммы (метод: ward)...
[18:16:33] Дендрограмма для метода 'ward' создана за 0.14 сек.
[18:16:33] Этап 16: Построение графика расстояний (метод: ward)...
[18:16:33] График расстояний для метода 'ward' создан за 0.13 сек.
[18:16:33] Кластеризация завершена. Результаты сохранены в папке:
C:\Users\shara\Downloads\Eidos_Portable\app\AID_DATA\A0000002\ClusteringClasses
  
```

100% Начало: 18:16:31 Прошло: 00:00:02 Осталось: 00:00:00 Окончание: 18:16:33

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

	[1]-Gender-[1]-Female	[1]-Gender-[2]-Male
[1]-Gender-[1]-Female	1	-1
[1]-Gender-[2]-Male	-1	1

Таблица 9 – Матрица сходства значений факторов в СК-модели INF3 (фрагмент)

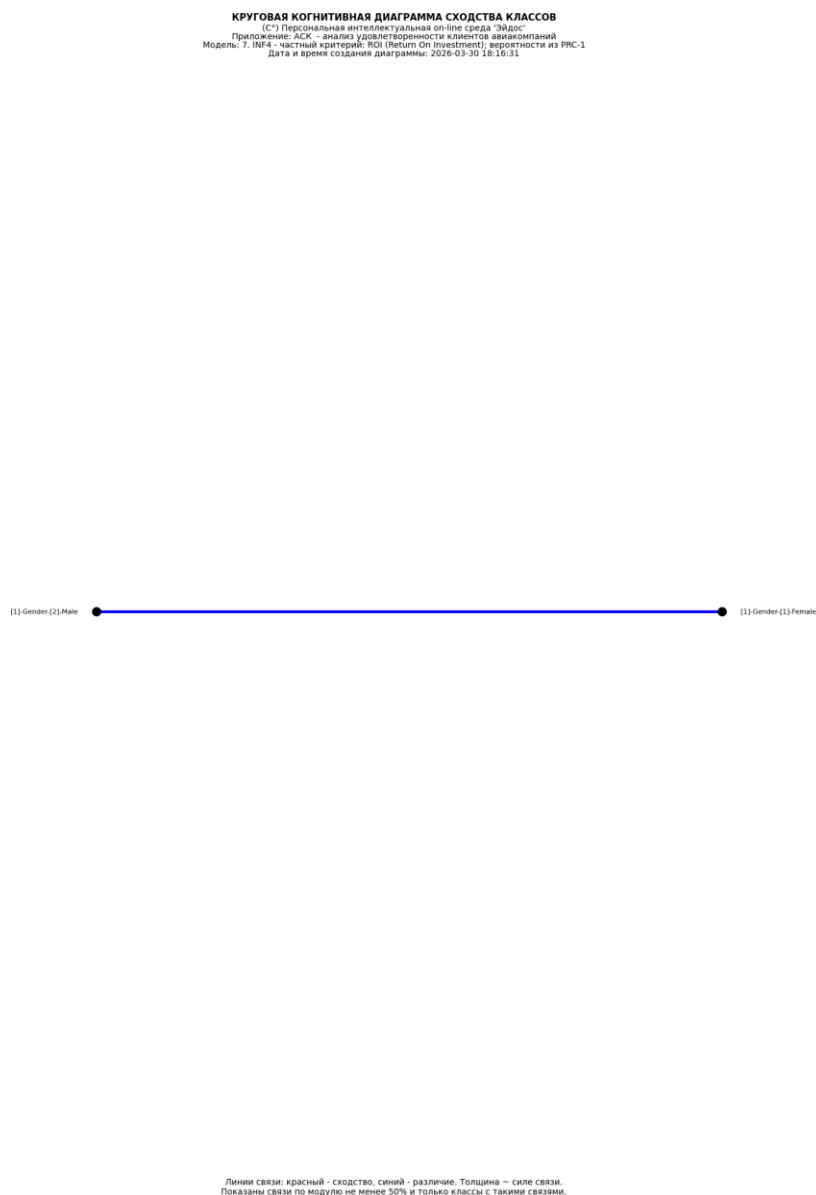


Рисунок 28. Круговая 2d-когнитивная диаграмма значений факторов в СК-модели INF4 (режим 4.3.2.2)

ДЕНДРОГРАММА АГЛОМЕРАТИВНОЙ КЛАСТЕРИЗАЦИИ КЛАССОВ(С^о) Персональная интеллектуальная on-line среда 'Эйдос'

Приложение: АСК - анализ удовлетворенности клиентов авиакомпаний

Модель: 7. INF4 - частный критерий: ROI (Return On Investment); вероятности из PRC-1

Метод кластеризации: average

Дата и время создания: 2026-03-30 18:16:32

Объекты

[1]-Gender-[2]-Male

[1]-Gender-[1]-Female

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

ЗАВИСИМОСТЬ МЕЖКЛАСТЕРНЫХ РАССТОЯНИЙ ОТ УРОВНЯ ИЕРАРХИИ (КЛАССЫ)

Приложение: АСК - анализ удовлетворенности клиентов авиакомпаний
 Модель: 7. INF4 - частный критерий: ROI (Return On Investment); вероятности из PRC-1
 Метод кластеризации: weighted

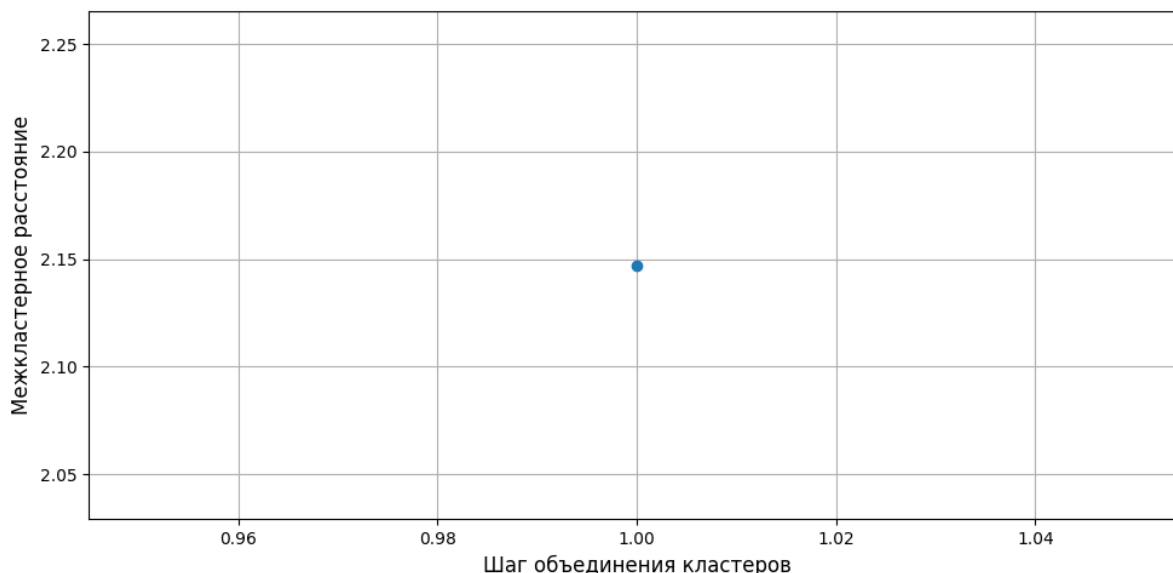


Рисунок 30. График зависимости межкластерных расстояний (режим 4.3.2.3)

3.8.4. Модель знаний системы «Эйдос» и нелокальные нейроны

3.8.4.1. Универсальная постановка задачи, не зависящая от предметной области

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

Классы в этой модели соответствуют нейронам и фреймам, а признаки рецепторам и шпациям (описательные шкалы – слотам).

