

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

Факультет прикладной информатики

Кафедра компьютерных технологий и систем

КУРСОВАЯ РАБОТА

по дисциплине: Интеллектуальные системы и технологии

на тему: «АСК-анализ заработной платы для начинающих специалистов»

Выполнил студент группы: ИТ2141 Дымнарёв Даниил Сергеевич

Допущен к защите \_\_\_\_\_

Руководитель проекта д.э.н., к.т.н., профессор Луценко Е. В. (  )  
(подпись, расшифровка подписи)

Защищен \_\_\_\_\_

Оценка \_\_\_\_\_

Краснодар

2023

## РЕФЕРАТ

Курсовая работа содержит: 34 страниц, 30 рисунка, 10 литературных источников.

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

Цель данной курсовой работы заключается в создании интеллектуальных моделей, которые в полной мере отражают существующие причинно-следственные взаимосвязи между определенными фактами внешнего мира и скорости передачи записи оперативной памяти.

Для достижения поставленной цели применяется Автоматизированный системно-когнитивный анализ (АСК-анализ) и его программный инструментарий – интеллектуальная система «Эйдос».

В данной курсовой работе необходимо проанализировать методы формирования обобщенных образов классов и решения задач идентификации конкретных объектов с классами, принятия решений и исследования моделируемой предметной области путем исследования ее модели.

## Содержание

<b>РЕФЕРАТ .....</b>	<b>2</b>
<b>ВВЕДЕНИЕ .....</b>	<b>4</b>
<b>1 СИНТЕЗ И ВЕРИФИКАЦИЯ МОДЕЛЕЙ.....</b>	<b>5</b>
<b>1.1 Описание решения .....</b>	<b>5</b>
<b>1.2 Поиск и объединение исходных данных .....</b>	<b>7</b>
<b>1.3 Ввод выборки в систему Aidos-X.....</b>	<b>8</b>
<b>1.4 Синтез и верификация моделей .....</b>	<b>10</b>
<b>1.5 Виды моделей Aidos-X .....</b>	<b>12</b>
<b>1.6 Результаты верификации моделей .....</b>	<b>14</b>
<b>2. РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ В НАИБОЛЕЕ ДОСТОВЕРНОЙ МОДЕЛИ.....</b>	<b>18</b>
<b>2.1 Решение задач идентификации.....</b>	<b>18</b>
<b>2.2 SWOT и PEST матрицы и диаграммы .....</b>	<b>22</b>
<b>2.3 Исследование моделируемой предметной области путем исследования ее модели.....</b>	<b>23</b>
<b>2.3.1 Когнитивные диаграммы классов .....</b>	<b>23</b>
<b>2.3.2 Когнитивные диаграммы значений факторов.....</b>	<b>24</b>
<b>2.3.3 Агломеративная когнитивная кластеризация значений факторов.....</b>	<b>25</b>
<b>2.3.4 Нелокальные нейроны и нелокальные нейронные сети .....</b>	<b>27</b>
<b>2.3.5 3D-интегральные когнитивные карты .....</b>	<b>28</b>
<b>2.3.6 Когнитивные функции.....</b>	<b>29</b>
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....</b>	<b>30</b>
<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ .....</b>	<b>31</b>

## **ВВЕДЕНИЕ**

Технологии искусственного интеллекта быстро развиваются и применяются в самых разных областях, таких как финансы, тяжелая промышленность, здравоохранение, управление персоналом, музыка, журналистика, обслуживание клиентов и многое другое. Искусственный интеллект используется в алгоритмической торговле, маркетинговых исследованиях, управлении финансовым портфелем, опасной работе с роботами, медицинской диагностике, уходе за пожилыми людьми и пациентами, подборе персонала и управлении им, автоматизированной журналистике, поддержке клиентов и во многих других отраслях.

Данная курсовая работа посвящена решению задачи анализа, а именно анализу заработной платы на основе данных начинающих специалистов. Выявление зависимостей между наблюдаемыми данными позволит облегчить процесс определения заработной платы.

Из всего вышесказанного можно выделить цель работы. Целью данной работы является разработка интеллектуальных моделей, отражающих реально существующие причинно-следственные взаимосвязи между некоторыми характеристиками реального мира и скоростью оперативной памяти.

Для достижения поставленной цели в данной работе будет применена технология автоматизированного системно-когнитивного анализа (АСК-анализ), который будет осуществлён с помощью интеллектуальной системы «AidosX++».

# 1 СИНТЕЗ И ВЕРИФИКАЦИЯ МОДЕЛЕЙ

## 1.1 Описание решения

В качестве метода исследования, решения проблемы и достижения цели было решено использовать новый метод искусственного интеллекта: Автоматизированный системно-когнитивный анализ или АСК-анализ.

Главным фактором выбора АСК-анализа является то, что он включает в себя не только теорию, но и метод количественного выявления в сопоставимой форме силы и направления причинно-следственных зависимостей в неполных зашумленных данных крайне большой размерности числовой и не числовой природы, которые являются измеряемыми в различных типах шкал и единицах измерения.

Универсальная когнитивная аналитическая система Aidos-X в настоящее время выступает очень важным, развитым и доступным программным инструментарием для реализации АСК-анализа.

Преимущества данной системы:

- универсальность;
- содержит большое количество локальных и облачных учебных и научных приложений (в настоящее время их 31 и 371, соответственно);
- мультязычная поддержка интерфейса (больше 50 языков);
- поддерживает online-среду накопления знаний и широко используется во всем мире;
- наиболее трудоемкие в вычислительном отношении операции синтеза моделей и распознавания реализует с помощью графического процессора (GPU), что на некоторых задачах обеспечивает ускорение решения этих задач в несколько тысяч раз;
- доступность, то есть данная система находится в полном открытом бесплатном доступе, причем с актуальными исходными текстами;
- одна из первых отечественных систем искусственного интеллекта

персонального уровня, т.е. она не требует от пользователя специальной

- подготовки в области технологий искусственного интеллекта (акт внедрения системы Aidos-X от 1987 года);
- 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;
- обеспечивает преобразование исходных эмпирических данных в информацию, а ее в знания и решение задач классификации, поддержки принятия решений и исследования предметной области путем исследования ее системно-когнитивной модели, генерируя при этом очень большое количество табличных и графических выходных форм (развитая когнитивная графика), у многих из которых нет никаких аналогов в других системах (примеры форм можно посмотреть в работе);
- хорошо имитирует человеческий стиль мышления: дает результаты анализа, понятные экспертам на основе их опыта, интуиции и профессиональной компетенции.

В данной работе будет реализовано решение поставленной задачи в четыре этапа в соответствии с методологией АСК-анализа:

1. Поиск и объединение исходных данных в единую таблицу и сохранение в файле MS Excel.
2. Преобразование исходных данных из промежуточных файлов MS Excel в базы данных системы Aidos-X.
3. Синтез и верификация моделей предметной области.
4. Применение моделей для решения задач идентификации, прогнозирования и исследования предметной области.

## **1.2 Поиск и объединение исходных данных**

Входные данные, необходимые для обучения модели, были взяты из открытых источников. Итоговый файл содержит следующие данные:

- Age – Возраст;
- Gender – Пол;
- Education Level– Уровень образования;
- Job Title– Должность;
- Years of Experience– Годы опыта;
- Salary– Зарплата;

Фрагмент исходных данных в виде таблицы MS Excel представлен на рисунке 1.

	A	B	C	D	E	F	G
1	Age	Gender	Education	Job Title	Years of Exp	Salary	
2	32	Male	Bachelor's	Software I	5	90000	
3	28	Female	Master's	Data Anal	3	65000	
4	45	Male	PhD	Senior Ma	15	150000	
5	36	Female	Bachelor's	Sales Assc	7	60000	
6	52	Male	Master's	Director	20	200000	
7	29	Male	Bachelor's	Marketing	2	55000	
8	42	Female	Master's	Product M	12	120000	
9	31	Male	Bachelor's	Sales Man	4	80000	
10	26	Female	Bachelor's	Marketing	1	45000	
11	38	Male	PhD	Senior Sci	10	110000	
12	29	Male	Master's	Software I	3	75000	
13	48	Female	Bachelor's	HR Manag	18	140000	
14	35	Male	Bachelor's	Financial A	6	65000	
15	40	Female	Master's	Project Ma	14	130000	
16	27	Male	Bachelor's	Customer	2	40000	
17	44	Male	Bachelor's	Operation	16	125000	
18	33	Female	Master's	Marketing	7	90000	
19	39	Male	PhD	Senior Eng	12	115000	
20	25	Female	Bachelor's	Data Entry	0	35000	
21	51	Male	Bachelor's	Sales Dire	22	180000	
22	34	Female	Master's	Business A	5	80000	
23	47	Male	Master's	VP of Ope	19	190000	
24	30	Male	Bachelor's	IT Support	2	50000	
25	36	Female	Bachelor's	Recruiter	9	60000	
26	41	Male	Master's	Financial I	13	140000	
27	28	Female	Bachelor's	Social Med	3	45000	
28	37	Female	Master's	Software I	11	110000	
29	24	Male	Bachelor's	Junior Dev	1	40000	

Рисунок 1 – Фрагмент обучающей выборки

### 1.3 Ввод выборки в систему Aidos-X

Затем обучающая выборка в формате *xlsx*, импортирована в систему Aidos-X: скопирована в папку *Inp\_data* и переименована в *Inp\_data.xlsx*.

Далее был использован универсальный программный интерфейс импорта данных в систему Aidos-X, а именно режим 2.3.2.2 (Рисунок 2).

В форме задания размерности модели системы указываем диапазоны столбцов и желаемое количество градаций описательных и классификационных шкал (Рисунок 3).



Задайте тип файла исходных данных: "Inp\_data":

XLS - MS Excel-2003      Стандарт XLS-файла  
 XLSX- MS Excel-2007(2010)  
 DBF - DBASE IV (DBF/NTX)      Стандарт DBF-файла  
 CSV - CSV => DBF конвертер      Стандарт CSV-файла

Задайте параметры:

Нули и пробелы считать ОТСУТСТВИЕМ данных  
 Нули и пробелы считать ЗНАЧЕНИЯМИ данных  
 Создавать БД средних по классам "Inp\_davr.dbf"?

