

**Автоматизированный системно-когнитивный анализ взаимосвязи между характеристиками футболистов и их расположением на поле**

Луценко Евгений Вениаминович  
 д.э.н., к.т.н., профессор  
 Scopus Author ID: 57188763047  
 РИНЦ SPIN-код: 9523-7101  
[prof.lutsenko@gmail.com](mailto:prof.lutsenko@gmail.com) <http://lc.kubagro.ru>

Аладинский Александр Александрович,  
 Студент группы ИТ1901 факультета прикладной информатики

Смирнова Анна Сергеевна,  
 Студентка группы ИТ1901 факультета прикладной информатики

*Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т.Трубилина, Краснодар, Россия*

Целью данной работы является изучение взаимосвязи между характеристиками футболистов и их расположением на поле. Достижение данной цели представляет научный и практический интерес. Изучающим это позволяет получить новые знания в области спорта. Для достижения поставленной цели применяется Автоматизированный системно-когнитивный анализ (АСК-анализ) и его программный инструментарий – интеллектуальная система «Эйдос». Подробно рассматривается численный пример, основанный на реальных физических данных футболистов.

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

**Automated system-cognitive analysis the relationship between the characteristics of the players and their location on the field**

Lutsenko Evgeniy Veniaminovich  
 Dr.Sci.Econ., Cand.Tech.Sci., professor  
 Scopus Author ID: 57188763047  
 RSCI SPIN-code: 9523-7101  
[prof.lutsenko@gmail.com](mailto:prof.lutsenko@gmail.com) <http://lc.kubagro.ru>

Aladinsky Alexandr Alexanrovich  
 Student of IT1901 group faculty of applied Informatics

Smirnova Anna Sergeevna  
 Student of IT1901 group faculty of applied Informatics

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

The aim of this work is to the relationship between the characteristics of the players and their location on the field Achieving this goal is of scientific and practical interest. This allows students to gain new knowledge in the field of sports. To achieve this goal, Automated System-Cognitive Analysis (ASK-analysis) and its software tools - the intellectual system "Eidos" are used. A numerical example based on the real physical data of football players is examined in detail.

Keywords: AUTOMATED SYSTEM-COGNITIVE ANALYSIS, ASC-ANALYSIS, "EIDOS" SYSTEM, FOOTBALL PLAYERS

**СОДЕРЖАНИЕ**

<b>ВВЕДЕНИЕ .....</b>	<b>2</b>
<b>ЗАДАЧА 1: КОГНИТИВНАЯ СТРУКТУРИЗАЦИЯ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ.....</b>	<b>5</b>
<b>ЗАДАЧА 2: ПОДГОТОВКА ИСХОДНЫХ ДАННЫХ И ФОРМАЛИЗАЦИЯ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ .....</b>	<b>5</b>
<b>ЗАДАЧА 3: СИНТЕЗ И ВЕРИФИКАЦИЯ СТАТИСТИЧЕСКИХ И СИСТЕМНО-КОГНИТИВНЫХ МОДЕЛЕЙ И ВЫБОР НАИБОЛЕЕ ДОСТОВЕРНОЙ ИЗ НИХ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ.....</b>	<b>11</b>
<b>ЗАДАЧА 4: РЕШЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ЗАДАЧ В НАИБОЛЕЕ ДОСТОВЕРНОЙ МОДЕЛИ .....</b>	<b>19</b>

Подзадача 4.1. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ (ДИАГНОСТИКА, КЛАССИФИКАЦИЯ, РАСПОЗНАВАНИЕ, ИДЕНТИФИКАЦИЯ).....	19
Подзадача 4.2. ПОДДЕРЖКА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ (SWOT-АНАЛИЗ) .....	21
Подзадача 4.3. ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛИРУЕМОЙ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ ПУТЕМ ИССЛЕДОВАНИЯ ЕЕ МОДЕЛИ .....	26
4.3.1. Когнитивные диаграммы классов .....	26
4.3.2. Агломеративная когнитивная кластеризация классов .....	27
4.3.3. Когнитивные диаграммы значений факторов.....	29
4.3.4. Агломеративная когнитивная кластеризация значений факторов.....	30
4.3.5. Нелокальные нейроны и нелокальные нейронные сети .....	32
4.3.6. 3d-интегральные когнитивные карты .....	34
4.3.7. Когнитивные функции.....	34
4.3.8. Сила и направление влияния значений факторов и сила влияния самих факторов на физические свойства футболистов.....	38
4.3.9. Взаимосвязь между свойствами футболистов и их расположением на поле. ....	41
<b>7. ВЫВОДЫ .....</b>	<b>45</b>
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....</b>	<b>46</b>

## **Введение**

**Целью** данной работы является изучение взаимосвязи физических свойств футболистов на расположении их на поле.

Достижение данной цели представляет научный и практический интерес. Изучающим это позволяет получить новые знания в области спорта.

Для достижения этой цели необходимо решить следующие **задачи**, которые получаются путем декомпозиции цели и являются этапами ее достижения:

Задача 1: когнитивная структуризация предметной области.

Задача 2: подготовка исходных данных и формализация предметной области.

Задача 3: синтез и верификация статистических и системно-когнитивных моделей и выбор наиболее достоверной модели.