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

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

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

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

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

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

3.8.4.2. Конкретное решение задачи в данной работе

4.4.10. Графическое отображение нелокальных нейронов в системе "Эйдос"

Выбор нелокального нейрона (класса) для визуализации

Код	Наименование нелокального нейрона (класса)
1	[1]-GENDER-[1]-female
2	[1]-GENDER-[2]-male

Подготовка визуализации нейрона: 1 "[1]-GENDER-[1]-female" в модели: 6 "INF3"

АКТИВИРУЮЩИЕ рецепторы и сила их влияния

Код	Наименование описательной шкалы и градации	Сила
13	[5] Flight Distance -> [13] 1/5-(-50.000000, 1430.2000000)	4533.8249
46	[11] Inflight entertainment -> [46] 4/5-(-3.4000000, 4.2000000)	2496.4872
47	[11] Inflight entertainment -> [47] 5/5-(-4.2000000, 5.0000000)	2386.5090
66	[15] Leg room service -> [66] 4/5-(-3.4000000, 4.2000000)	1735.5594
21	[6] Seat comfort -> [21] 4/5-(-3.4000000, 4.2000000)	1705.2405
22	[6] Seat comfort -> [22] 5/5-(-4.2000000, 5.0000000)	1620.2166
51	[12] Online support -> [51] 4/5-(-3.4000000, 4.2000000)	1495.6218
56	[13] Ease of Online booking -> [56] 4/5-(-3.4000000, 4.2000000)	1400.9743
32	[8] Food and drink -> [32] 5/5-(-4.2000000, 5.0000000)	1395.2240
52	[12] Online support -> [52] 5/5-(-4.2000000, 5.0000000)	1366.5830
57	[13] Ease of Online booking -> [57] 5/5-(-4.2000000, 5.0000000)	1271.7645

ТОРМОЗЯЩЕЕ рецепторы и сила их влияния

Код	Наименование описательной шкалы и градации	Сила
14	[5] Flight Distance -> [14] 2/5-(-1430.2000000, 2810.4000000)	-3710.0430
44	[11] Inflight entertainment -> [44] 2/5-(-1.8000000, 2.6000000)	-2079.4651
19	[6] Seat comfort -> [19] 2/5-(-1.8000000, 2.6000000)	-1616.1014
20	[6] Seat comfort -> [20] 3/5-(-2.6000000, 3.4000000)	-1475.8643
45	[11] Inflight entertainment -> [45] 3/5-(-2.6000000, 3.4000000)	-1407.7861
29	[8] Food and drink -> [29] 2/5-(-1.8000000, 2.6000000)	-1265.8203
26	[7] Departure/Arrival time convenient -> [26] 4/5-(-3.4000000, 4.2000000)	-1186.7917
49	[12] Online support -> [49] 2/5-(-1.8000000, 2.6000000)	-1148.2351
48	[12] Online support -> [48] 1/5-(-1.0000000, 1.8000000)	-1144.0091
65	[15] Leg room service -> [65] 3/5-(-2.6000000, 3.4000000)	-1143.9126
30	[8] Food and drink -> [30] 3/5-(-2.6000000, 3.4000000)	-1116.9888

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

Помощь ABS PRC1 PRC2 INF1 INF2 INF3 INF4 INF5 INF6 INF7

Сортировать рецепторы: ☒ по информативности ☐ по модулю информативности

Отображать рецепторы: ☒ с наименованиями ☐ только с кодами

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

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

Размер шрифта в таблицах данной формы: 9

Максимальное количество отображаемых рецепторов: 999 Минимальный вес. коэфф. отображаемых рецепторов: 0.000

ОДИН НЕЙРОН

СТАРТ

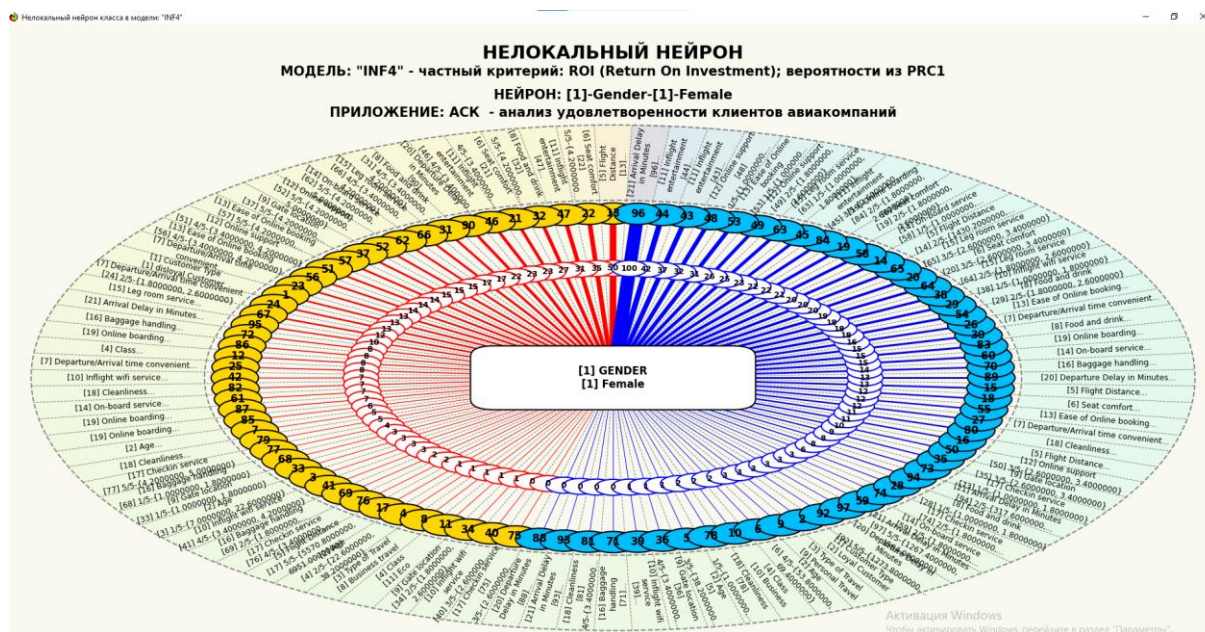


Рисунок 31. Примеры нелокальных нейронов, соответствующие классам

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.

3.8.6. 3D-интегральные когнитивные карты

3.8.6.1. Универсальная постановка задачи, не зависящая от предметной области

3d-интегральная когнитивная карта является отображением на одном рисунке когнитивной диаграммы классов (рисунок 24) вверху и когнитивной диаграммы значений факторов (рисунок 28) внизу и

соединяющего их одного слоя нейронной сети (рисунок 32) (режим 4.4.12 системы «Эйдос») (рисунок 33).

3.8.6.2. Конкретное решение задачи в данной работе

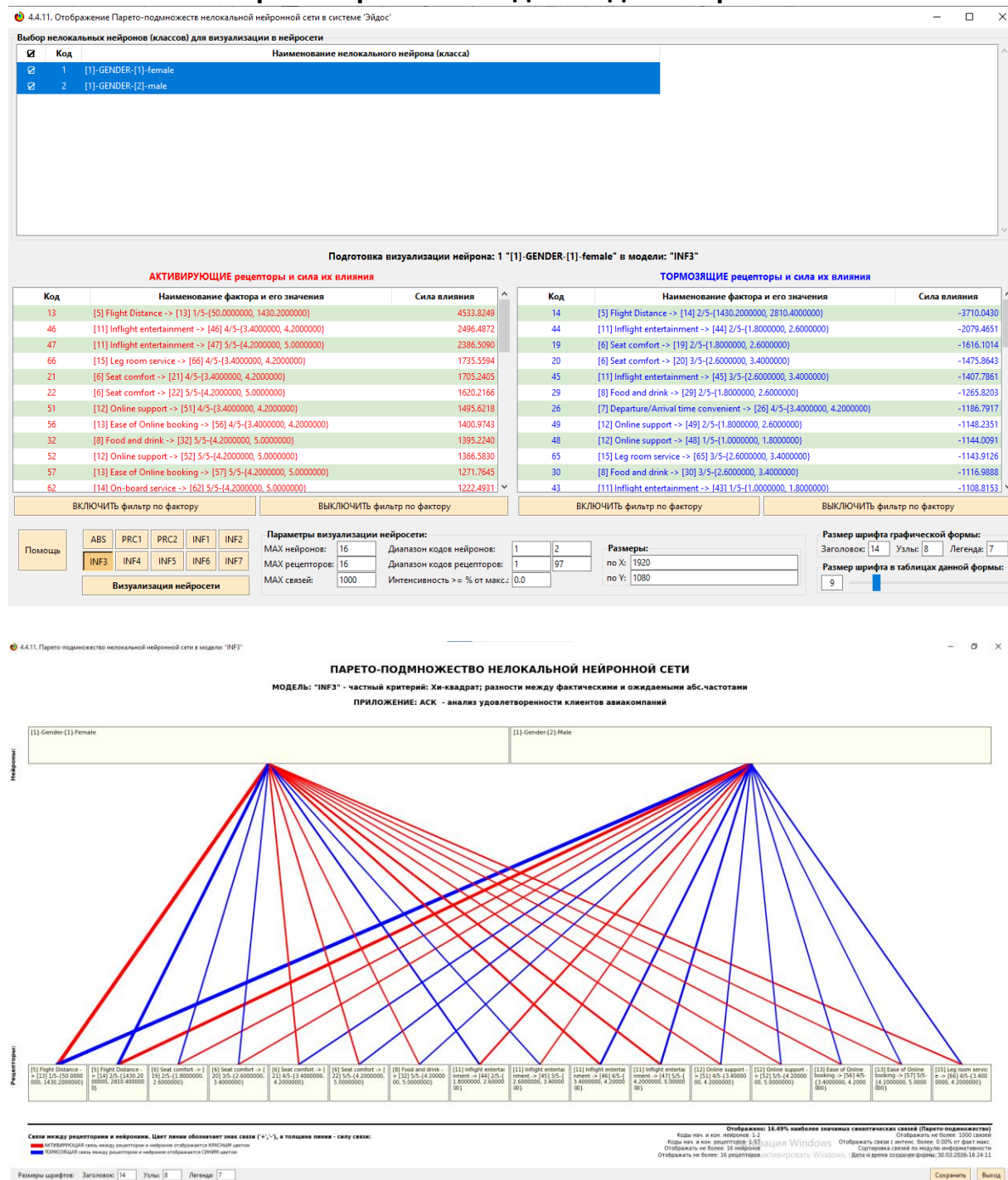


Рисунок 32. 3d-когнитивная диаграмма классов и признаков (режим 4.4.11)

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

3.8.7.1. Универсальная постановка задачи, не зависящая от предметной области

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

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

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

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

Пример опосредованных правдоподобных рассуждений.