**Требования к файлу исходных данных**

Задайте диапазон столбцов классификационных шкал:

Начальный столбец классификационных шкал:

Конечный столбец классификационных шкал:

Задайте диапазон столбцов описательных шкал:

Начальный столбец описательных шкал:

Конечный столбец описательных шкал:

Задайте режим:

Формализации предметной области (на основе "Inp\_data")  
 Генерации распознаваемой выборки (на основе "Inp\_rasp")

Задайте способ выбора размера интервалов:

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

Задание параметров формирования сценариев или способа интерпретации текстовых полей "Inp\_data":

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

**Параметры интерпретации значений текстовых полей "Inp\_data":**

В качестве классов рассматриваются:

Значения полей целиком  
 Элементы значений полей - слова > символов:  
 Элементы значений полей - символы

Выделять уникальные значения и сортировать  
 Не выделять уникальных значений и не сортировать

В качестве признаков рассматриваются:

Значения полей целиком  
 Элементы значений полей - слова > символов:   
 Элементы значений полей - символы

Проводить лемматизацию  
 Не проводить лемматизацию

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}")

Рисунок 2 – Интерфейс импорта данных

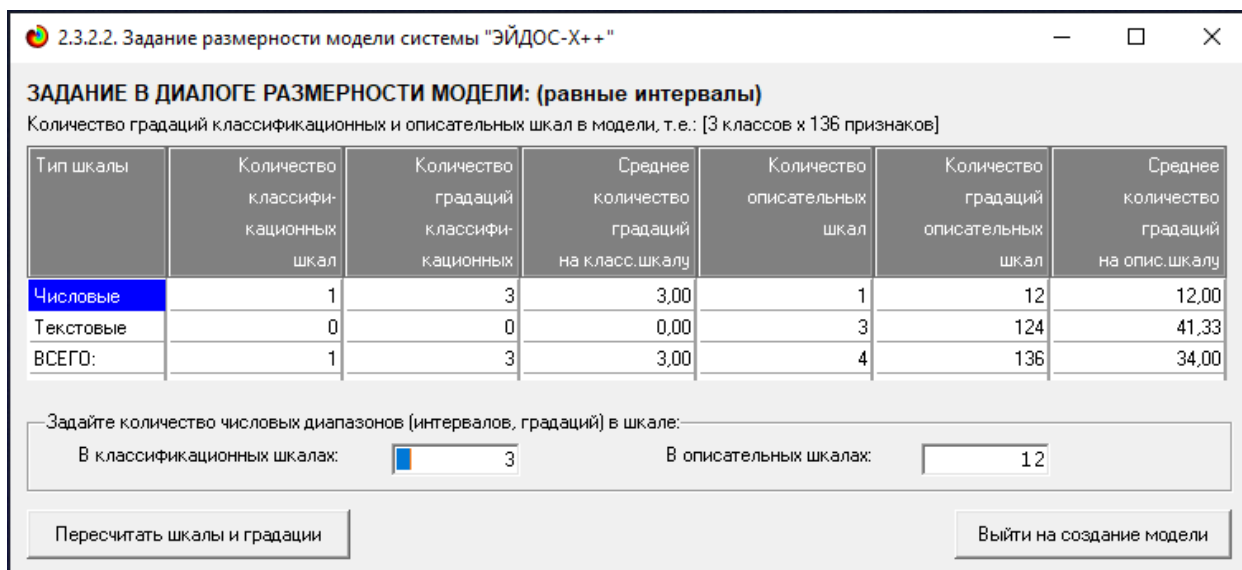


Рисунок 3 – Задание размерности модели

Процесс импорта данных из внешней БД "Inp\_data.xls" в систему Aidос- X представлен на рисунке 4.

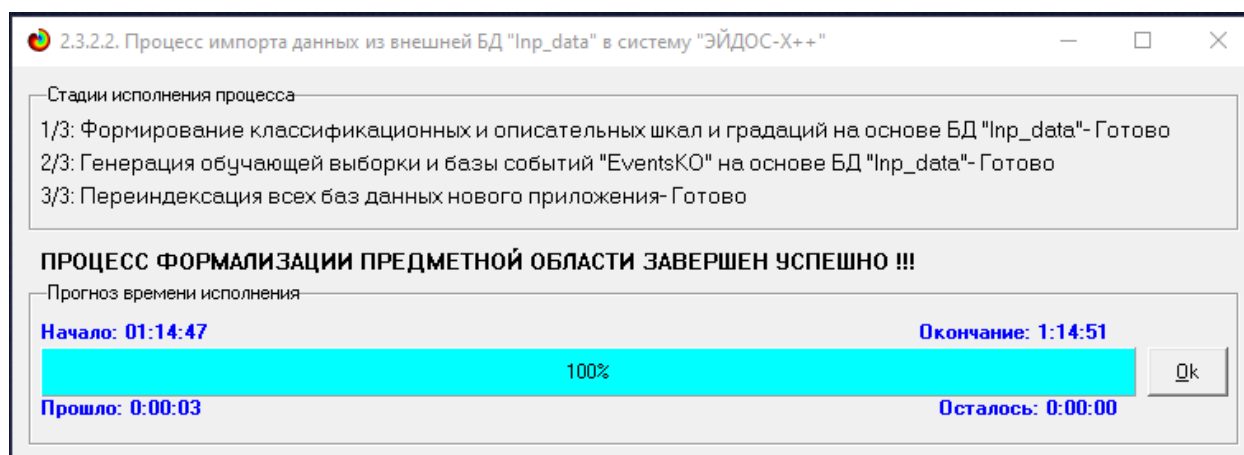


Рисунок 4 – Процесс импорта данных

Формирование классификационных и описательных шкал, с применением которых исходные данные кодируются и представляются в форме эвентологических баз данных, осуществляется автоматически после импорта. Тем самым этап формализации предметной области выполняется полностью автоматизировано.

## 1.4 Синтез и верификация моделей

Следующим шагом требуется запустить режим 3.5, в котором задаются

модели для синтеза и верификации, а также задается модель, которой по окончании режима присваивается статус текущей (рисунок 5).

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:

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

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

2. PRC1

3. PRC2

4. INF1

5. INF2

6. INF3

7. INF4

8. INF5

9. INF6

10. INF7

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)

Вообще не менять распознаваемую выборку

Удалять из обуч. выборки скопированные объекты:

Не удалять

Удалять

Пояснение по алгоритму верификации

Подробнее

Измеряется внутренняя достоверн. модели

Для каждой заданной модели выполнять:

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 22544 байт, т.е.: 0.0010498 % от МАХ-возможного, (от 2Гб)

Задайте, сколько % от исходной БД Rasp.dbf ОСТАВИТЬ, удаляя наименее достоверные результаты распознавания:

В примени бутстрепного подхода нет необходимости. Синтез и верификация моделей будут выполнены на основе всей выборки.

Рисунок 5 – Выбор моделей для синтеза и верификации

В данном режиме имеется много различных методов верификации моделей. Стадия процесса исполнения режима 3.5 и прогноз времени его окончания отображаются на экранной форме, приведенной на рисунке 6.

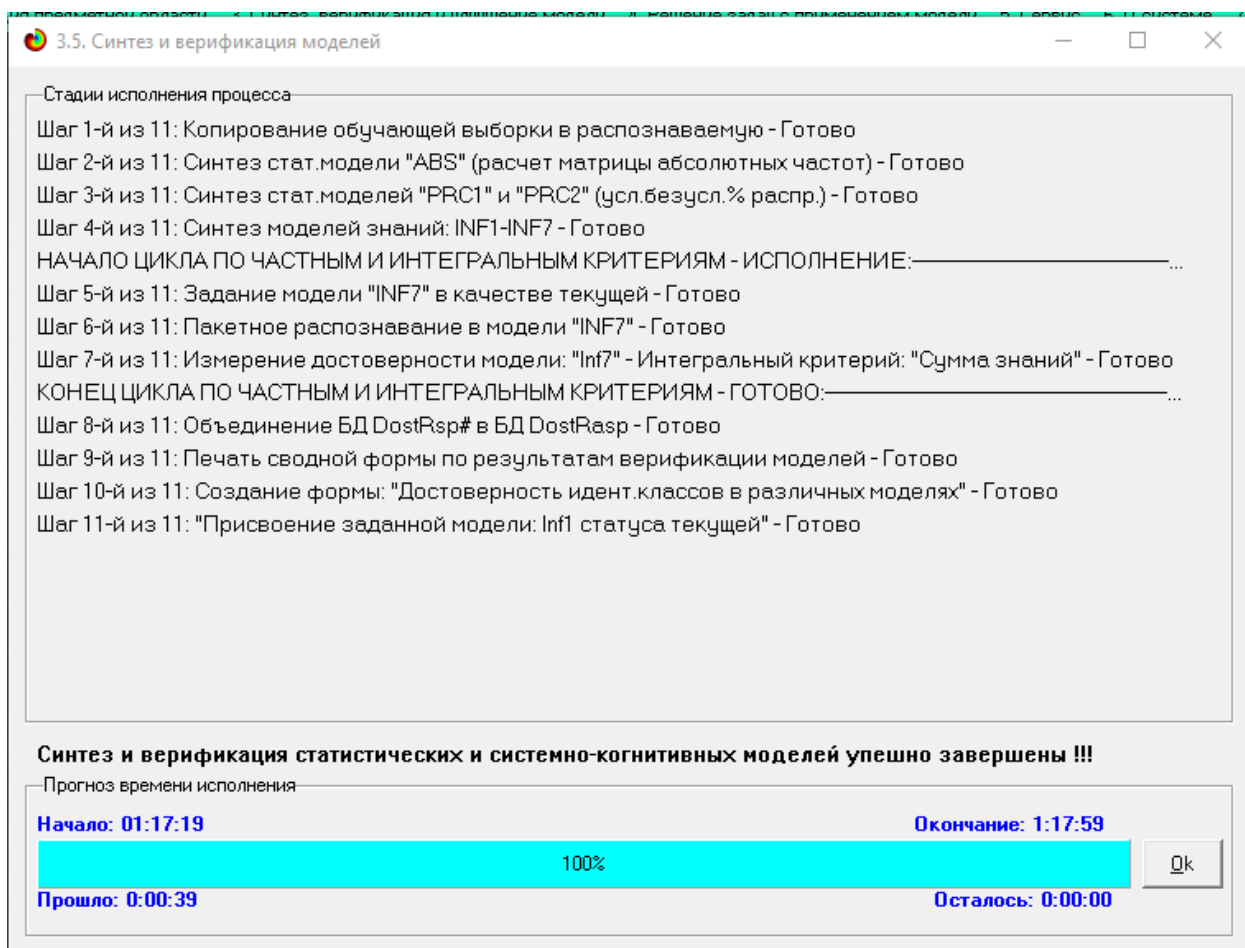


Рисунок 6 – Процесс исполнения режима 3.5

Стоит отметить, что синтез и верификация всех 10 моделей на данной задаче заняли 39 секунды. Далее перейдем непосредственно к выбору наиболее достоверной модели.

### 1.5 Виды моделей Aidos-X

На рисунках 7 и 8 приведены фрагменты созданных статистических и системно-когнитивных моделей (СК-модели).

Рассмотрим решение задачи идентификации на примере нескольких моделей, в которых рассчитано количество информации по А. Харкевичу, которое было получено по принадлежности идентифицируемого объекта к каждому из классов, если известно, что у этого объекта есть некоторый признак.

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

Код признака	Наименование описательной шкалы и градации	1. SALARY 1/3 {30000.0000000, 103333.3333333}	2. SALARY 2/3 {103333.33333... 176666.6666667}	3. SALARY 3/3 {176666.66666... 250000.0000000}	Сумма	Среднее	Средн. квадр. откл.
1.0	GENDER-Female	48.0	19.0	2.0	69.0	23.00	23.26
2.0	GENDER-Male	44.0	25.0	11.0	80.0	26.67	16.56
3.0	EDUCATION LEVEL-Bachelor's	69.0	11.0	2.0	82.0	27.33	36.36
4.0	EDUCATION LEVEL-Master's	23.0	20.0	7.0	50.0	16.67	8.50
5.0	EDUCATION LEVEL-PhD		13.0	4.0	17.0	5.67	6.66
6.0	JOB TITLE-Account	2.0			2.0	0.67	1.15
7.0	JOB TITLE-Accountant	4.0			4.0	1.33	2.31
8.0	JOB TITLE-Administrative	2.0			2.0	0.67	1.15
9.0	JOB TITLE-Advisor	1.0			1.0	0.33	0.58
10.0	JOB TITLE-Analyst	17.0	3.0		20.0	6.67	9.07
11.0	JOB TITLE-Assistant	2.0			2.0	0.67	1.15
12.0	JOB TITLE-Associate	2.0			2.0	0.67	1.15
13.0	JOB TITLE-Business	7.0			7.0	2.33	4.04
14.0	JOB TITLE-CEO			1.0	1.0	0.33	0.58
15.0	JOB TITLE-Chain		2.0		2.0	0.67	1.15
16.0	JOB TITLE-Chief			2.0	2.0	0.67	1.15
17.0	JOB TITLE-Clerk	1.0			1.0	0.33	0.58
18.0	JOB TITLE-Consultant		2.0		2.0	0.67	1.15
19.0	JOB TITLE-Content	2.0			2.0	0.67	1.15
20.0	JOB TITLE-Coordinator	6.0			6.0	2.00	3.46
21.0	JOB TITLE-Copywriter	1.0			1.0	0.33	0.58
22.0	JOB TITLE-Creative		1.0		1.0	0.33	0.58
23.0	JOB TITLE-Customer	5.0	1.0		6.0	2.00	2.65
24.0	JOB TITLE-Data	5.0	1.0	2.0	8.0	2.67	2.08