Задача 4: решение различных задач в наиболее достоверной модели:

- подзадача 4.1. Прогнозирование (диагностика, классификация, распознавание, идентификация);

- подзадача 4.2. Поддержка принятия решений;

- подзадача 4.3. Исследование моделируемой предметной области путем исследования ее модели (когнитивные диаграммы классов и значений факторов, агломеративная когнитивная кластеризация классов и значений факторов, нелокальные нейроны и нейронные сети, 3d-интегральные когнитивные карты, когнитивные функции).

Эти задачи по сути представляют собой **этапы** Автоматизированного системно-когнитивный анализа (АСК-анализ), который и поэтому и предлагается применить для их решения.

АСК-анализ представляет собой метод искусственного интеллекта, разработанный проф. Е.В. Луценко в 2002 году для решения широкого класса задач идентификации, прогнозирования, классификации,

диагностики, поддержки принятия решений и исследования моделируемой предметной области путем исследования ее модели. АСК-анализ доведен до **инновационного** уровня благодаря тому, что имеет свой программный инструментарий – универсальную когнитивную аналитическую систему «Эйдос-X++» (система «Эйдос») [1].

**Система «Эйдос»** выгодно отличается от других интеллектуальных систем следующими параметрами:

- разработана в универсальной постановке, не зависящей от предметной области. Поэтому она является универсальной и может быть применена во многих предметных областях (<http://lc.kubagro.ru/aidos/index.htm>);

- находится в полном открытом бесплатном доступе (<http://lc.kubagro.ru/aidos/Aidos-X.htm>), причем с актуальными исходными текстами (<http://lc.kubagro.ru/AIDOS-X.txt>);

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

- 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);

- содержит большое количество локальных (поставляемых с инсталляцией) и облачных учебных и научных приложений (в настоящее время их 31 и 161, соответственно) ([http://lc.kubagro.ru/aidos/Presentation\\_Aidos-online.pdf](http://lc.kubagro.ru/aidos/Presentation_Aidos-online.pdf));

- обеспечивает мультиязычную поддержку интерфейса на 44 языках. Языковые базы входят в инсталляцию и могут пополняться в автоматическом режиме;

- поддерживает on-line среду накопления знаний и широко используется во всем мире (<http://aidos.byethost5.com/map5.php>);

- 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, что реально обеспечивает интеллектуальную обработку больших данных, большой информации и больших знаний;

- обеспечивает преобразование исходных эмпирических данных в информацию, а ее в знания и решение с использованием этих знаний 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 (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](http://lc.kubagro.ru/aidos/aidos18_LLS/aidos18_LLS.pdf));

- хорошо имитирует человеческий стиль мышления: дает результаты анализа, понятные экспертам на основе их опыта, интуиции и профессиональной компетенции.

Всем этим и обусловлен выбор АСК-анализа и его программного инструментария – интеллектуальной системы «Эйдос» в качестве метода и инструмента решения поставленной проблемы (рисунок 1).

Последовательность обработки данных, информации и знаний в системе «Эйдос-X++»