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

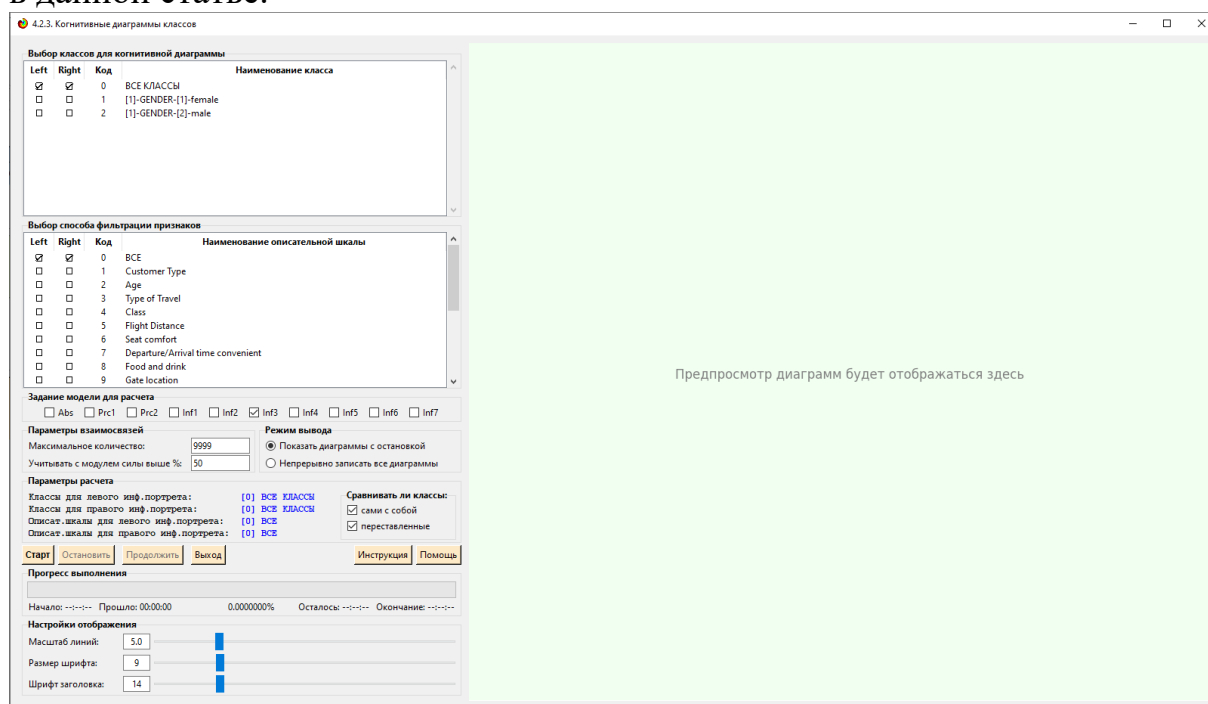
3.8.7.2. Конкретное решение задачи в данной работе

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

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.

http://lc.kubagro.ru/aidos/_Aidos-X.htm, а затем в диспетчере приложений (режим 1.3) скачать и установить интеллектуальное облачное Эйдос-приложение №393 и получить в нем все выходные формы, как это описано в данной статье.



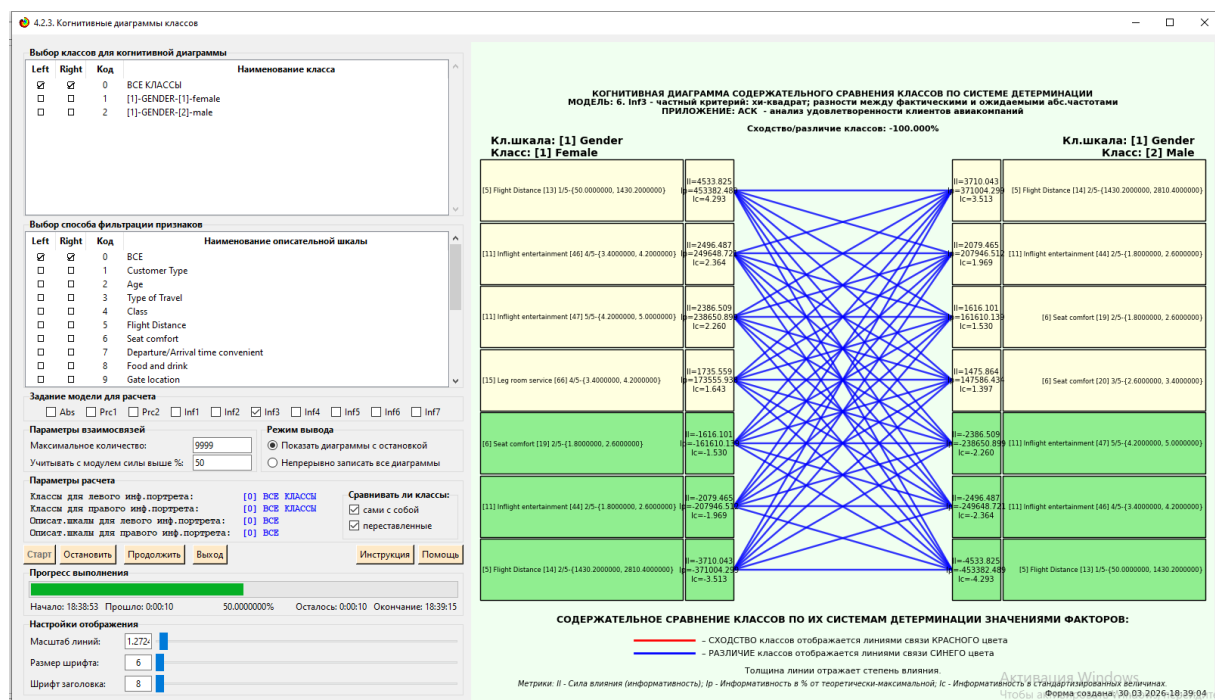
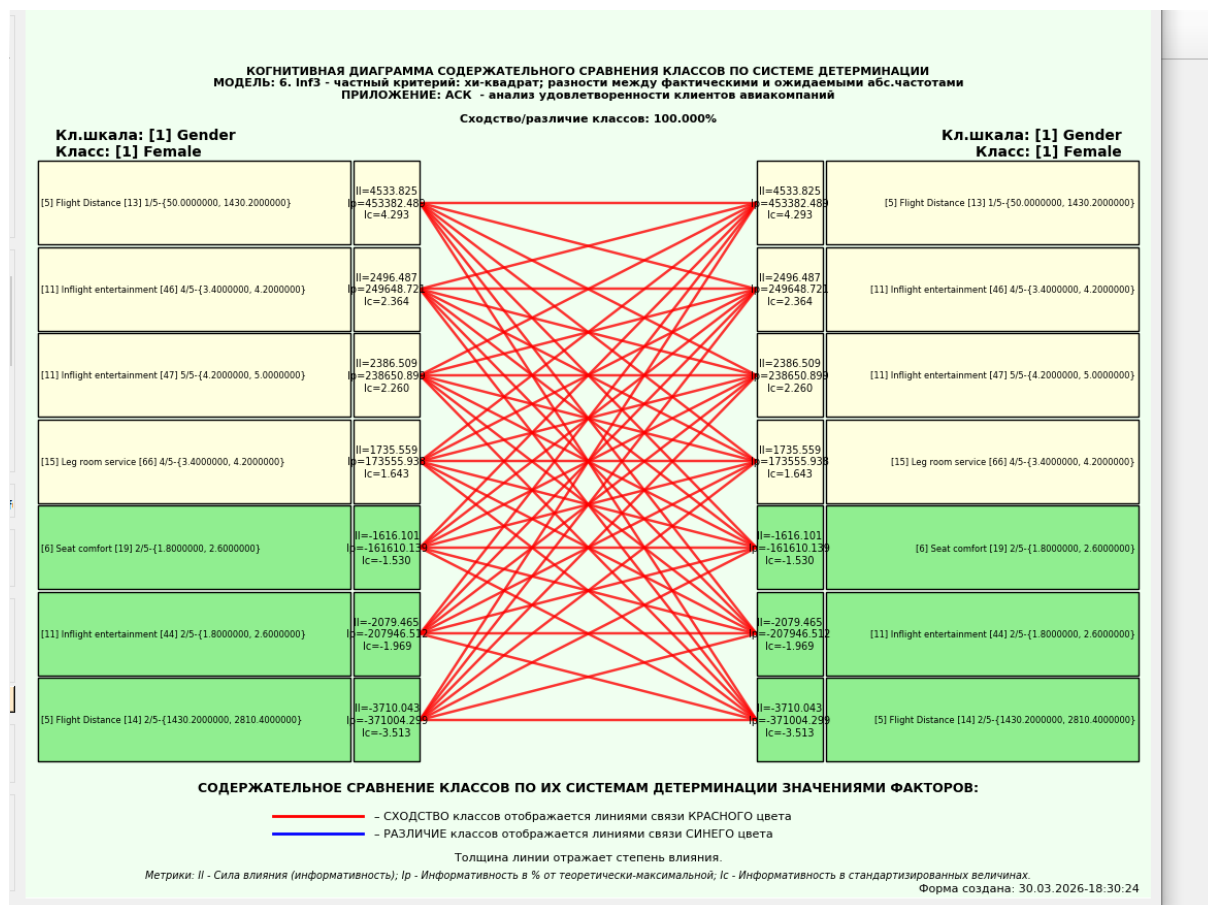


Рисунок 33. Примеры 2d-интегральных когнитивных карт содержательного сравнения классов по их системе детерминации в СК-модели INF3

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

3.8.8.1. Универсальная постановка задачи, не зависящая от предметной области

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

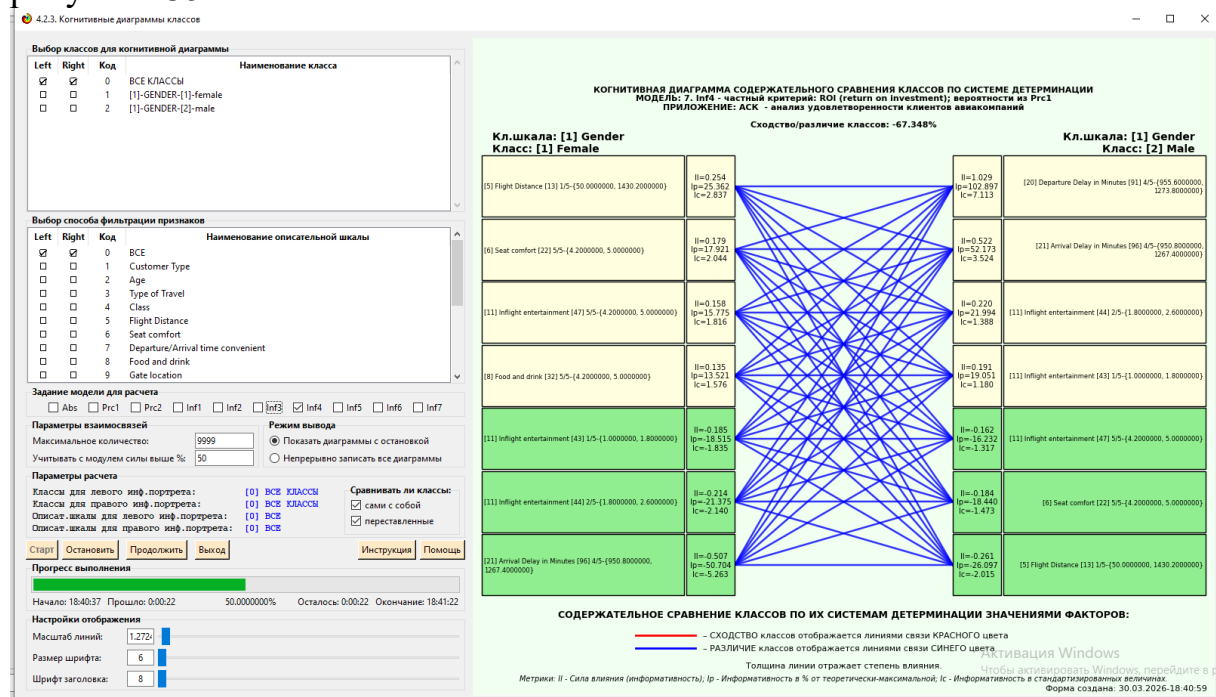
Напомним, что смысл событий, согласно концепции смысла Шенка-Абельсона, используемой в АСК-анализе, состоит в знании причин и последствий этих событий [21].

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

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

3.8.8.2. Конкретное решение задачи в данной работе

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



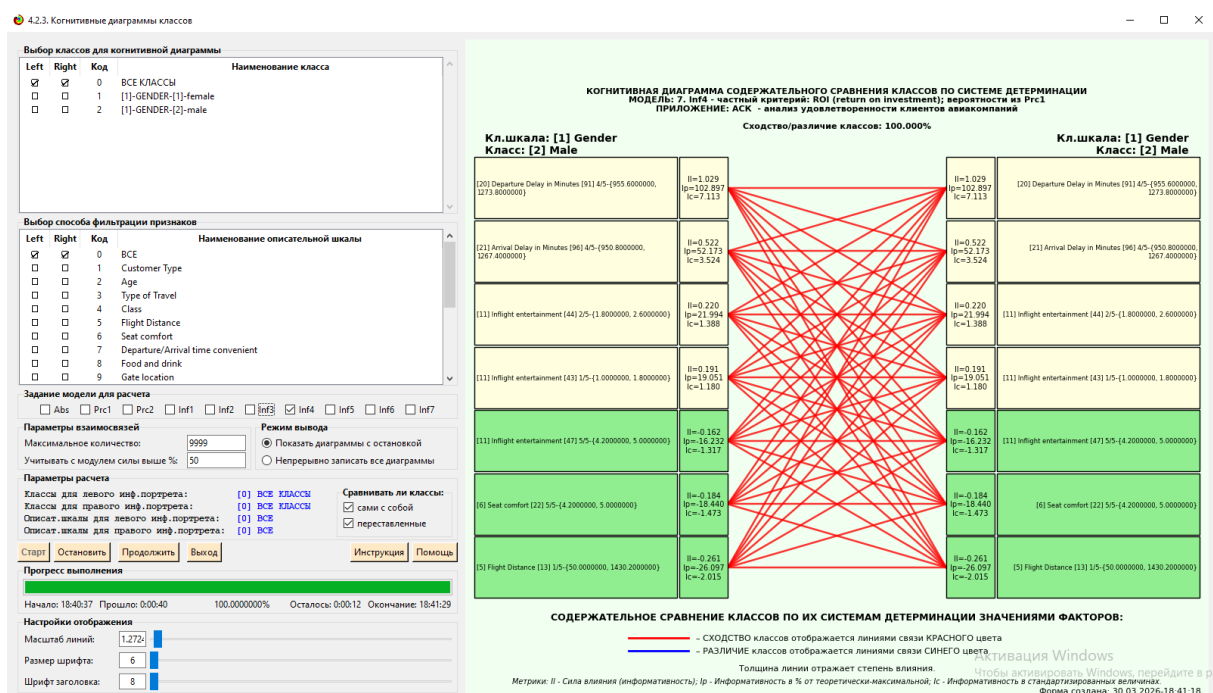