Рисунок 7 – Фрагмент матрицы абсолютных частот

5.5. Модель: "5. INF2 - частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу; вероятности из PRC2"

Код признака	Наименование описательной шкалы и градации	1. SALARY 1/3 {30000.0000000, 103333.3333333}	2. SALARY 2/3 {103333.3333333, 176666.6666667}	3. SALARY 3/3 {176666.6666667, 250000.0000000}	Сумма	Среднее	Средн. квадр. откл.
1.0	GENDER-Female	0.038	-0.022	-0.349	-0.333	-0.111	0.208
2.0	GENDER-Male	-0.037	0.018	0.144	0.125	0.042	0.093
3.0	EDUCATION LEVEL-Bachelor's	0.098	-0.250	-0.404	-0.556	-0.185	0.257
4.0	EDUCATION LEVEL-Master's	-0.093	0.096	0.150	0.153	0.051	0.128
5.0	EDUCATION LEVEL-PhD		0.301	0.314	0.616	0.205	0.178
6.0	JOB TITLE-Account	0.153			0.153	0.051	0.088
7.0	JOB TITLE-Accountant	0.153			0.153	0.051	0.088
8.0	JOB TITLE-Administrative	0.153			0.153	0.051	0.088
9.0	JOB TITLE-Advisor	0.153			0.153	0.051	0.088
10.0	JOB TITLE-Analyst	0.101	-0.215		-0.113	-0.038	0.161
11.0	JOB TITLE-Assistant	0.153			0.153	0.051	0.088
12.0	JOB TITLE-Associate	0.153			0.153	0.051	0.088
13.0	JOB TITLE-Business	0.153			0.153	0.051	0.088
14.0	JOB TITLE-CEO			0.773	0.773	0.258	0.446
15.0	JOB TITLE-Chain		0.386		0.386	0.129	0.223
16.0	JOB TITLE-Chief			0.773	0.773	0.258	0.446
17.0	JOB TITLE-Clerk	0.153			0.153	0.051	0.088
18.0	JOB TITLE-Consultant		0.386		0.386	0.129	0.223
19.0	JOB TITLE-Content	0.153			0.153	0.051	0.088
20.0	JOB TITLE-Coordinator	0.153			0.153	0.051	0.088
21.0	JOB TITLE-Copywriter	0.153			0.153	0.051	0.088
22.0	JOB TITLE-Creative		0.386		0.386	0.129	0.223
23.0	JOB TITLE-Customer	0.095	-0.181		-0.086	-0.029	0.140
24.0	JOB TITLE-Data	0.004	-0.272	0.333	0.065	0.022	0.303

Рисунок 8 – Фрагмент модели INF2

## 1.6 Результаты верификации моделей

Результаты верификации моделей, отличающихся частными критериями с двумя приведенными выше интегральными критериями, были отражены на рисунке 9.

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

Наименование модели и частного критерия	Интегральный критерий	Полнота модели	F-мера Ван Ризбергера	Сумма модул... уровней сход... истинно-поло... решений (STP)	Сумма модул... уровней сход... истинно-отриц... решений (STN)	Сумма модул... уровней сход... ложно-полож... решений (SFP)	Сумма модул... уровней сход... ложно-отрицат... решений (SFN)	S-Точность модели	S-Полнота модели	L1-мера проф. Е.В.Луценко	Ср... ур... ис... ре...
1. ABS - частный критерий: количество встреч сочетаний "клас...	Корреляция абс.частот с обр...	1.000	0.505	91.479	0.099	92.211	0.498	1.000	0.665	0.734	
1. ABS - частный критерий: количество встреч сочетаний "клас...	Сумма абс.частот по признак...	1.000	0.500	85.963		62.214	0.580	1.000	0.665	0.734	
2. PRC1 - частный критерий: усл. вероятность i-го признака сред...	Корреляция усл.отн.частот с о...	1.000	0.505	91.479	0.099	92.211	0.498	1.000	0.665	0.734	
2. PRC1 - частный критерий: усл. вероятность i-го признака сред...	Сумма усл.отн.частот по приз...	1.000	0.500	90.050		111.909	0.446	1.000	0.617	0.734	
3. PRC2 - частный критерий: условная вероятность i-го признака...	Корреляция усл.отн.частот с о...	1.000	0.505	91.478	0.099	92.210	0.498	1.000	0.665	0.734	
3. PRC2 - частный критерий: условная вероятность i-го признака...	Сумма усл.отн.частот по приз...	1.000	0.500	89.114		111.490	0.444	1.000	0.615	0.734	
4. INF1 - частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу; в...	Семантический резонанс зна...	0.752	0.803	28.437	100.245	3.434	6.345	0.892	0.818	0.853	
4. INF1 - частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу; в...	Сумма знаний	0.906	0.761	25.638	27.486	7.279	0.871	0.779	0.967	0.863	
5. INF2 - частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу; в...	Семантический резонанс зна...	0.752	0.803	28.524	99.416	3.487	6.365	0.891	0.818	0.853	
5. INF2 - частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу; в...	Сумма знаний	0.899	0.755	25.512	26.944	7.478	0.893	0.773	0.966	0.859	
6. INF3 - частный критерий: Хи-квадрат, разности между факти...	Семантический резонанс зна...	0.852	0.736	70.020	100.302	15.901	3.589	0.815	0.951	0.878	
6. INF3 - частный критерий: Хи-квадрат, разности между факти...	Сумма знаний	0.852	0.736	60.086	67.075	10.500	3.511	0.851	0.945	0.896	
7. INF4 - частный критерий: ROI (Return On Investment); вероятно...	Семантический резонанс зна...	0.705	0.789	25.840	85.685	2.096	8.415	0.925	0.754	0.831	
7. INF4 - частный критерий: ROI (Return On Investment); вероятно...	Сумма знаний	0.953	0.712	14.009	3.796	5.161	0.083	0.731	0.994	0.842	
8. INF5 - частный критерий: ROI (Return On Investment); вероятно...	Семантический резонанс зна...	0.711	0.794	25.855	85.392	2.118	8.476	0.924	0.753	0.830	
8. INF5 - частный критерий: ROI (Return On Investment); вероятно...	Сумма знаний	0.953	0.712	13.930	3.698	5.249	0.088	0.726	0.994	0.839	
9. INF6 - частный критерий: разн.усл.и безуслов.вероятностей; вер...	Семантический резонанс зна...	0.826	0.715	66.340	87.616	18.332	5.655	0.783	0.921	0.847	
9. INF6 - частный критерий: разн.усл.и безуслов.вероятностей; вер...	Сумма знаний	0.852	0.711	33.964	41.001	16.987	1.459	0.667	0.959	0.786	
10.INF7 - частный критерий: разн.усл.и безуслов.вероятностей; ве...	Семантический резонанс зна...	0.839	0.723	65.301	85.682	18.539	5.736	0.779	0.919	0.843	
10.INF7 - частный критерий: разн.усл.и безуслов.вероятностей; ве...	Сумма знаний	0.852	0.711	33.417	39.424	17.264	1.473	0.659	0.958	0.781	

Помощь по меркам достоверности | Помощь по частотным распределениям | TP,TN,FP,FN | (TP-FP)/(TN-FN) | (T-F)/(T+F)\*100 | Задать интервал сглаживания

Рисунок 9 – Оценка достоверности моделей (F-критерий)

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

Наименование модели и частного критерия	Интегральный критерий	L1-мера проф. Е.В.Луценко	Средний модуль... уровней сход... истинно-полож... решений	Средний модуль... уровней сход... истинно-отрицат... решений	Средний модуль... уровней сход... ложно-положит... решений	Средний модуль... уровней сход... ложно-отрицат... решений	A-Точность модели APrecision = ATP/(ATP+...	A-Полнота модели ARecall = ATP/(ATP+...	L2-мера проф. Е.В.Луценко	Процент... идентификац...	П... п... п...
1. ABS - частный критерий: количество встреч сочетаний "клас...	Корреляция абс.частот с обр...	0.665	0.614	0.017	0.316	0.660	1.000	0.795	100.000		
1. ABS - частный критерий: количество встреч сочетаний "клас...	Сумма абс.частот по признак...	0.734	0.577		0.209		0.734	1.000	0.847	100.000	
2. PRC1 - частный критерий: усл. вероятность i-го признака сред...	Корреляция усл.отн.частот с о...	0.665	0.614	0.017	0.316	0.660	1.000	0.795	100.000		
2. PRC1 - частный критерий: усл. вероятность i-го признака сред...	Сумма усл.отн.частот по приз...	0.617	0.604		0.376	0.617	1.000	0.763	100.000		
3. PRC2 - частный критерий: условная вероятность i-го признака...	Корреляция усл.отн.частот с о...	0.665	0.614	0.017	0.316	0.660	1.000	0.795	100.000		
3. PRC2 - частный критерий: условная вероятность i-го признака...	Сумма усл.отн.частот по приз...	0.615	0.598		0.374	0.615	1.000	0.762	100.000		
4. INF1 - частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу; в...	Семантический резонанс зна...	0.853	0.254	0.358	0.191	0.171	0.571	0.597	0.584	75.168	
4. INF1 - частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу; в...	Сумма знаний	0.863	0.190	0.121	0.103	0.062	0.649	0.753	0.697	90.604	
5. INF2 - частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу; в...	Семантический резонанс зна...	0.853	0.255	0.355	0.194	0.172	0.568	0.597	0.582	75.168	
5. INF2 - частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу; в...	Сумма знаний	0.859	0.190	0.119	0.104	0.060	0.647	0.762	0.700	89.933	
6. INF3 - частный критерий: Хи-квадрат, разности между факти...	Семантический резонанс зна...	0.878	0.551	0.438	0.230	0.163	0.705	0.772	0.737	85.235	
6. INF3 - частный критерий: Хи-квадрат, разности между факти...	Сумма знаний	0.896	0.473	0.293	0.152	0.160	0.757	0.748	0.752	85.235	
7. INF4 - частный критерий: ROI (Return On Investment); вероятно...	Семантический резонанс зна...	0.831	0.246	0.300	0.175	0.191	0.585	0.563	0.574	70.470	
7. INF4 - частный критерий: ROI (Return On Investment); вероятно...	Сумма знаний	0.842	0.099	0.020	0.048	0.012	0.674	0.893	0.768	95.302	
8. INF5 - частный критерий: ROI (Return On Investment); вероятно...	Семантический резонанс зна...	0.830	0.244	0.299	0.177	0.197	0.580	0.553	0.566	71.141	
8. INF5 - частный критерий: ROI (Return On Investment); вероятно...	Сумма знаний	0.839	0.098	0.019	0.049	0.013	0.669	0.887	0.762	95.302	
9. INF6 - частный критерий: разн.усл.и безуслов.вероятностей; вер...	Семантический резонанс зна...	0.847	0.539	0.388	0.255	0.217	0.679	0.713	0.696	82.550	
9. INF6 - частный критерий: разн.усл.и безуслов.вероятностей; вер...	Сумма знаний	0.786	0.267	0.189	0.210	0.066	0.560	0.801	0.660	85.235	
10.INF7 - частный критерий: разн.усл.и безуслов.вероятностей; ве...	Семантический резонанс зна...	0.843	0.522	0.379	0.257	0.239	0.670	0.686	0.678	83.893	
10.INF7 - частный критерий: разн.усл.и безуслов.вероятностей; ве...	Сумма знаний	0.781	0.263	0.182	0.213	0.067	0.552	0.797	0.653	85.235	

Помощь по меркам достоверности | Помощь по частотным распределениям | TP,TN,FP,FN | (TP-FP)/(TN-FN) | (T-F)/(T+F)\*100 | Задать интервал сглаживания

Рисунок 10 – Оценка достоверности моделей (L1 и L2 критерии)

Из рисунка 9-10 можно сделать вывод о том, что в данном интеллектуальном приложении по F-критерию Ван Ризбергера наиболее достоверными моделями являются INF1 и INF2 с интегральным критерием

«Резонанс знаний» ( $F=0,803$  максимуме 1,000), по критерию L1 профессора Е.В.