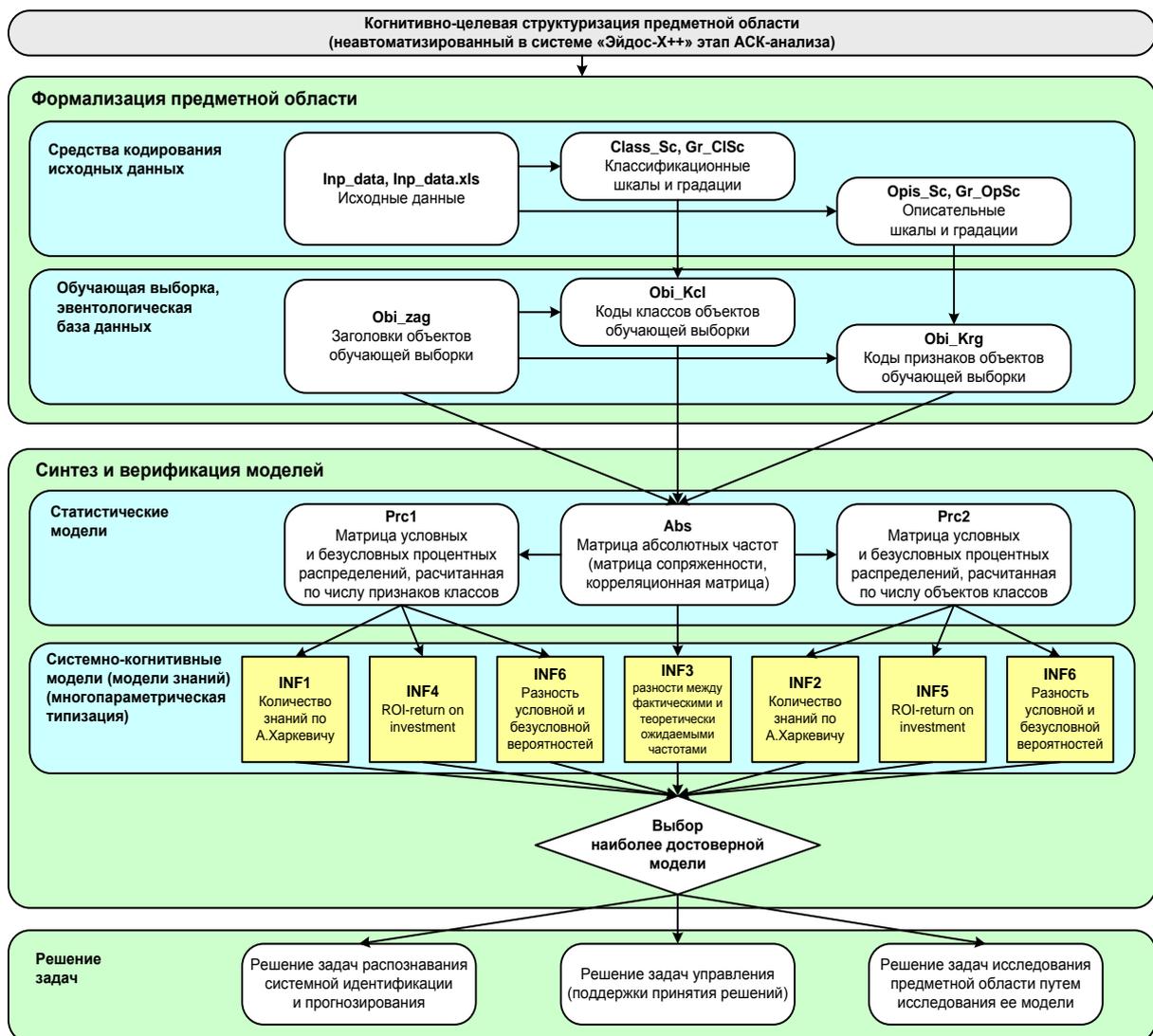


Рисунок 1. Последовательность решения задач в АСК-анализе и системе «Эйдос»

Рассмотрим решение поставленных задач в численном примере.

## **Задача 1: когнитивная структуризация предметной области**

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

При этом необходимо отметить, что системно-когнитивные модели (СК-модели) отражают лишь сам факт наличия зависимостей между значениями факторов и результатами их действия. Но они не отражают причин и механизмов такого влияния. Это значит, что содержательная интерпретация СК-моделей – это компетенция специалистов-экспертов хорошо разбирающихся в данной предметной области. Иногда встречается ситуация, когда и то, что на первый взгляд является причинами, и то, что казалось бы является их последствиями, на самом деле является последствиями неких глубинных причин, которых мы не видим и никоим образом непосредственно не отражаем в модели.

В данной работе в качестве классификационных шкал выберем качественные характеристики футболистов (таблица 1), а в качестве факторов, влияющих на эти результаты – их позицию на поле

Таблица 1 – Классификационные шкалы

KOD_CLSC	NAME_CLSC
1	Позиция на поле

Таблица 2 – Описательные шкалы

KOD_OPSC	NAME_OPSC
1	рост
2	Член сборной
3	возраст
4	страна
5	команда

## **Задача 2: подготовка исходных данных и формализация предметной области**

Исходные данные для данной статьи (таблица 3) получены в результате сбора данных с личных страниц футболистов и с сайта <https://ru.wikipedia.org>.

Таблица 3 – Исходные данные для ввода в систему «Эйдос»<sup>1</sup>

Дзюба Артем	фрв	196	да	31	Россия	Зенит
Акинфеев Игорь	вр	190	да	33	Россия	ЦСКА
Маркус Берг	фрв	189	да	33	Швеция	Краснодар
Кейн Гарри	фрв	188	да	28	Англия	тоттенхем
Стерлинг Рахим	пп	178	да	24	Англия	Ман Сити
Санчо Джейдон	пп	180	да	19	Англия	Боруссия
Руни Уэйн	фрв	190	нет	33	Англия	Ливерпуль
Стоунз Джон	защ	188	да	25	Англия	Ман Сити
Нойер Мануэль	врт	193	да	33	Германия	Бавария
Мюллер Томас	фрв	191	да	30	Германия	Бавария