Рисунок 34. Примеры 2d-интегральных когнитивных карт содержательного сравнения значений факторов по их влиянию на переход объекта моделирования в состояния, соответствующие классам в СК-модели INF4

Всего системой в данной модели генерируется $9^2=81$ подобных диаграмм содержательного сравнения значений факторов по их смыслу, т.е. по влиянию на объект моделирования. В данной работе все они приводятся. Пользователь при желании всегда может скачать и установить систему «Эйдос» с сайта разработчика: <http://lc.kubagro.ru/aidos/Aidos-X.htm>, а затем в диспетчере приложений (режим 1.3) скачать и установить интеллектуальное облачное Эйдос-приложение №393 и получить в нем все выходные формы, как описано в данной статье.

3.8.9. Когнитивные функции

3.8.9.1. Универсальная постановка задачи, не зависящая от предметной области

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

Когнитивные функции отображают, какое количество информации содержится в градациях описательной шкалы о переходе объекта моделирования в состояния, соответствующие градациям классификационной шкалы. При этом в статистических и системно-когнитивных моделях в каждой градации описательной шкалы содержится информация обо всех градациях классификационной шкалы, т.е. *каждому значению аргумента соответствуют все значения функции, но*

соответствуют в разной степени, причем как положительной, так и отрицательной, которая отображается цветом.