Луценко наиболее достоверной является СК-модель INF3 с интегральным критерием «Сумма знаний» ( $L1=0,896$  при максимуме 1,000), а по критерию L2 профессора Е.В. Луценко наиболее достоверной является СК- модель ABS с интегральным критерием «Сумма знаний» ( $L2=0,847$  при максимуме 1,000). Для оценки достоверности моделей в АСК- анализе и системе Aidos-X используется F-мера Ван Ризбергена и L-мера, представляющая собой ее нечеткое мультиклассовое обобщение, предложенное профессором Е.В. Луценко (рисунок 11).



Рисунок 11 – Виды прогнозов и принципы определения

Также необходимо обратить внимание на то, что статистические модели,

как правило, дают более низкую средневзвешенную достоверность идентификации и не идентификации, чем модели знаний, и практически никогда – более высокую.

На рисунках 12-15 приведено частотное распределения числа истинных и ложных положительных и отрицательных решений в СК-моделях по данным обучающей выборки.

Левое распределение включает истинно-отрицательные и ложноположительные решения, а правое включает ложные отрицательные и истинно-положительные решения.

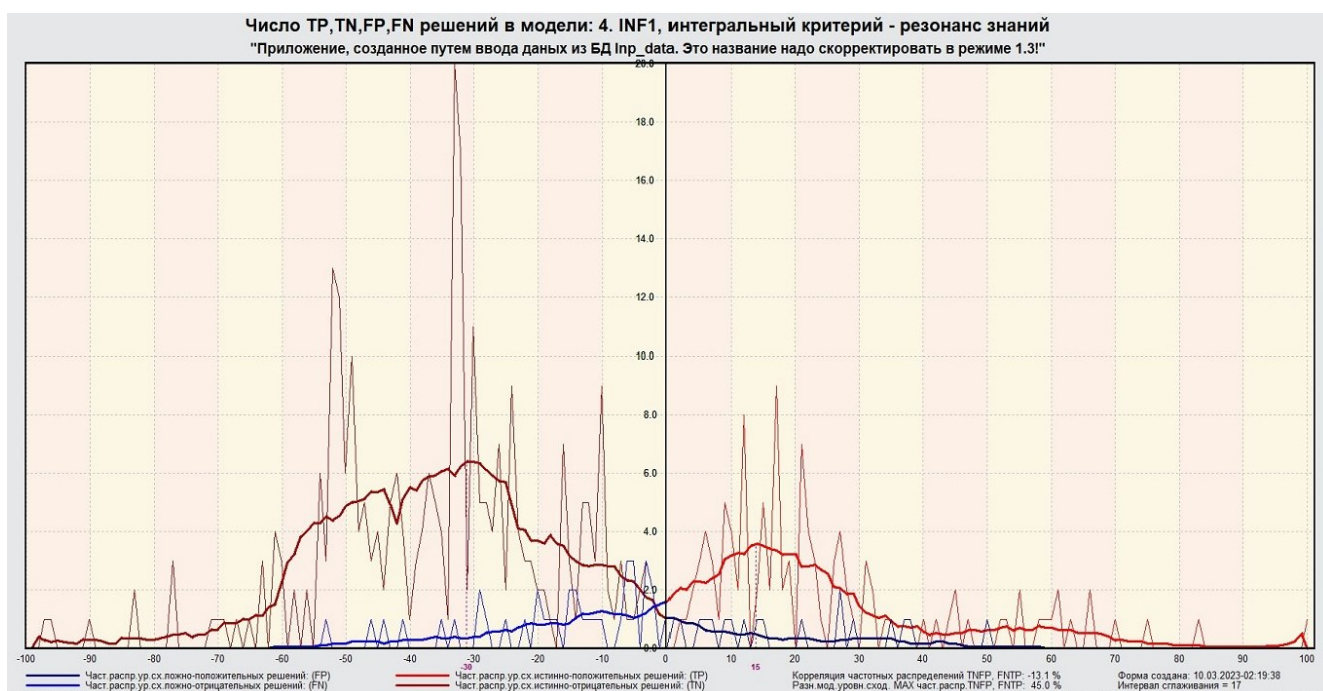


Рисунок 12 – Частотные распределения модели INF1 (резонанс знаний)



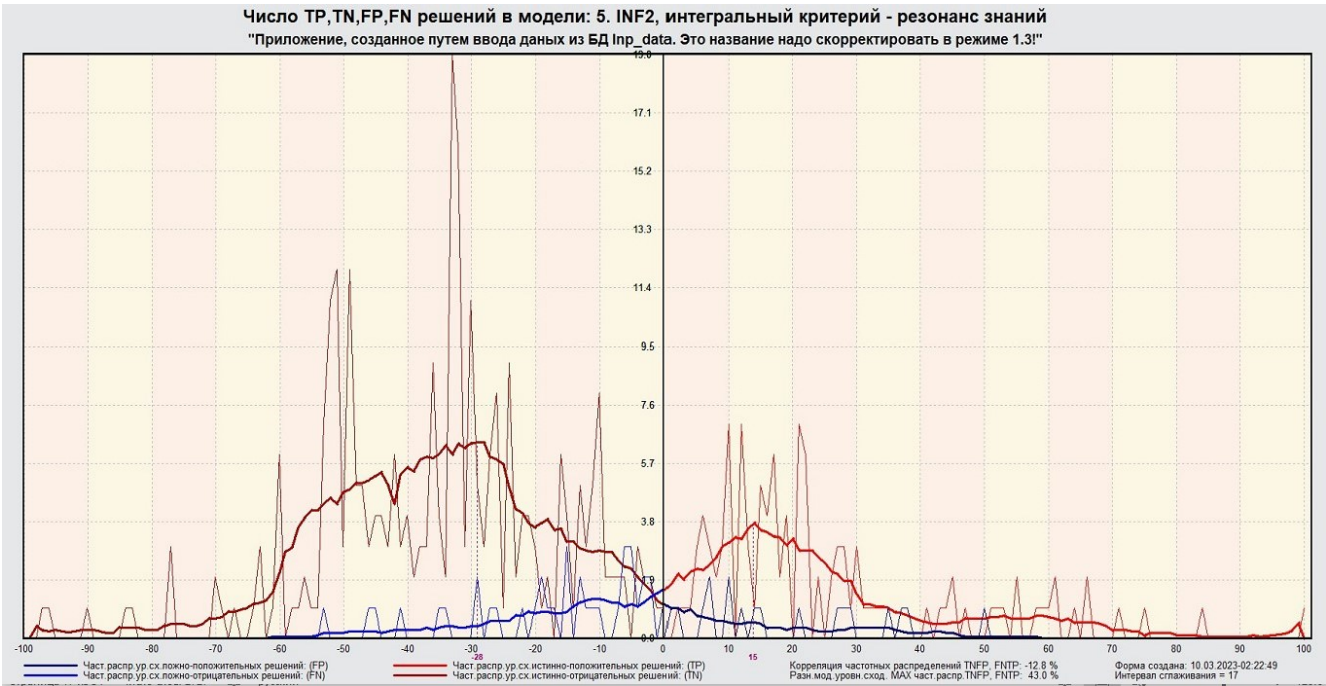


Рисунок 13 – Частотные распределения модели INF2 (резонанс знаний)

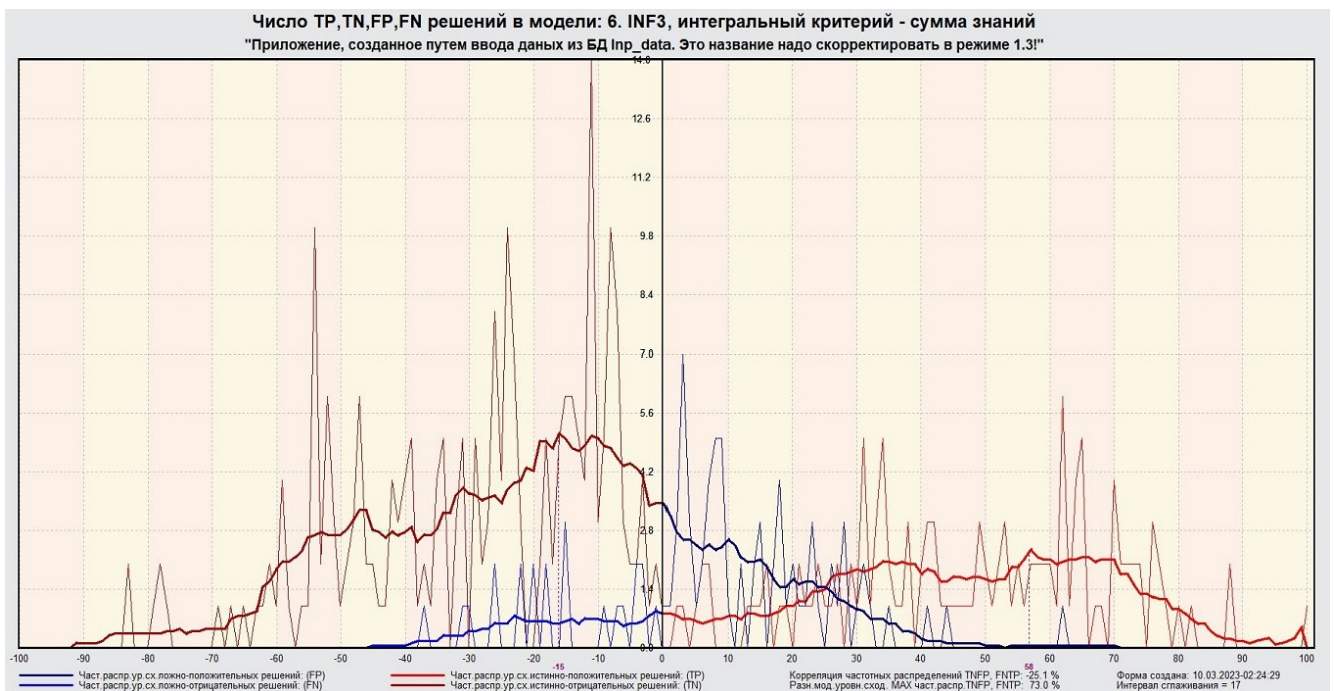


Рисунок 14 – Частотные распределения модели INF3 (сумма знаний)



Рисунок 15 – Частотные распределения модели ABS (сумма знаний)

## 2. РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ В НАИБОЛЕЕ ДОСТОВЕРНОЙ МОДЕЛИ

### 2.1 Решение задач идентификации

Решим задачу системной идентификации, т.е. определим к каким респонденты к каким категориям относятся на основе обучающей выборки в наиболее достоверной СК-модели INF3 (режим 5.6) (рисунок 16, 17).