Ройс Марко	пп	180	да	30	Германия	Буррусия
Боатенг Жером	защ	192	нет	31	Германия	Бавария
Дракслер Юлиан	пп	180	да	28	Германия	ПСЖ
Рамос Серхио	защ	187	да	33	Испания	Реал Мадрид
Де Хеа Давид	врт	192	да	22	Испания	Ман Юн
Бускетс Серхио	пп	179	да	31	Испания	Барселона
Коке	фрв	190	да	27	Испания	Атлетико
Руис Фабиан	пп	178	нет	28	Испания	Наполи
Себастьян Дани	пп	176	да	29	Испания	Реал Мадрид
Карвахаль Даниэль	защ	188	да	27	Испания	Реал Мадрид
Баллотели Марио	фрв	189	да	29	Италия	Брешиа
Реми Кабелла	пп	181	нет	29	Франция	Краснодар
Ари	пп	180	да	33	Бразилия	Краснодар
Петров Сергей	защ	180	да	28	Россия	Краснодар
Виктор Клаэссон	пп	183	да	27	Швеция	Краснодар
Газинский Юрий	защ	184	нет	30	Россия	Краснодар
Левандовский	фрв	187	да	30	Германия	Бавария
Коутиньо	пп	177	да	27	Бразилия	Бавария
Гнабри	пп	178	да	28	Германия	Бавария
Сафонов Матвей	врт	190	нет	19	Россия	Краснодар
Азар Эден	фрв	189	да	28	Бразилия	Реал Мадрид
Бэйл Гарет	фрв	188	да	30	Бразилия	Реал Мадрид
Бензема Карим	фрв	189	да	31	Франция	Реал Мадрид
Модрич Лука	пп	180	да	34	Испания	Реал Мадрид
Мбаппе Килиан	фрв	192	да	29	Франция	ПСЖ
Кавани	фрв	189	да	32	Швеция	ПСЖ
Икардио	фрв	190	да	28	Швеция	ПСЖ
Диалло Абду	защ	188	нет	28	Франция	ПСЖ
Мане Садио	фрв	190	да	33	Бразилия	Ливерпуль
Салах Сохаммед	фрв	188	да	30	Германия	Ливерпуль
Алиссон	врт	195	да	21	Германия	Ливерпуль
Ван Дейк	защ	187	нет	30	Швеция	Ливерпуль
Гомес Джо	защ	188	да	27	Англия	Ливерпуль
Пикфорд Джордан	врт	193	да	20	Англия	Наполи
Маунт Муйсон	пп	176	да	25	Италия	Наполи
Дибала Пауло	фрв	188	да	28	Италия	ювентус
Роналду	пп	179	да	33	Италия	ювентус
де Лигт	пп	185	да	30	Германия	ювентус
Буффон Джанлуидж	врт	195	да	24	Италия	ювентус
Манджукич	фрв	189	да	28	Испания	ювентус
Дуглас Коста	пп	177	да	33	Испания	ювентус
Азмун Сердар	фрв	189	нет	32	Россия	Зенит
Кокорин	фрв	191	да	29	Россия	Зенит
Оздоев	пп	175	да	30	Россия	Зенит
феликс	фрв	190	да	27	Испания	Атлетико
триппьер	защ	187	да	28	Англия	Атлетико
Партей	пп	177	да	32	Испания	Атлетико
Савич	защ	187	нет	29	Испания	Атлетико
облак	врт	192	да	22	Испания	Атлетико