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

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

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

3.8.9.2. Конкретное решение задачи в данной работе

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

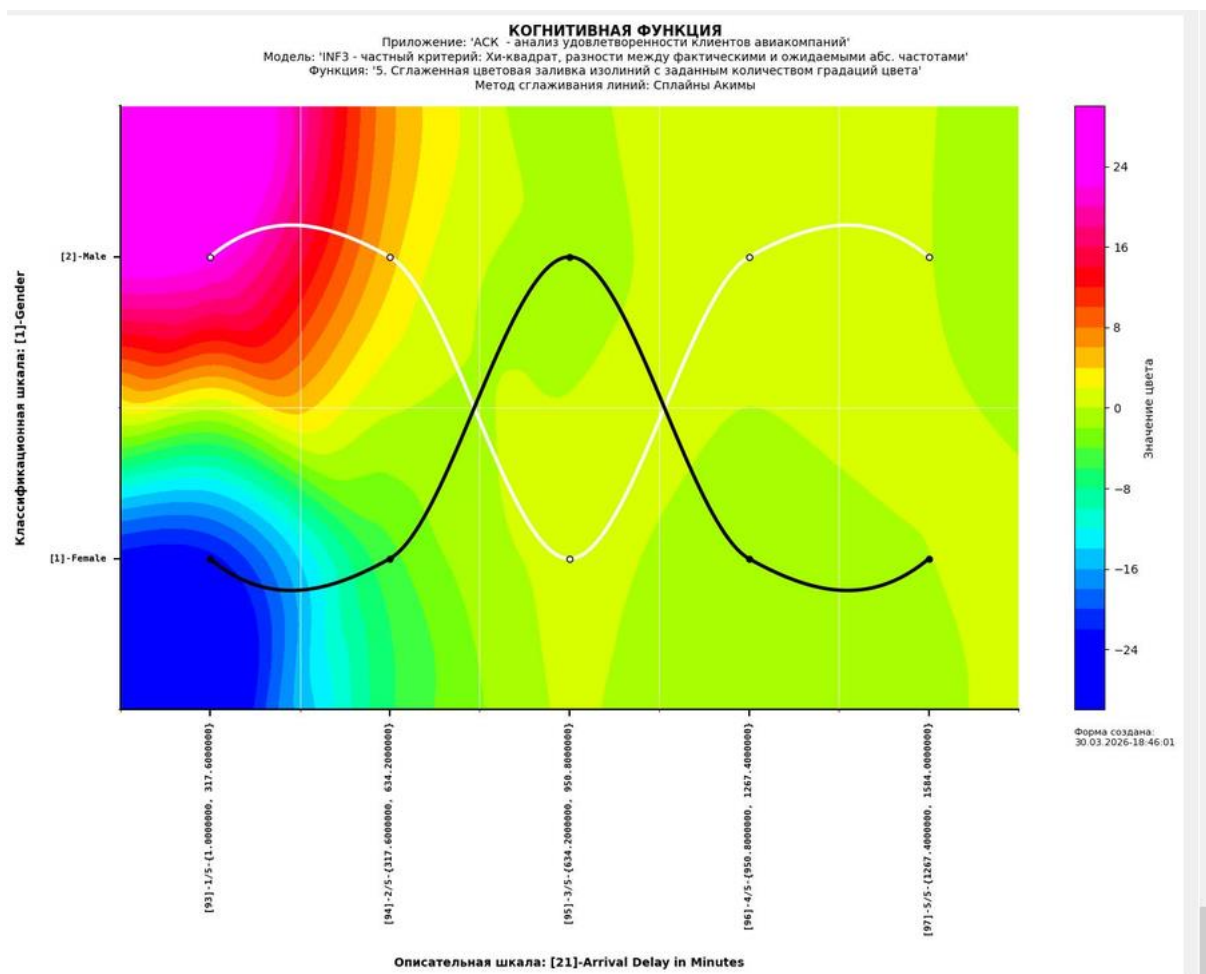
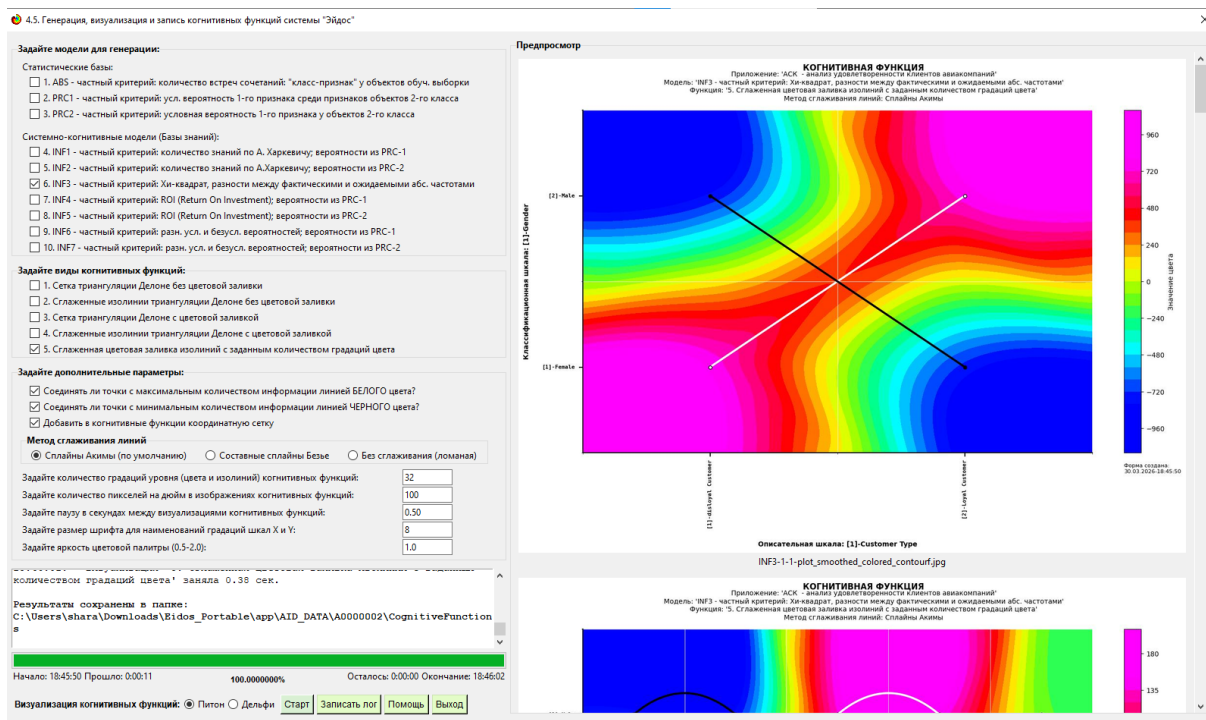


Рисунок 35. Примеры когнитивных функций в СК-модели INF3

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

3.8.10. Значимость описательных шкал и их градаций

3.8.10.1. Универсальная постановка задачи, не зависящая от предметной области

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

Значимость (селективная сила) градаций описательных шкал в АСК-анализе – это вариабельность частных критериев в статистических и системно-когнитивных моделях, например в модели Inf1, это вариабельность информативностей (режим 3.7.5 системы «Эйдос»)) (рисунок 37):

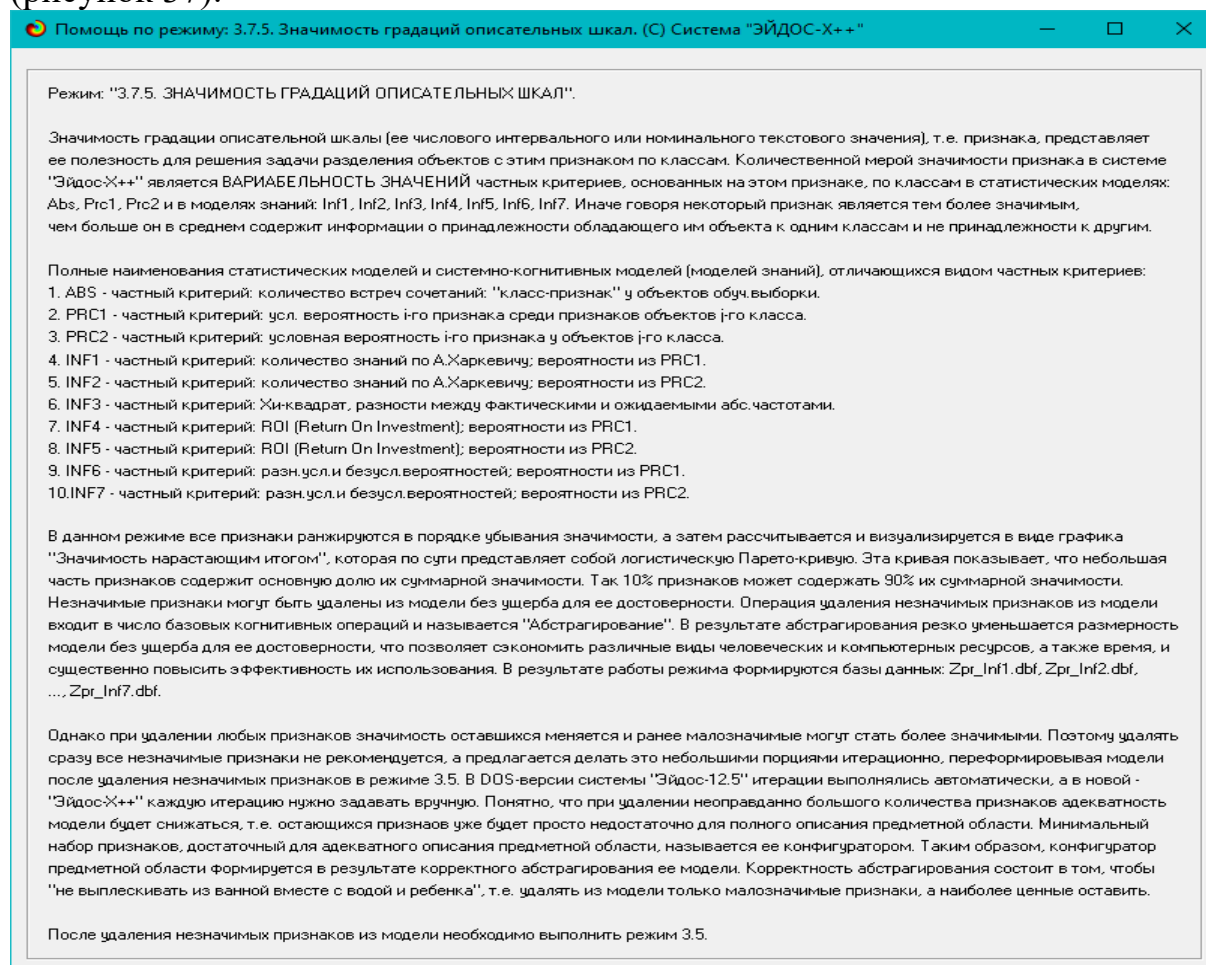


Рисунок 36. Help режима 3.7.5, поясняющий смысл значимости градаций описательных шкал

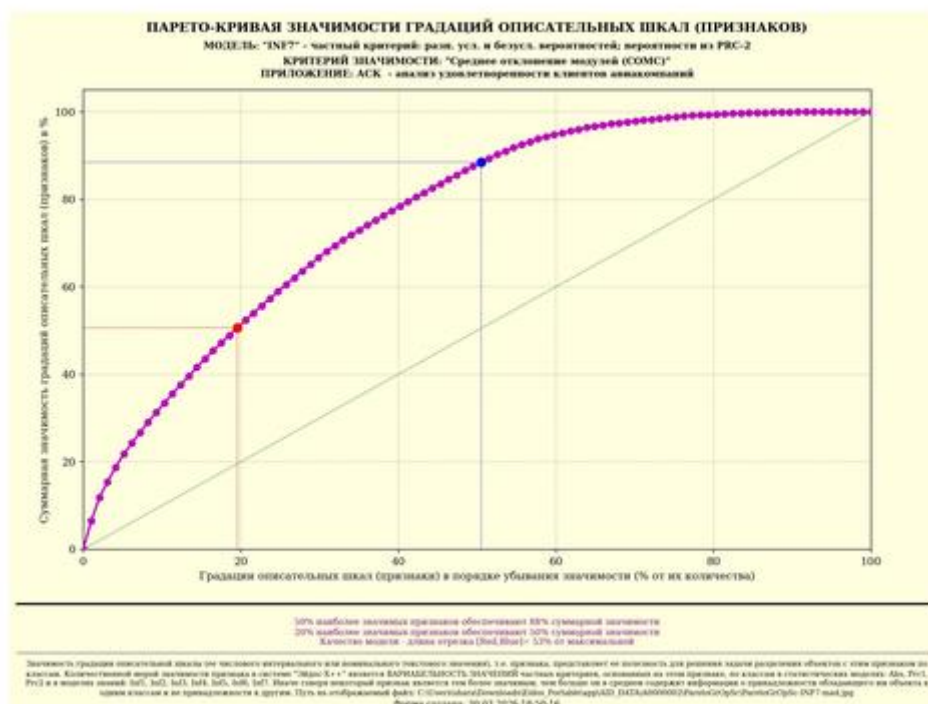
Значимость всей описательной шкалы является средним от степени значимости ее градаций (режим 3.7.4 системы «Эйдос»).