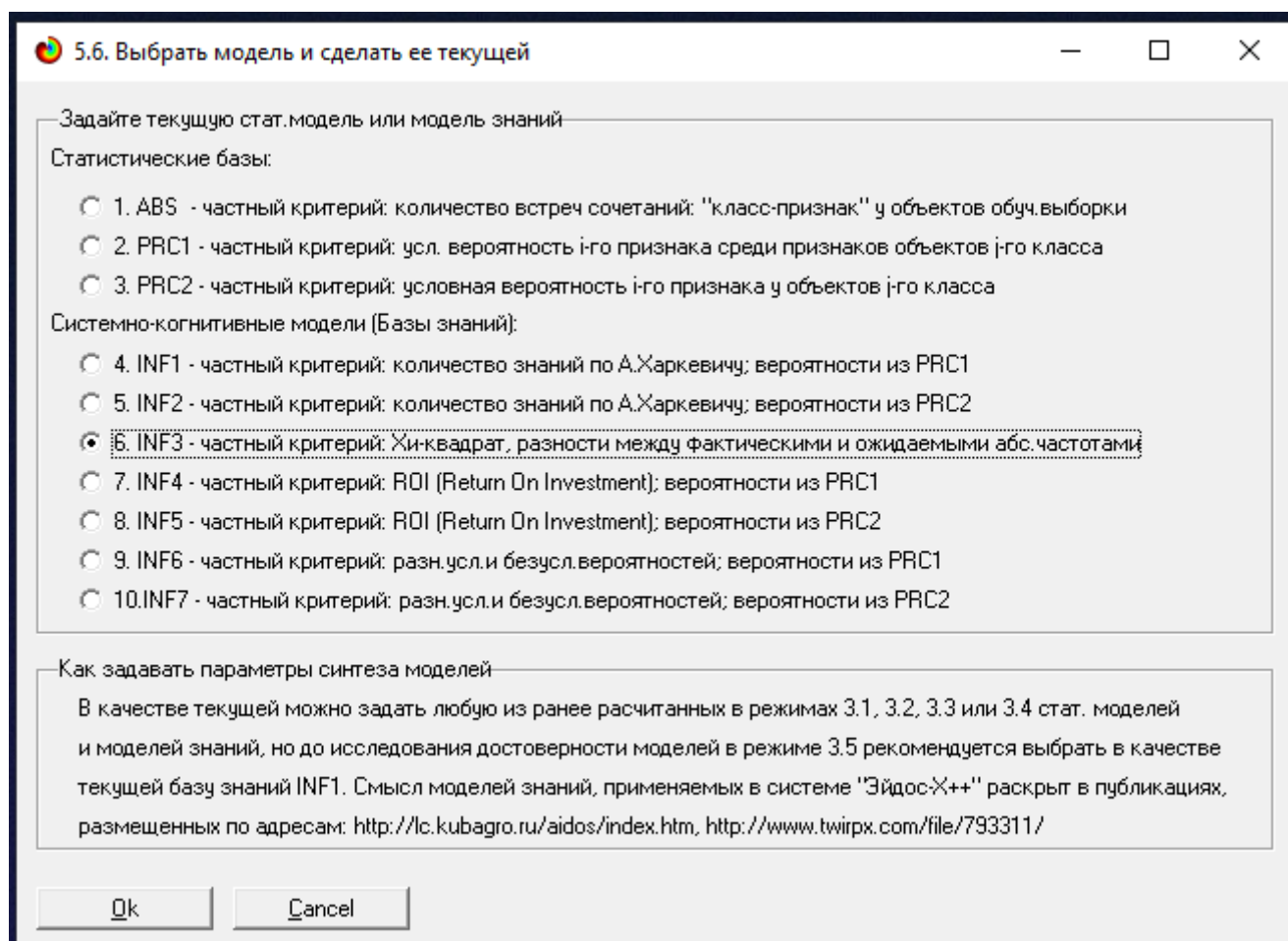


Рисунок 16 – Интерфейс задания модели

## Рисунок 17 – Процесс загрузки модели

Затем следует провести пакетное распознавание в режиме 4.1.2.

(рисунок 18).

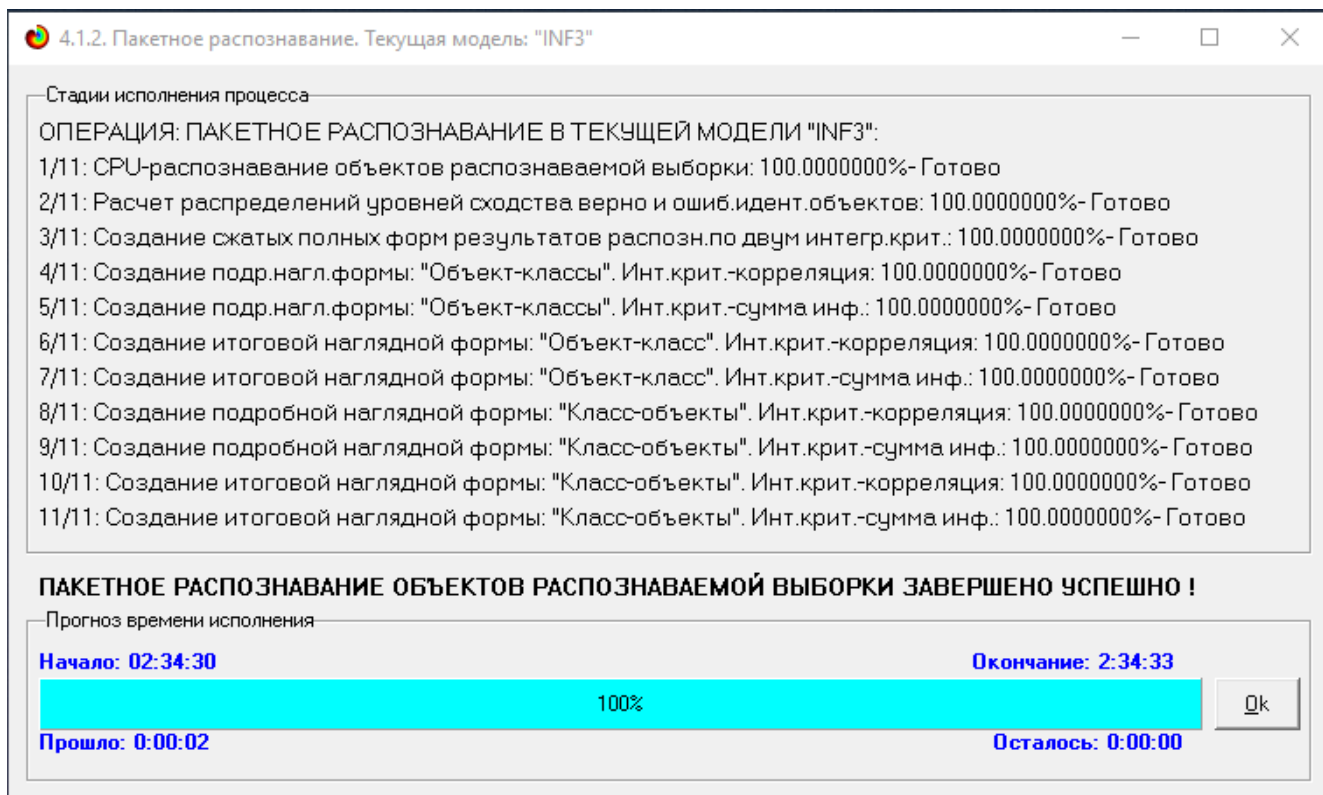


Рисунок 18 – Процесс пакетного распознавания модели

В результате пакетного распознавания в текущей модели создается ряд баз данных, которые визуализируются в выходных экранных формах, отражающих результаты решения задачи идентификации и прогнозирования.

Режим 4.1.3 системы Aidos-X обеспечивает отображение результатов идентификации и прогнозирования в различных формах:

- Подробно наглядно: «Объект – классы».
- Подробно наглядно: «Класс – объекты».
- Итоги наглядно: «Объект – классы».
- Итоги наглядно: «Класс – объекты».
- Подробно сжато: «Объект – классы».
- Обобщенная форма по достоверности моделей при разных интегральных критериях.
- Обобщенный статистический анализ результатов идентификации по моделям и интегральным критериям.
- Статистический анализ результатов идентификации по классам, моделям и интегральным критериям.

На рисунке 19 и 20 приведен пример прогноза высокой и низкой достоверности частоты объектов и классов в модели INF3 на основе наблюдения предыстории их развития. Визуализация результатов распознавания представлена в соотношении: «Объект-классы» и «Класс-объекты».

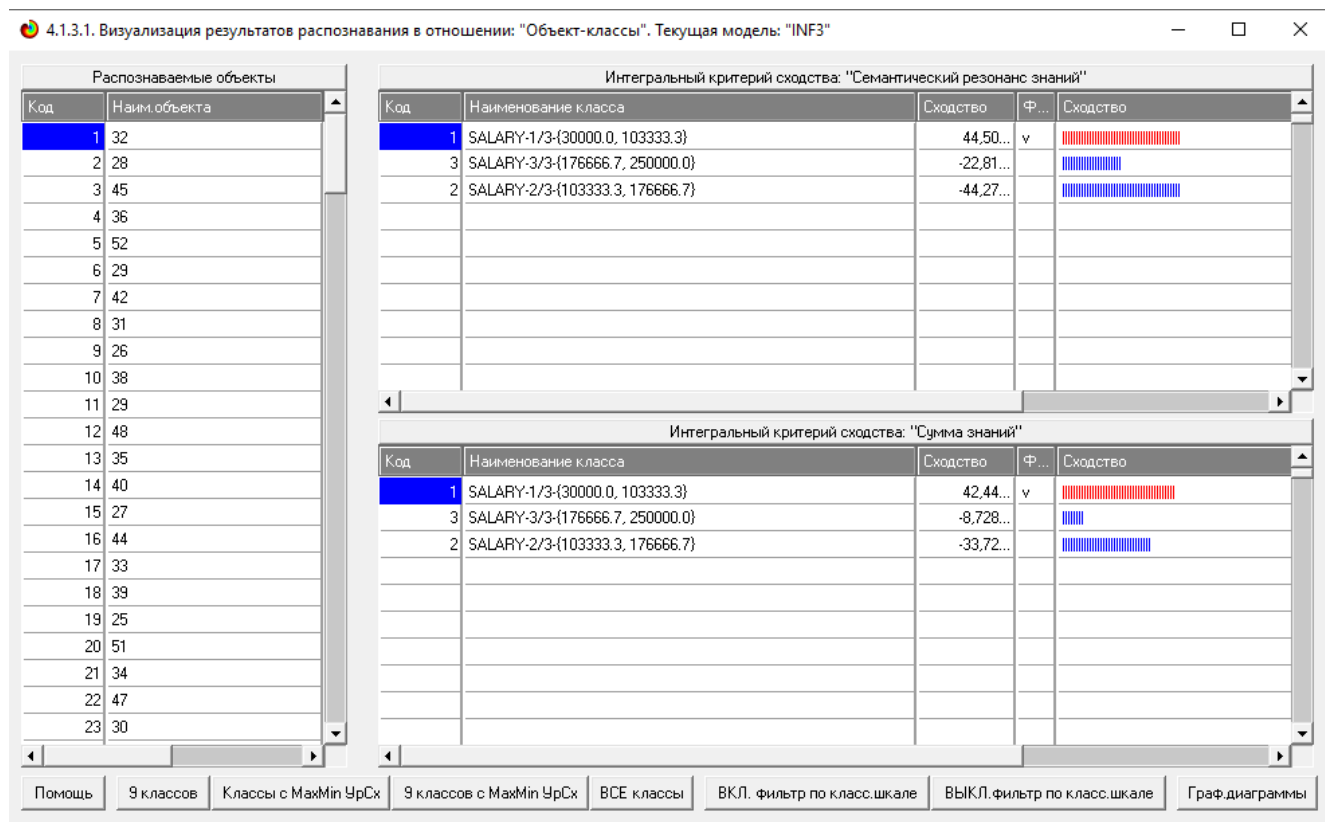


Рисунок 19 – Визуализация «Объект-классы»