Затем с параметрами, показанными на рисунке 2, запустим режим 2.3.2.2 системы «Эйдос», представляющий собой автоматизированный программный интерфейс (API) с внешними данными табличного типа. На рисунке 2 приведены реально использованные параметры.

<sup>1</sup> Таблицу исходных данных 1 можно скачать с FTP-сервера системы «Эйдос» по ссылке: [http://aidos.byethost5.com/Source\\_data\\_applications/Applications-000149/Inp\\_data.xls](http://aidos.byethost5.com/Source_data_applications/Applications-000149/Inp_data.xls)

Обратим внимание, что заданы адаптивные интервалы, учитывающее неравномерность распределения данных по диапазону значений. И в классификационных, и в описательных шкалах задано 3 числовых интервальных значения.

На рисунке 3 приведен Help данного режима, в котором объясняется принцип организации таблицы исходных данных для данного режима. Здесь же обратим внимание на то, что в таблице 3 как сами футболисты, так и их положение на поле, могут быть представлены только текстовым значением.

**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 DBF-файла)
- DBF - DBASE IV (DBF/NTX) (Стандарт CSV-файла)
- CSV - Comma-Separated Values

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":**

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)")

Ok Cancel

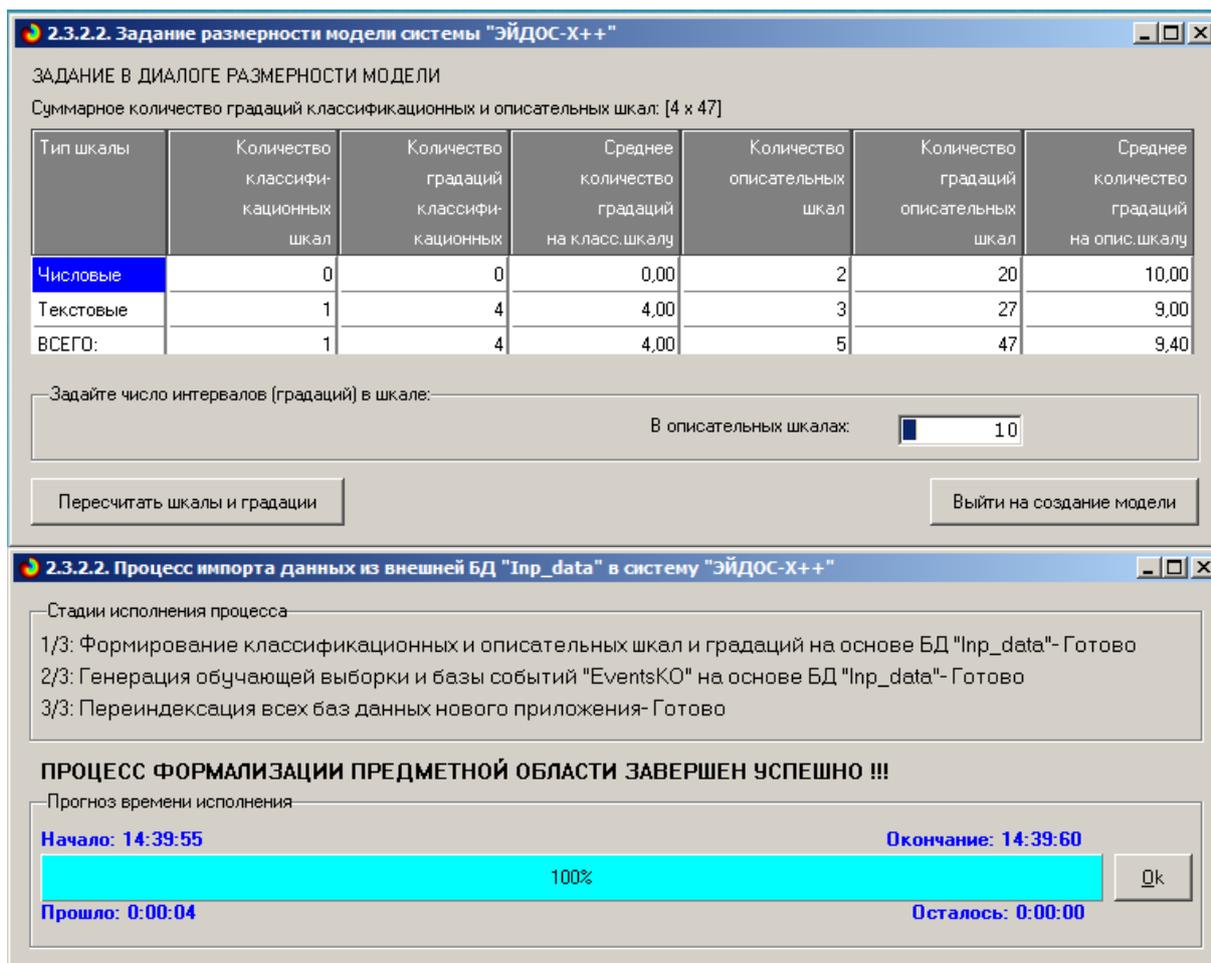


Рисунок 2. Экранные форма программного интерфейса (API) 2.3.2.2 системы «Эйдос» с внешними данными табличного типа<sup>2</sup>

В результате работы режима сформировано 4 классификационных шкал с суммарным количеством градаций (классов) 13 (таблица 4) и 47 описательных шкал с суммарным числом градаций. С использованием классификационных и описательных шкал и градаций (таблицы 4 и 5) исходные данные (таблица 3) были закодированы и в результате получена обучающая выборка (таблица 6):

<sup>2</sup> Все рисунки в статье приведены с достаточно высоким разрешением и при увеличении масштаба просмотра вполне читабельны

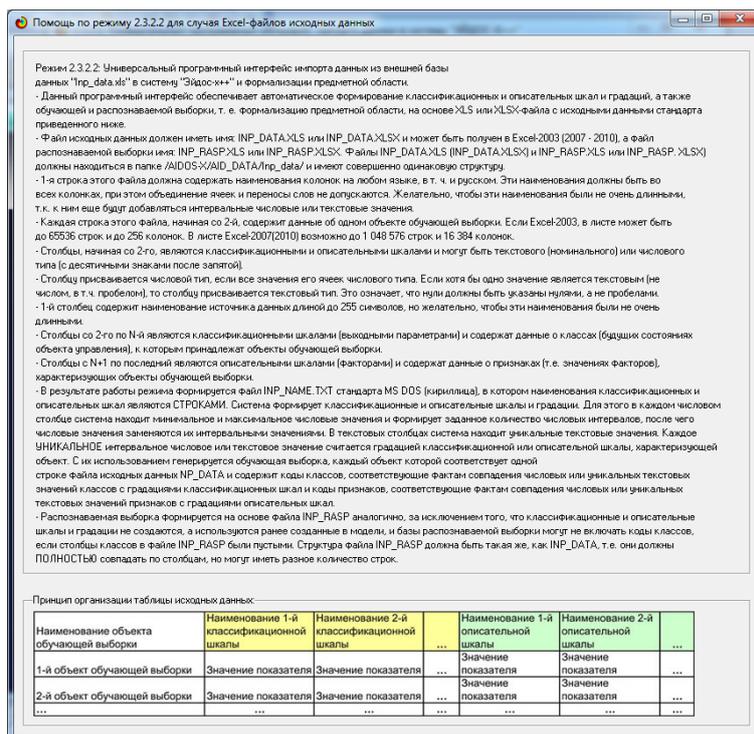


Рисунок 3. Экранная форма HELP программного интерфейса (API) 2.3.2.2

Таблица 4 – Классификационные шкалы и градации (позиции игроков)

KOD	NAME_CLS
1	ПОЗИЦИЯ НА ПОЛЕ-врт
2	ПОЗИЦИЯ НА ПОЛЕ-защ
3	ПОЗИЦИЯ НА ПОЛЕ-пп
4	ПОЗИЦИЯ НА ПОЛЕ-фрв

Таблица 5 – Описательные шкалы и градации (различные свойства и характеристики игроков)