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

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 INF1:

Рисунок 37. Парето-кривая силы влияния значений факторов на поведение объекта моделирования в СК-модели INF1



Из рисунка 38 видно, что 43% наиболее ценных значений факторов обеспечивает половину суммарного влияния всех значений факторов, а половина наиболее ценных значений факторов обеспечивает 58% 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 будущее

состояния, соответствующие классам, имеет каждое значение каждого фактора.

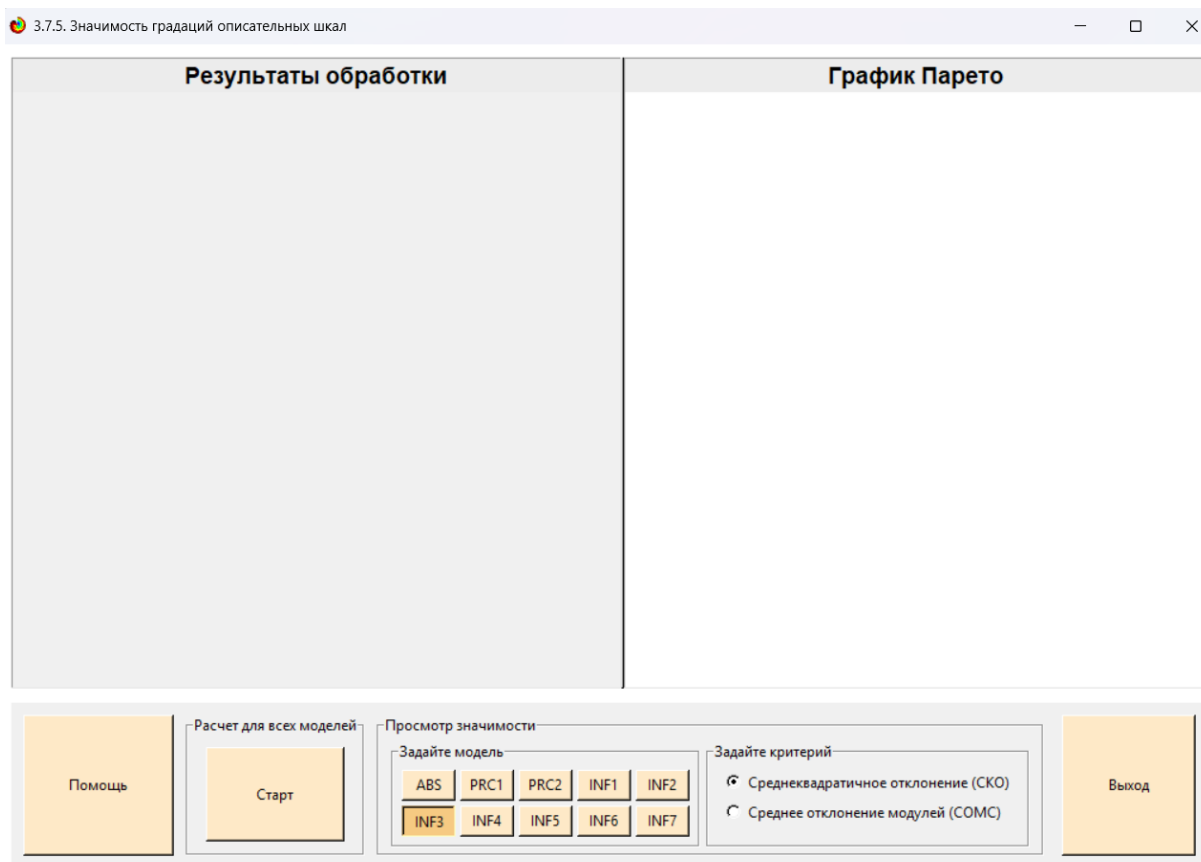


Рисунок 38. Рейтинг качества статистических и системно-когнитивных моделей и имена Excel-файлов с информацией о силе и направлении влияния значений факторов в этих моделях

Таблица 10 – Сила влияния значений факторов на поведение объекта моделирования в СК-модели INF1

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

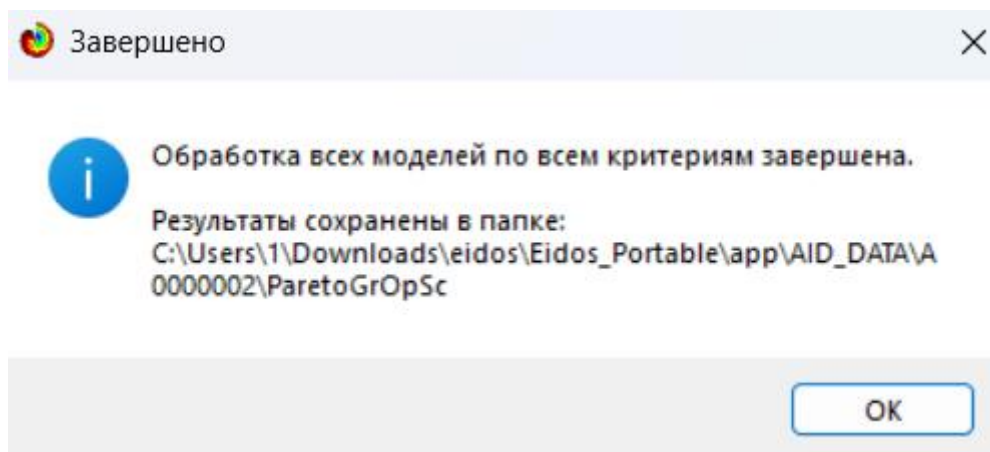


Рисунок 39. Имена Excel-файлов с информацией о силе влияния факторов в статистических и системно-когнитивных моделях

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

Таблица 11 – Сила влияния факторов на поведение объекта моделирования в системно-когнитивной модели INF1

Сила влияния значений факторов на поведение объекта моделирования в Системно-когнитивной модели INF3, критерий значимости: Среднеквадратичное отклонение (СКО)						
№	№%	Код значения фактора	Наименование фактора и его значения	Код фактора	Значимость, (%)	Значимость кумулятивно, (%)
1	1.031	13	Flight Distance - 1/5-{50.0000000, 1430.2000000}	5	6.500	6.500
2	2.062	14	Flight Distance - 2/5-{1430.2000000, 2810.4000000}	5	5.319	11.818
3	3.093	46	Inflight entertainment - 4/5-{3.4000000, 4.2000000}	11	3.579	15.397
4	4.124	47	Inflight entertainment - 5/5-{4.2000000, 5.0000000}	11	3.421	18.819
5	5.155	44	Inflight entertainment - 2/5-{1.8000000, 2.6000000}	11	2.981	21.800
6	6.186	66	Leg room service - 4/5-{3.4000000, 4.2000000}	15	2.488	24.288
7	7.216	21	Seat comfort - 4/5-{3.4000000, 4.2000000}	6	2.445	26.733
8	8.247	22	Seat comfort - 5/5-{4.2000000, 5.0000000}	6	2.323	29.055
9	9.278	19	Seat comfort - 2/5-{1.8000000, 2.6000000}	6	2.317	31.372
10	10.309	51	Online support - 4/5-{3.4000000, 4.2000000}	12	2.144	33.516
11	11.340	20	Seat comfort - 3/5-{2.6000000, 3.4000000}	6	2.116	35.632
12	12.371	45	Inflight entertainment - 3/5-{2.6000000, 3.4000000}	11	2.018	37.650
13	13.402	56	Ease of Online booking - 4/5-{3.4000000, 4.2000000}	13	2.008	39.659
14	14.433	32	Food and drink - 5/5-{4.2000000, 5.0000000}	8	2.000	41.659
15	15.464	52	Online support - 5/5-{4.2000000, 5.0000000}	12	1.959	43.618
16	16.495	57	Ease of Online booking - 5/5-{4.2000000, 5.0000000}	13	1.823	45.441
17	17.526	29	Food and drink - 2/5-{1.8000000, 2.6000000}	8	1.815	47.256
18	18.557	62	On-board service - 5/5-{4.2000000, 5.0000000}	14	1.753	49.009
19	19.588	31	Food and drink - 4/5-{3.4000000, 4.2000000}	8	1.751	50.760
20	20.619	26	Departure/Arrival time convenient - 4/5-{3.4000000, 4.2000000}	7	1.701	52.461
21	21.649	49	Online support - 2/5-{1.8000000, 2.6000000}	12	1.646	54.107
22	22.680	48	Online support - 1/5-{1.0000000, 1.8000000}	12	1.640	55.748
23	23.711	65	Leg room service - 3/5-{2.6000000, 3.4000000}	15	1.640	57.387
24	24.742	30	Food and drink - 3/5-{2.6000000, 3.4000000}	8	1.601	58.989
25	25.773	43	Inflight entertainment - 1/5-{1.0000000, 1.8000000}	11	1.590	60.578
26	26.804	67	Leg room service - 5/5-{4.2000000, 5.0000000}	15	1.563	62.141
27	27.835	64	Leg room service - 2/5-{1.8000000, 2.6000000}	15	1.542	63.683
28	28.866	53	Ease of Online booking - 1/5-{1.0000000, 1.8000000}	13	1.521	65.204
29	29.897	84	Online boarding - 2/5-{1.8000000, 2.6000000}	19	1.501	66.705
30	30.928	60	On-board service - 3/5-{2.6000000, 3.4000000}	14	1.464	68.170
31	31.959	54	Ease of Online booking - 2/5-{1.8000000, 2.6000000}	13	1.306	69.476
32	32.990	70	Baggage handling - 3/5-{2.6000000, 3.4000000}	16	1.219	70.695
33	34.021	35	Gate location - 3/5-{2.6000000, 3.4000000}	9	1.169	71.864
34	35.052	27	Departure/Arrival time convenient - 5/5-{4.2000000, 5.0000000}	7	1.140	73.004
35	36.082	1	Customer Type - disloyal Customer	1	1.123	74.126
36	37.113	72	Baggage handling - 5/5-{4.2000000, 5.0000000}	16	1.116	75.243
37	38.144	2	Customer Type - Loyal Customer	1	1.077	76.320
38	39.175	24	Departure/Arrival time convenient - 2/5-{1.8000000, 2.6000000}	7	1.076	77.396
39	40.206	86	Online boarding - 4/5-{3.4000000, 4.2000000}	19	1.046	78.441

Из таблицы 17 видно, что примерно 35,6% суммарного влияния на удовлетворенность клиентов авиакомпаний (поведение объекта моделирования) обеспечивают первые десять наиболее значимых градаций факторов. Среди них доминируют «Дальность перелета» (интервалы 50–1430 км и 1430–2810 км) с кумулятивным вкладом 11,8%, а также такие параметры, как «Развлечения на борту» (оценки 3,4–4,2), «Сервис для ног» (3,4–4,2) и «Комфорт кресла» (3,4–4,2). Первые 20 градаций факторов (из 38 представленных) аккумулируют 54,1% суммарного влияния, что указывает на умеренную концентрацию: примерно половина вклада сосредоточена в половине наиболее значимых значений факторов.

Наиболее весомыми факторами выступают дальность перелета, развлечения на борту, комфорт кресла, питание и онлайн-поддержка, в то время как тип клиента (лояльный / нелояльный), расположение выхода на