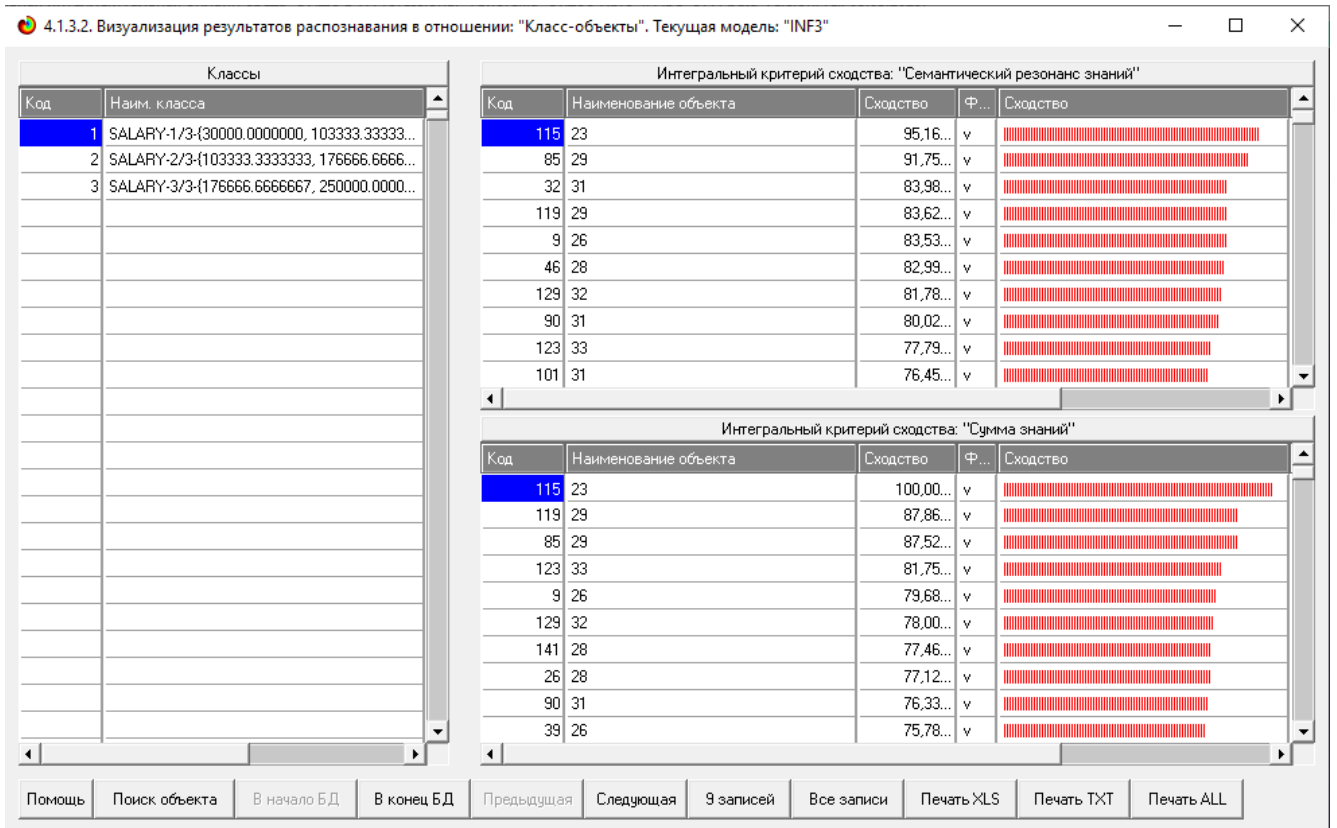


Рисунок 20 – Визуализация «Класс-объекты»

## 2.2 SWOT и PEST матрицы и диаграммы

При принятии решений определяется сила и направление влияния значений факторов на принадлежность состояний объекта моделирования к тем или иным классам, соответствующим различным будущим состояниям. По сути, это решение задачи SWOT-анализа.

Применительно к решаемой задаче, SWOT-анализ показывает, как различные критерии влияют на уровень заработной платы (рисунок 21).

4.4.8. Количественный автоматизированный SWOT-анализ классов средствами АСК-анализа в системе "Эйдос"

**Выбор класса, соответствующего будущему состоянию объекта управления**

Код	Наименование класса	Редукция клас...	N объектов (абс.)	N объектов (%)
1	SALARY-1/3-{30000.0000000, 103333.3333333}	3,6700341	494	61,7449664
2	SALARY-2/3-{103333.3333333, 176666.6666667}	2,9302914	240	29,5302013
3	SALARY-3/3-{176666.6666667, 250000.0000000}	1,4720162	71	8,7248322

**SWOT-анализ класса: 1 "SALARY-1/3-{30000.0000000, 103333.3333333}" в модели: 6 "INF3"**

**Способствующие факторы и сила их влияния**

Код	Наименование фактора и его интервального значения	Сила влияния
3	EDUCATION LEVEL-Bachelor's	18.680
83	YEARS OF EXPERIENCE-1/12-{0.5000000, 2.5416667}	7.727
44	JOB TITLE-Junior	6.954
84	YEARS OF EXPERIENCE-2/12-{2.5416667, 4.5833333}	6.954
85	YEARS OF EXPERIENCE-3/12-{4.5833333, 6.6250000}	6.181
1	GENDER-Female	5.657
10	JOB TITLE-Analyst	4.727
86	YEARS OF EXPERIENCE-4/12-{6.6250000, 8.6666667}	3.409
87	YEARS OF EXPERIENCE-5/12-{8.6666667, 10.7083333}	3.022
13	JOB TITLE-Business	2.704
71	JOB TITLE-Specialist	2.704
46	JOB TITLE-Marketing	2.340
20	JOB TITLE-Coordinator	2.318
27	JOB TITLE-Developer	1.704

**Препятствующие факторы и сила их влияния**

Код	Наименование фактора и его интервального значения	Сила влияния
5	EDUCATION LEVEL-PhD	-10.432
67	JOB TITLE-Senior	-10.024
4	EDUCATION LEVEL-Master's	-7.683
92	YEARS OF EXPERIENCE-10/12-{18.8750000, 20.9166666...}	-6.750
93	YEARS OF EXPERIENCE-11/12-{20.9166667, 22.9583333...}	-6.137
30	JOB TITLE-Director	-6.137
45	JOB TITLE-Manager	-5.774
2	GENDER-Male	-5.093
90	YEARS OF EXPERIENCE-8/12-{14.7916667, 16.8333333}	-4.750
66	JOB TITLE-Scientist	-4.523
52	JOB TITLE-Operations	-4.523
49	JOB TITLE-of	-3.682
91	YEARS OF EXPERIENCE-9/12-{16.8333333, 18.8750000}	-3.296
89	YEARS OF EXPERIENCE-7/12-{12.7500000, 14.7916667}	-3.137

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

Помощь    Abs    Prc1    Prc2    Inf1    Inf2    Inf3    Inf4    Inf5    Inf6    Inf7    SWOT-диаграмма

Рисунок 21 – SWOT-матрица

На рисунке 22 приведен пример табличной выходной формы количественного автоматизированного SWOT-анализа и PEST-анализа средствами системы Aidos-X.

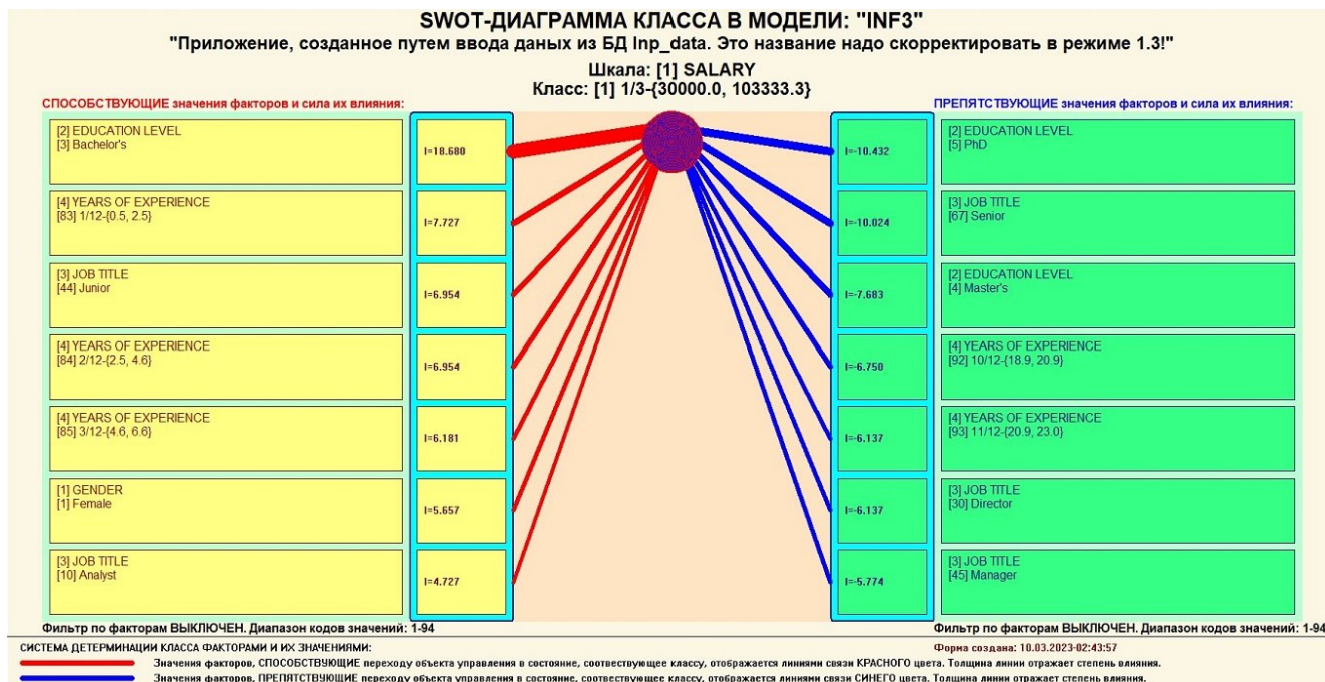


Рисунок 22 – SWOT-диаграмма

В левой стороне представлены факторы характерные для класса, а справа – нехарактерные.

### 2.3 Исследование моделируемой предметной области путем исследования ее модели

Если модель предметной области достоверна, то исследование модели можно считать исследованием самого моделируемого объекта, т.е. результаты исследования модели корректно относить к самому объекту моделирования, «переносить на него».

В системе «Aidos-X» есть довольно много возможностей для такого исследования, но в данной работе из-за ограничений на ее объем мы рассмотрим лишь результаты кластерно-конструктивного анализа классов и признаков (когнитивные диаграммы и дендрограммы), а также нелокальные нейроны, нелокальные нейронные сети, 3d-интегральные когнитивные карты и когнитивные функции.

#### 2.3.1 Когнитивные диаграммы классов



Эти диаграммы отражают сходство/различие классов. Мы получаем их в режимах 4.2.2.1 и 4.2.2.2.

Отметим также, что на когнитивной диаграмме, приведенной на рисунке 23, показаны количественные оценки сходства/различия показателей. Важно, что эти результаты сравнения получены с применением системно-когнитивной модели, созданной непосредственно на основе эмпирических данных, а не как традиционно делается на основе экспертных оценок неформализуемым путем на основе опыта, интуиции и профессиональной компетенции.