KOD	NAME_ATR
1	РОСТ-1-е из 10: 1/10-{175.0000000, 177.1000000}
2	РОСТ-2-е из 10: 2/10-{177.1000000, 179.2000000}
3	РОСТ-3-е из 10: 3/10-{179.2000000, 181.3000000}
4	РОСТ-4-е из 10: 4/10-{181.3000000, 183.4000000}
5	РОСТ-5-е из 10: 5/10-{183.4000000, 185.5000000}
6	РОСТ-6-е из 10: 6/10-{185.5000000, 187.6000000}
7	РОСТ-7-е из 10: 7/10-{187.6000000, 189.7000000}
8	РОСТ-8-е из 10: 8/10-{189.7000000, 191.8000000}
9	РОСТ-9-е из 10: 9/10-{191.8000000, 193.9000000}
10	РОСТ-10-е из 10: 10/10-{193.9000000, 196.0000000}
11	ЧЛЕН СБОРНОЙ-да
12	ЧЛЕН СБОРНОЙ-нет
13	ВОЗВРАСТ-1-е из 10: 1/10-{19.0000000, 20.5000000}
14	ВОЗВРАСТ-2-е из 10: 2/10-{20.5000000, 22.0000000}
15	ВОЗВРАСТ-3-е из 10: 3/10-{22.0000000, 23.5000000}
16	ВОЗВРАСТ-4-е из 10: 4/10-{23.5000000, 25.0000000}
17	ВОЗВРАСТ-5-е из 10: 5/10-{25.0000000, 26.5000000}
18	ВОЗВРАСТ-6-е из 10: 6/10-{26.5000000, 28.0000000}
19	ВОЗВРАСТ-7-е из 10: 7/10-{28.0000000, 29.5000000}
20	ВОЗВРАСТ-8-е из 10: 8/10-{29.5000000, 31.0000000}
21	ВОЗВРАСТ-9-е из 10: 9/10-{31.0000000, 32.5000000}
22	ВОЗВРАСТ-10-е из 10: 10/10-{32.5000000, 34.0000000}
23	СТРАНА -Англия
24	СТРАНА -Бразилия
25	СТРАНА -Германия
26	СТРАНА -Испания
27	СТРАНА -Италия
28	СТРАНА -Россия
29	СТРАНА -Франция
30	СТРАНА -Швеция

31	КОМАНДА-Атлетико
32	КОМАНДА-Бавария
33	КОМАНДА-Барселона
34	КОМАНДА-Боруссия
35	КОМАНДА-Брешиа
36	КОМАНДА-Буррусия
37	КОМАНДА-Зенит
38	КОМАНДА-Краснодар
39	КОМАНДА-Ливерпуль
40	КОМАНДА-Ман Сити
41	КОМАНДА-Ман Юн
42	КОМАНДА-Наполи
43	КОМАНДА-ПСЖ
44	КОМАНДА-Реал Мадрид
45	КОМАНДА-тоттенхем
46	КОМАНДА-ЦСКА
47	КОМАНДА-ювентус

Таблица 6 – Обучающая выборка

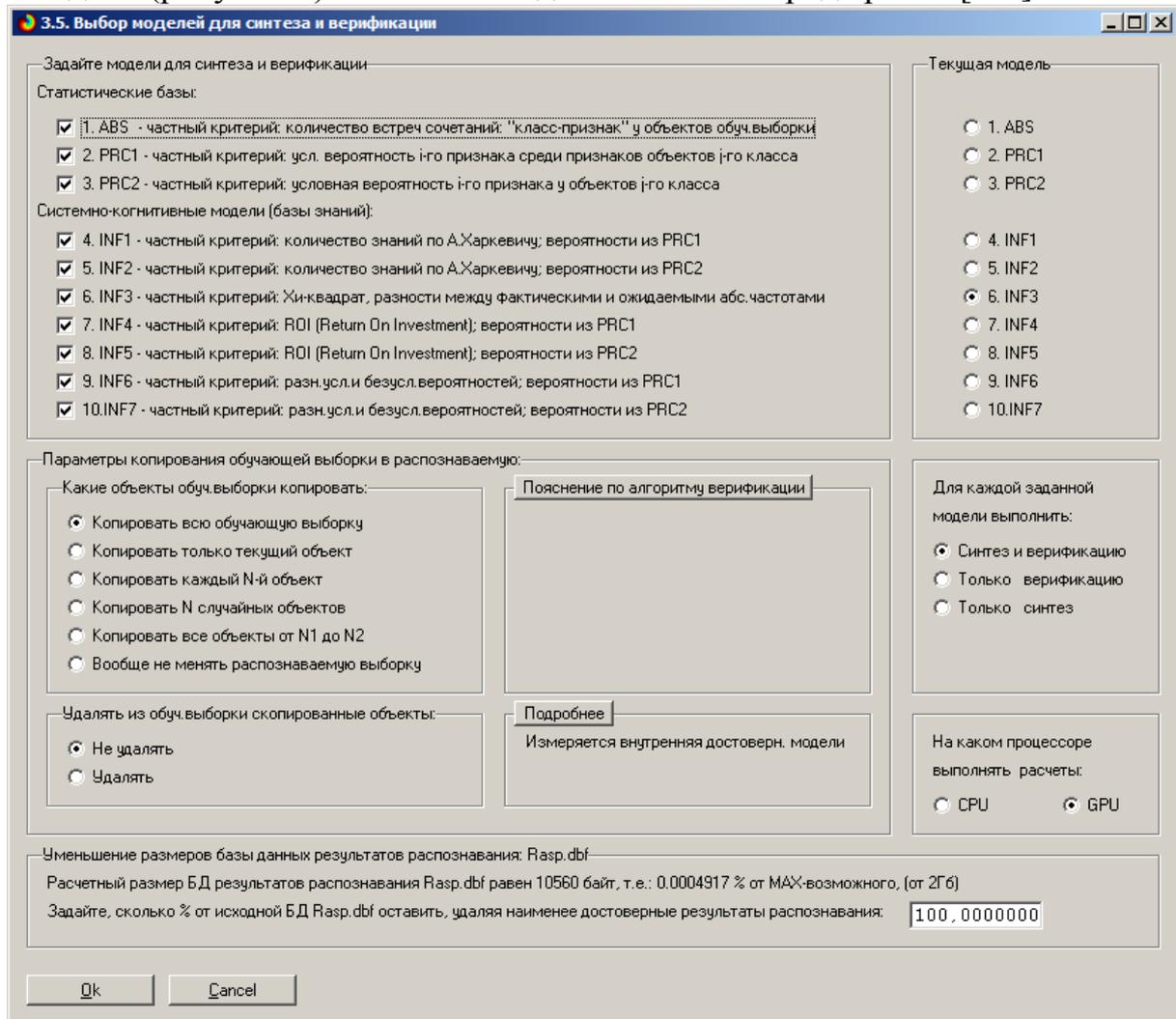
№	Наименование объекта	2. ПОЗИЦИЯ НА ПОЛЕ	3. РОСТ	4. ЧЛЕН СБОРНОЙ	5. ВОЗВРАСТ	6. СТРАНА	7. КОМАНДА
1	Дзюба Артем	4	10	11	20	28	37
2	Акинфеев Игорь	1	8	11	22	28	46
3	Маркус Берг	4	7	11	22	30	38
4	Кейн Гарри	4	7	11	17	23	45
5	Стерлинг Рахим	3	2	11	16	23	40
6	Санчо Джейдон	3	3	11	13	23	34
7	Руни Уэйн	4	8	12	22	23	39
8	Стоунз Джон	2	7	11	16	23	40
9	Нойер Мануэль	1	9	11	22	25	32
10	Мюллер Томас	4	8	11	20	25	32
11	Ройс Марко	3	3	11	20	25	36
12	Боатенг Жером	2	9	12	20	25	32