посадку и обработка багажа вносят сравнительно меньший, но все же значимый вклад. Таким образом, управление качеством обслуживания в ключевых зонах комфорта и цифрового взаимодействия является определяющим для формирования удовлетворенности пассажиров.

3.8.11. Степень детерминированности классов и классификационных шкал

3.8.11.1. Универсальная постановка задачи, не зависящая от предметной области

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

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

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

3.8.11.2. Конкретное решение задачи в данной работе

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

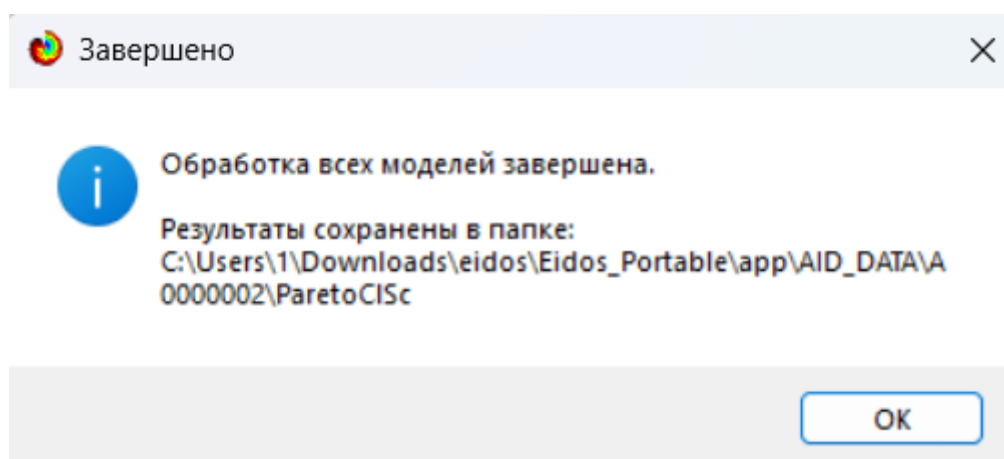
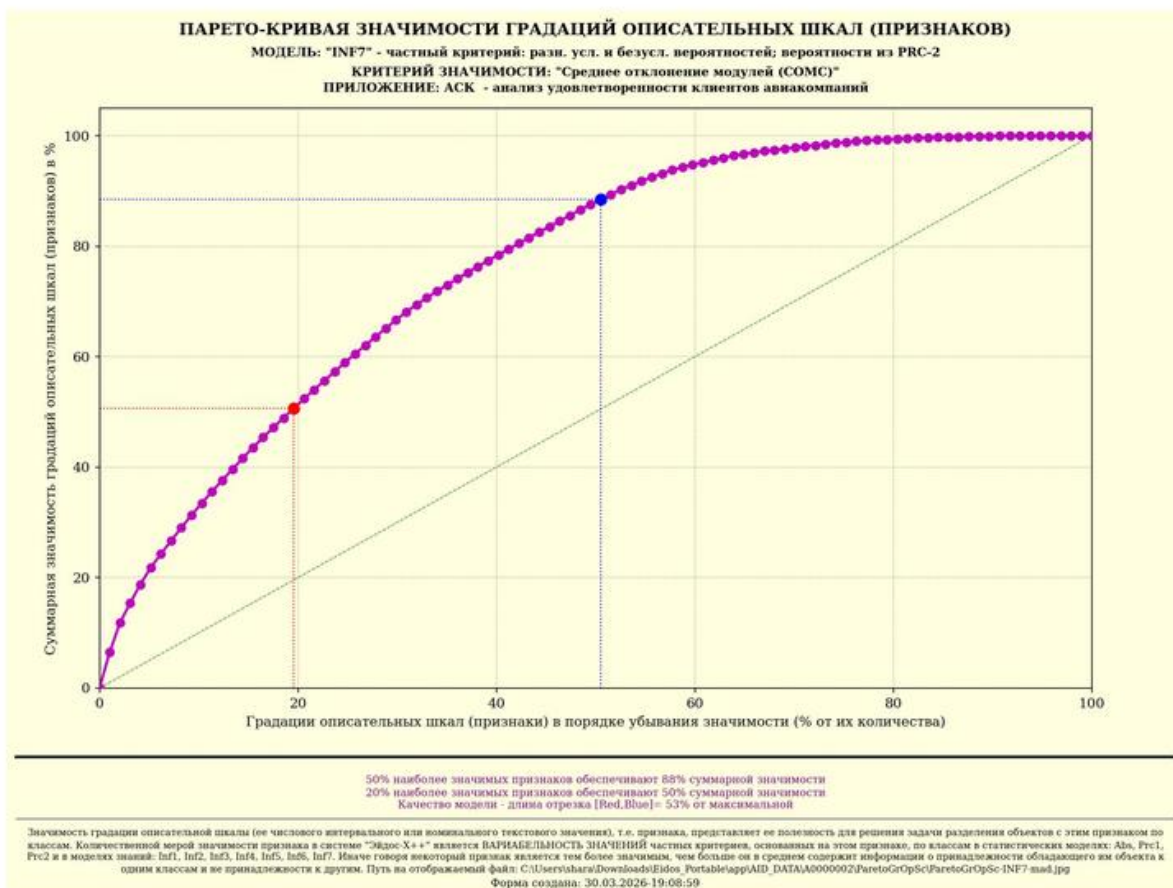


Рисунок 40. Экранные формы режимов 3.7.2 и 3.7.3 системы «Эйдос»

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



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

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

Таблица 12 – Степень детерминированности классов в СК-модели ABS

Сила влияния значений факторов на поведение объекта моделирования в Системно-когнитивной модели ABS, критерий значимости: Среднеквадратичное отклонение (СКО)						
№	№№	Код значения фактора	Наименование фактора и его значения	Код фактора	Значимость, (%)	Значимость кумулятивно, (%)
1	1.031	13	Flight Distance - 1/5-{50.0000000, 1430.2000000}	5	6.495	6.495
2	2.062	14	Flight Distance - 2/5-{1430.2000000, 2810.4000000}	5	4.352	10.848
3	3.093	46	Inflight entertainment - 4/5-{3.4000000, 4.2000000}	11	3.794	14.642
4	4.124	47	Inflight entertainment - 5/5-{4.2000000, 5.0000000}	11	3.528	18.170
5	5.155	66	Leg room service - 4/5-{3.4000000, 4.2000000}	15	2.740	20.911
6	6.186	44	Inflight entertainment - 2/5-{1.8000000, 2.6000000}	11	2.637	23.547
7	7.216	21	Seat comfort - 4/5-{3.4000000, 4.2000000}	6	2.590	26.137
8	8.247	51	Online support - 4/5-{3.4000000, 4.2000000}	12	2.432	28.569
9	9.278	22	Seat comfort - 5/5-{4.2000000, 5.0000000}	6	2.372	30.941
10	10.309	56	Ease of Online booking - 4/5-{3.4000000, 4.2000000}	13	2.288	33.230
11	11.340	52	Online support - 5/5-{4.2000000, 5.0000000}	12	2.200	35.429
12	12.371	32	Food and drink - 5/5-{4.2000000, 5.0000000}	8	2.091	37.520
13	13.402	57	Ease of Online booking - 5/5-{4.2000000, 5.0000000}	13	2.057	39.577
14	14.433	62	On-board service - 5/5-{4.2000000, 5.0000000}	14	1.967	41.544
15	15.464	31	Food and drink - 4/5-{3.4000000, 4.2000000}	8	1.922	43.466
16	16.495	19	Seat comfort - 2/5-{1.8000000, 2.6000000}	6	1.915	45.381
17	17.526	67	Leg room service - 5/5-{4.2000000, 5.0000000}	15	1.813	47.194
18	18.557	20	Seat comfort - 3/5-{2.6000000, 3.4000000}	6	1.720	48.914
19	19.588	45	Inflight entertainment - 3/5-{2.6000000, 3.4000000}	11	1.676	50.590
20	20.619	29	Food and drink - 2/5-{1.8000000, 2.6000000}	8	1.455	52.045
21	21.649	48	Online support - 1/5-{1.0000000, 1.8000000}	12	1.418	53.463
22	22.680	72	Baggage handling - 5/5-{4.2000000, 5.0000000}	16	1.403	54.867
23	23.711	49	Online support - 2/5-{1.8000000, 2.6000000}	12	1.391	56.258
24	24.742	43	Inflight entertainment - 1/5-{1.0000000, 1.8000000}	11	1.391	57.648
25	25.773	61	On-board service - 4/5-{3.4000000, 4.2000000}	14	1.335	58.983
26	26.804	65	Leg room service - 3/5-{2.6000000, 3.4000000}	15	1.335	60.318
27	27.835	86	Online boarding - 4/5-{3.4000000, 4.2000000}	19	1.331	61.649
28	28.866	26	Departure/Arrival time convenient - 4/5-{3.4000000, 4.2000000}	7	1.324	62.973
29	29.897	53	Ease of Online booking - 1/5-{1.0000000, 1.8000000}	13	1.310	64.283
30	30.928	1	Customer Type - disloyal Customer	1	1.294	65.577
31	31.959	8	Type of Travel - Business travel	3	1.286	66.863
32	32.990	64	Leg room service - 2/5-{1.8000000, 2.6000000}	15	1.249	68.112
33	34.021	30	Food and drink - 3/5-{2.6000000, 3.4000000}	8	1.243	69.355
34	35.052	84	Online boarding - 2/5-{1.8000000, 2.6000000}	19	1.241	70.597
35	36.082	24	Departure/Arrival time convenient - 2/5-{1.8000000, 2.6000000}	7	1.239	71.836
36	37.113	60	Baggage handling - 5/5-{4.2000000, 5.0000000}	16	1.236	73.072

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

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

4. DISCUSSION (ОБСУЖДЕНИЕ)

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

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

анализа и системы «Эйдос» для проведения дальнейших углубленных исследований.

Достижением данной работы является:

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

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

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

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

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

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

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

Для этого надо скачать систему с сайта разработчика по ссылке на странице: http://lc.kubagro.ru/aidos/_Aidos-X.htm, а затем в диспетчере приложений (режим 1.3) установить интеллектуальное облачное Эйдос-приложение №393. По различным аспектам применения данной технологии есть большое количество видео-занятий (около 300), с которыми можно ознакомиться по ссылкам, приведенным на странице: http://lc.kubagro.ru/aidos/How_to_make_your_own_cloud_Eidos-application.pdf.