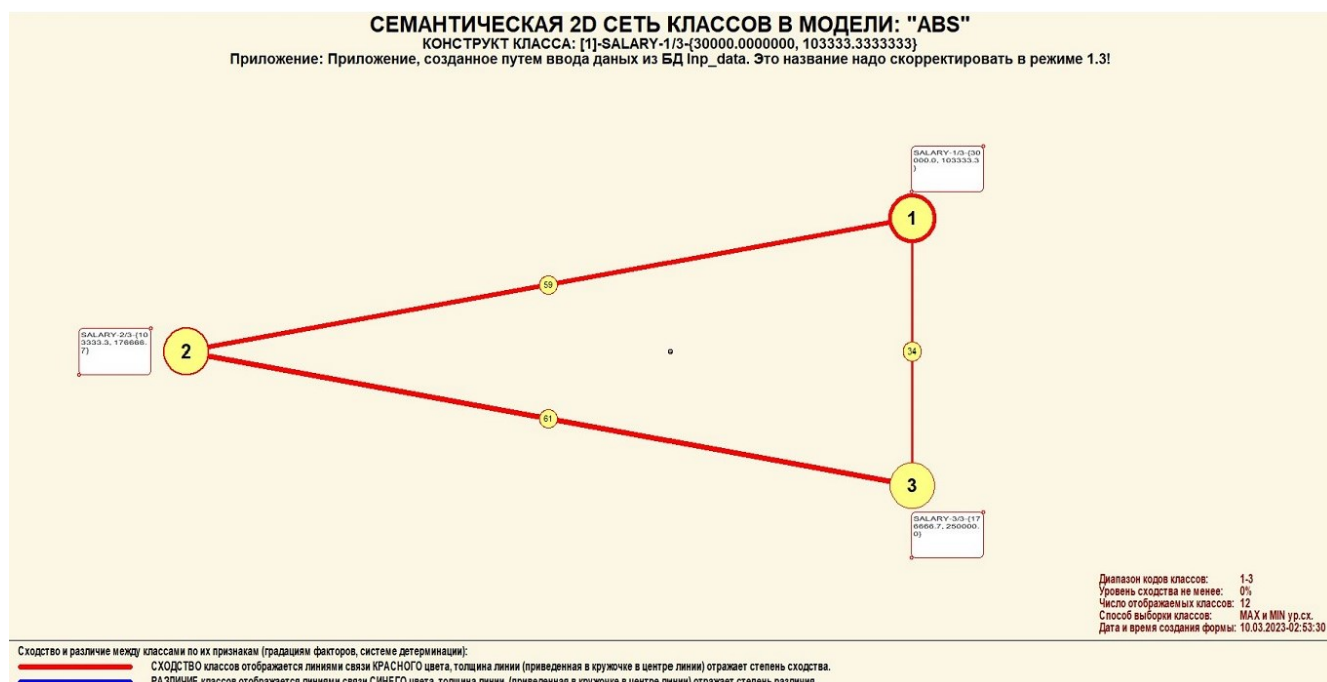


Рисунок 23 – Когнитивная диаграмма классов

### 2.3.2 Когнитивные диаграммы значений факторов

Подобные диаграммы отражают зависимость параметров. Эти диаграммы мы получаем в режимах 4.3.2.1 и 4.3.2.2 (рисунок 24).

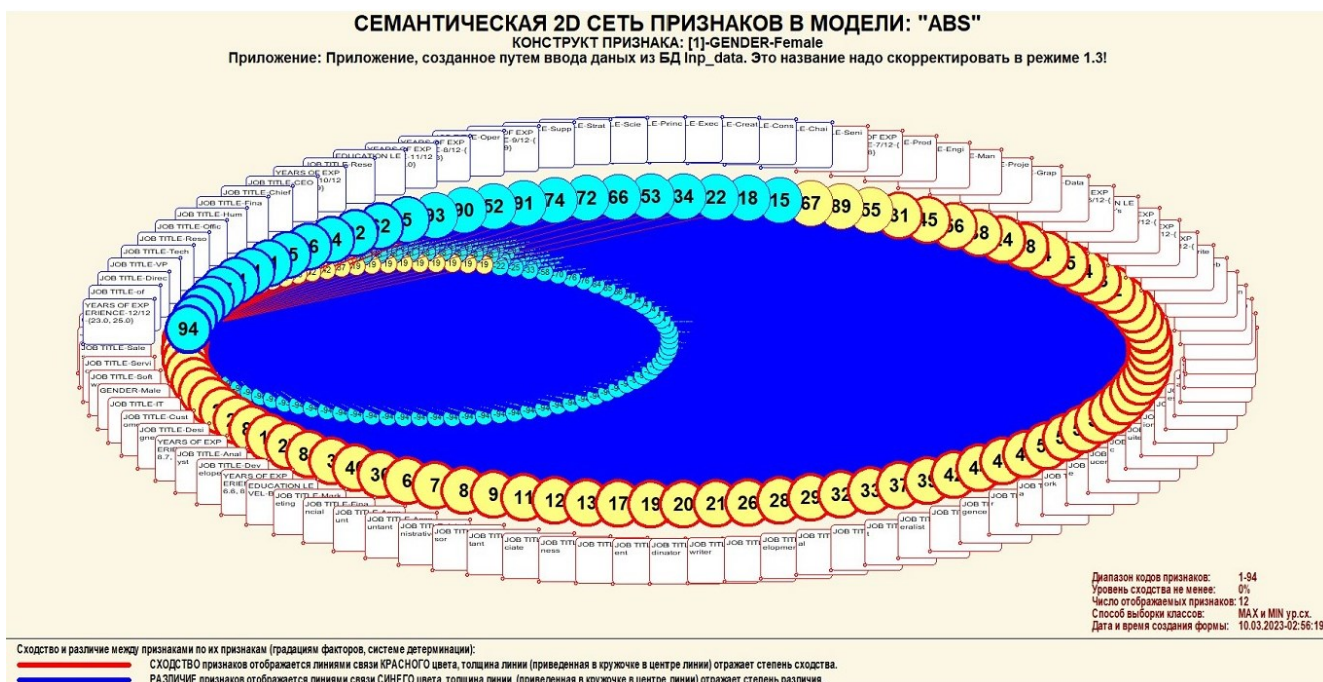


Рисунок 24 – График изменения межкластерных расстояний

### 2.3.3 Агломеративная когнитивная кластеризация значений факторов

На рисунках 25-26 приведена агломеративная дендрограмма когнитивной кластеризации значений факторов и график изменения межкластерных расстояний, полученные на основе той же матрицы сходства признаков по их смыслу, что и в когнитивных диаграммах.



### 2.3.4 Нелокальные нейроны и нелокальные нейронные сети

На рисунке 27 приведён пример нелокального нейрона, а на рисунке 28 – фрагмент одного слоя нелокальной нейронной сети, отражающий 57,27% наиболее значимых синаптических связей.

В приведенном фрагменте слоя нейронной сети нейроны соответствуют уровню заработной платы, а рецепторы – параметрам, влияющим на ее размер. Нейроны расположены слева направо в порядке убывания силы детерминации, т.е. слева находятся результаты, наиболее жестко обусловленные обуславливающими их значениями факторами, а справа – менее жестко обусловленные.

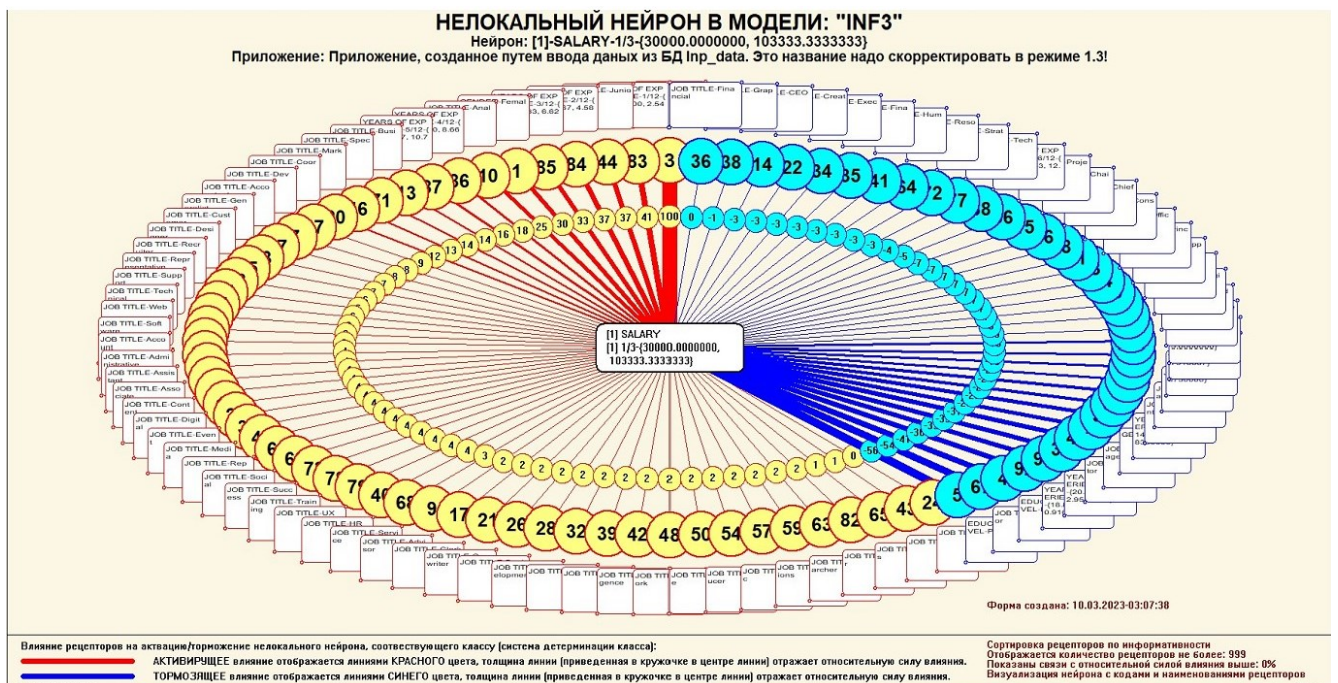


Рисунок 27 – Пример нелокального нейрона

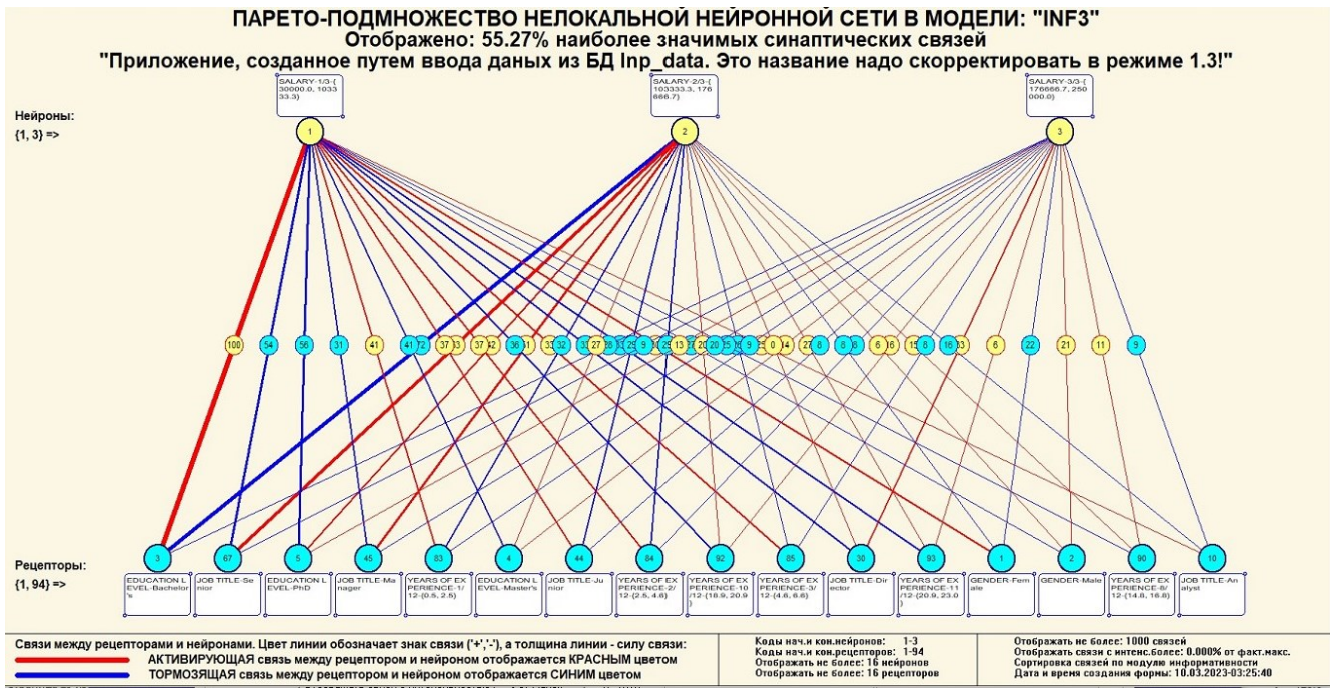


Рисунок 28 – Один слой нелокальной нейронной сети

### 2.3.5 3D-интегральные когнитивные карты

На рисунке 29 приведен фрагмент 3D-интегральной когнитивной карты, отражающий фрагмент СК-модели INF3.