Обучающая выборка (таблица 6), по сути, представляет собой нормализованные исходные данные, т.е. таблицу исходных данных (таблица 3), закодированную с помощью классификационных и описательных шкал и градаций (таблицы 4 и 5).

Таким образом, созданы все необходимые и достаточные условия для выполнения следующего этапа АСК-анализа: т.е. для синтеза и верификации моделей.

### Задача 3: синтез и верификация статистических и системно-когнитивных моделей и выбор наиболее достоверной из них для решения задач

Синтез и верификация статистических и системно-когнитивных моделей (СК-моделей) моделей осуществляется в режиме 3.5 системы «Эйдос» (рисунок 4). Сами эти модели описаны в ряде работ [1-8].



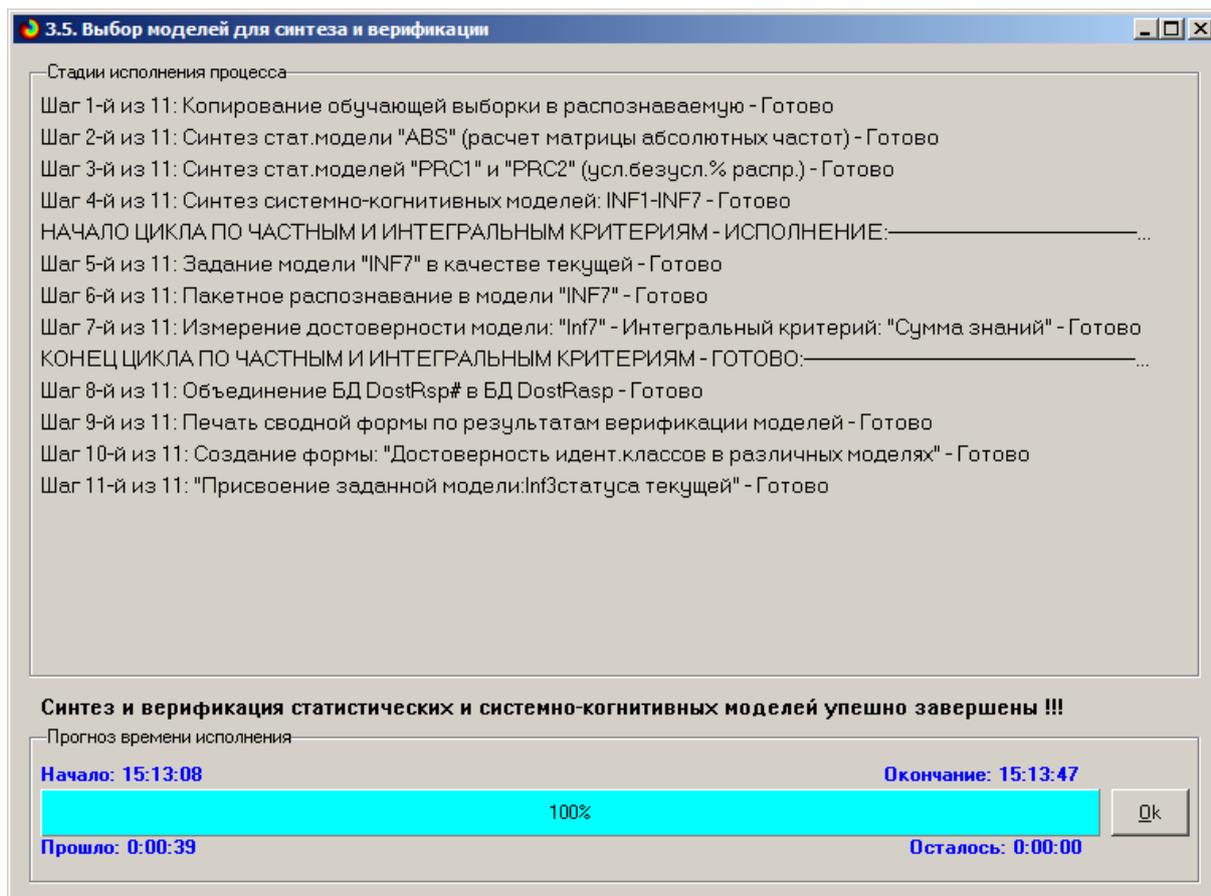


Рисунок 4. Экранная форма режима синтеза и верификации статистических и системно-когнитивных моделей системы «Эйдос»

Обратим внимание на то, что на рисунке 4 в правом нижнем углу окна задана опция: «Расчеты проводить на графическом процессор (GPU)».

Из рисунка 4 видно, что весь процесс синтеза и верификации моделей занял 39 секунд. Отметим, что при синтезе и верификации моделей использовался графический процессор (GPU) видеокарты. На центральном процессоре (CPU) выполнение этих операций занимает значительно большее время (на некоторых задачах это происходит в десятки, сотни и даже тысячи раз дольше). Таким образом, [неграфические вычисления на графических процессорах видеокарты](#) делает возможной обработку больших объемов исходных данных за разумное время. В процесс синтеза и верификации моделей осуществляется также расчет 10 выходных форм, на что уходит более 99% времени исполнения.