5. CONCLUSIONS (ВЫВОДЫ)

В условиях цифровизации образования и роста использования электронных устройств важно изучать влияние времени, проводимого студентами за экранами, на их академическую успеваемость. Однако этому анализу могут препятствовать многофакторность образовательной среды и разнообразие измеряемых показателей. В ряде научных работ

обосновывается перспективность использования системного подхода для выявления закономерностей между цифровыми привычками обучающихся и их учебными результатами. Для анализа эмпирических данных традиционно применялись методы корреляционного и регрессионного анализа. Эти исследования показали, что чрезмерное время за экраном может негативно влиять на концентрацию внимания и качество усвоения материала, хотя различные группы студентов реагируют на цифровую нагрузку по-разному. В данной статье для анализа эмпирических данных в области плодородства предлагается использовать Автоматизированный системно-когнитивный анализ (АСК-анализ) и его программный инструментарий – интеллектуальную систему «Эйдос». Приводится подробный численный пример. Этот пример содержит много разнообразных наглядных табличных и графических выходных форм и может использоваться для обучения применению АСК-анализа и системы «Эйдос» для научных исследований в плодородстве, для выработки практических рекомендаций и обоснования научных положений о механизмах действия причинно-следственных связей в данной предметной области.

Спецификой данной задачи является то, что независимые переменные являются как лингвистическими (категориальными) переменными, так и числовыми переменными, измеряемыми в различных единицах измерения. Поэтому для решения данной задачи применяется АСК-анализ, обеспечивающий построение гибридных моделей, включающих как номинальные (текстовые), так и числовые шкалы, причем в различных единицах измерения.

Сопоставимость обработки данных разных типов, представленных в разных типах шкал и разных единицах измерения обеспечивается путем метризации номинальных шкал, т.е. повышения их степени формализации до уровня числовых шкал [8]. Это достигается путем вычисления количества информации, содержащегося в градациях номинальных шкал и получении той или иной урожайности.

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

Работа может быть основой для лабораторных работ и научных исследований по применению систем искусственного интеллекта, в частности лингвистического АСК-анализа для решения задач в области **когнитивной педагогики, цифровой дидактики и персонализированного обучения** [48, 49].

REFERENCES (ЛИТЕРАТУРА)

1. Луценко, Е. В. Исследование влияния подсистем различных уровней иерархии на эмерджентные свойства системы в целом с применением АСК-анализа и интеллектуальной системы "Эйдос" (микроструктура системы как фактор управления ее макросвойствами) / Е. В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный

журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2012. – № 75. – С. 321-363. – EDN OOSCAV.

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

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

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

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

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

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

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

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

10. Луценко, Е. В. Количественный автоматизированный SWOT- и PEST-анализ средствами АСК-анализа и интеллектуальной системы "Эйдос-X++" / Е. В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2014. – № 101. – С. 1367-1409. – EDN SZVWRV.

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

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

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

14. Луценко, Е. В. Системное обобщение принципа Эшби и повышение уровня системности модели объекта познания как необходимое условие адекватности процесса

его познания / Е. В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2020. – № 163. – С. 100-134. – DOI 10.21515/1990-4665-163-009. – EDN SWKGWY.

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

16. Луценко, Е. В. Метод когнитивной кластеризации или кластеризация на основе знаний (кластеризация в системно-когнитивном анализе и интеллектуальной системе "Эйдос") / Е. В. Луценко, В. Е. Коржаков // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2011. – № 71. – С. 27-74. – EDN OIGYBB.

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

18. Луценко, Е. В. Системная теория информации и нелокальные интерпретируемые нейронные сети прямого счета / Е. В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2003. – № 1. – С. 76-88. – EDN JWXLKT.

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

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

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

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

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

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

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