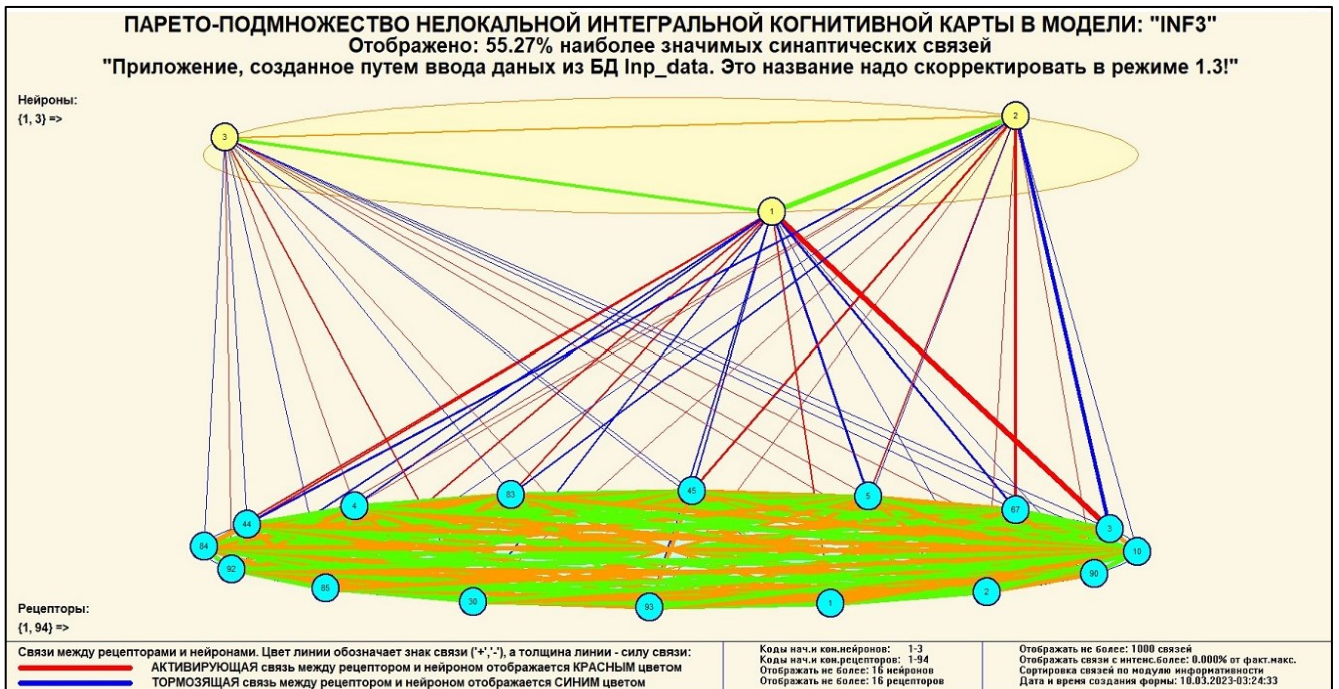


Рисунок 29 – 3D-интегральная когнитивная карта

## 2.3.6 Когнитивные функции

Такие диаграммы отражают то, как влияют градации различных факторов на прогноз. Эти диаграммы мы получаем в режиме 4.5 «Визуализация когнитивных функций» и некоторые из них представлены на рисунках 30.

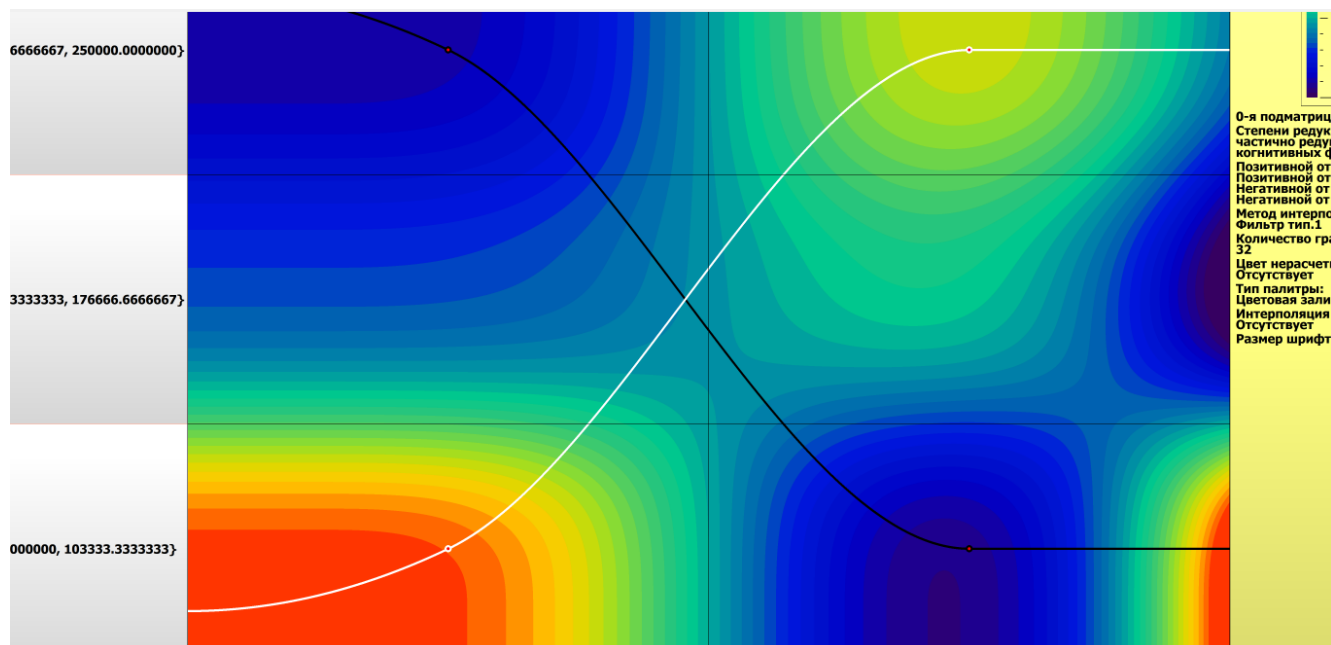


Рисунок 30 – Пример визуализации когнитивной функции по признаку 1 Female и 2 Male

Зависимости между значениями параметров внешнего мира и показателями заработной платы в основном имеют довольно сложный характер, в чем можно наглядно убедиться из приведенных когнитивных функций.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Цель работы достигнута, поставленная проблема решена, что показывает анализ результатов численного эксперимента предложенных и реализованных в системе «Aidos-X», решение поставленных задач является вполне эффективным.

При помощи системы «Aidos-X» результатом реализованной работы являются созданные статистические и системно-когнитивные модели, в которых на основе эмпирических данных были сформированы обобщенные образы классов, показывающие предполагаемый уровень заработной платы на основе этого, были достигнуты такие задачи, как идентификация, классификация и исследование моделируемой предметной области путем исследования ее модели.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Луценко Е.В. Развитый алгоритм принятия решений в интеллектуальных системах управления на основе АСК-анализа и системы «Эйдос» / Е.В. Луценко, Е.К. Печурина, А.Э. Сергеев // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2020. – №06(160). С. 95 – 114. – IDA [article ID]: 1602006009. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2020/06/pdf/09.pdf>, 1,25 у.п.л.

2. Луценко Е.В. Количественный автоматизированный SWOT- и PEST-анализ средствами АСК-анализа и интеллектуальной системы «Эйдос-Х++» / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – №07(101). С. 1367 – 1409. – IDA [article ID]: 1011407090. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2014/07/pdf/90.pdf>, 2,688 у.п.л.

3. Луценко Е.В., Подсистема агломеративной когнитивной кластеризации классов системы «Эйдос» ("Эйдос-кластер"). Пат. № 2012610135 РФ. Заяв. № 2011617962 РФ 26.10.2011. Оpubл. От 10.01.2012. – Режим доступа: <http://lc.kubagro.ru/aidos/2012610135.jpg>, 3,125 у.п.л.

4. Луценко Е.В. Метод когнитивной кластеризации или кластеризация на основе знаний (кластеризация в системно-когнитивном анализе и интеллектуальной системе «Эйдос») / Е.В. Луценко, В.Е. Коржаков // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2011. – №07(071). С. 528 – 576. – Шифр



Информрегистра: 0421100012\0253, IDA [article ID]: 0711107040. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2011/07/pdf/40.pdf>, 3,062 у.п.л.

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

– Режим доступа:<http://ej.kubagro.ru/2017/02/pdf/01.pdf>, 2 у.п.л.

6. Луценко Е.В. Метризация измерительных шкал различных типов и совместная сопоставимая количественная обработка разнородных факторов в системно-когнитивном анализе и системе «Эйдос» / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал

КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2013. – №08(092). С. 859 – 883. – IDA [article ID]: 0921308058. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2013/08/pdf/58.pdf>, 1,562 у.п.л.

7. Луценко Е.В. Системная теория информации и нелокальные интерпретируемые нейронные сети прямого счета / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2003. – №01(001). С. 79 – 91. – IDA [article ID]: 0010301011. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2003/01/pdf/11.pdf>, 0,812 у.п.л.

8. Луценко Е.В. Метод визуализации когнитивных функций – новый инструмент исследования эмпирических данных большой размерности / Е.В. Луценко, А.П. Трунев, Д.К. Бандык // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного

аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2011. – №03(067). С. 240 – 282. – Шифр

Информрегистра: 0421100012\0077, IDA [article ID]: 0671103018. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2011/03/pdf/18.pdf>, 2,688 у.п.л.

9. Луценко Е.В. Сценарный АСК-анализ как метод разработки на основе эмпирических данных базисных функций и весовых коэффициентов для разложения в ряд функции состояния объекта или ситуации по теореме А.Н.Колмогорова (1957) / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2020. – №07(161). С. 76 – 120. – IDA [article ID]: 1612007009. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2020/07/pdf/09.pdf>, 2,812 у.п.л.

10. Луценко Е.В. Детальный численный пример сценарного Автоматизированного системно-когнитивного анализа в интеллектуальной системе "Эйдос" / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2020. – №08(162). С. 273 – 355. – IDA [article ID]: 1622008020. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2020/08/pdf/20.pdf>, 5,188 у.п.л.