Фрагменты самих созданных статистических и системно-когнитивных моделей (СК-модели) приведены на рисунках 5, 6, 7:

Код признака	Наименование описательной шкалы и градации	1. ПОЗИЦИЯ НА ПОЛЕ ВРТ	2. ПОЗИЦИЯ НА ПОЛЕ ЗАЩ	3. ПОЗИЦИЯ НА ПОЛЕ ПП	4. ПОЗИЦИЯ НА ПОЛЕ ФРВ	Сумма	Среднее	Средн. квадр. откл.
1	РОСТ-1-е из 10: 1/10-(175.0000000, 177.1000000)			6		6	1.50	3.00
2	РОСТ-2-е из 10: 2/10-(177.1000000, 179.2000000)			5		5	1.25	2.50
3	РОСТ-3-е из 10: 3/10-(179.2000000, 181.3000000)		1	6		7	1.75	2.87
4	РОСТ-4-е из 10: 4/10-(181.3000000, 183.4000000)			1		1	0.25	0.50
5	РОСТ-5-е из 10: 5/10-(183.4000000, 185.5000000)		1	1		2	0.50	0.58
6	РОСТ-6-е из 10: 6/10-(185.5000000, 187.6000000)		4		1	5	1.25	1.89
7	РОСТ-7-е из 10: 7/10-(187.6000000, 189.7000000)		4		11	15	3.75	5.19
8	РОСТ-8-е из 10: 8/10-(189.7000000, 191.8000000)	2			7	9	2.25	3.30
9	РОСТ-9-е из 10: 9/10-(191.8000000, 193.9000000)	4	1		1	6	1.50	1.73
10	РОСТ-10-е из 10: 10/10-(193.9000000, 196.0000000)	2			1	3	0.75	0.96
11	ЧЛЕН СБОРНОЙ-да	7	6	17	19	49	12.25	6.70
12	ЧЛЕН СБОРНОЙ-нет	1	5	2	2	10	2.50	1.73
13	ВОЗРАСТ-1-е из 10: 1/10-(19.0000000, 20.5000000)	2		1		3	0.75	0.96
14	ВОЗРАСТ-2-е из 10: 2/10-(20.5000000, 22.0000000)	3				3	0.75	1.50
15	ВОЗРАСТ-3-е из 10: 3/10-(22.0000000, 23.5000000)							
16	ВОЗРАСТ-4-е из 10: 4/10-(23.5000000, 25.0000000)	1	1	2		4	1.00	0.82
17	ВОЗРАСТ-5-е из 10: 5/10-(25.0000000, 26.5000000)		1	2	1	4	1.00	0.82
18	ВОЗРАСТ-6-е из 10: 6/10-(26.5000000, 28.0000000)		4	3	6	13	3.25	2.50
19	ВОЗРАСТ-7-е из 10: 7/10-(28.0000000, 29.5000000)		1	2	3	6	1.50	1.29
20	ВОЗРАСТ-8-е из 10: 8/10-(29.5000000, 31.0000000)		3	4	6	13	3.25	2.50
21	ВОЗРАСТ-9-е из 10: 9/10-(31.0000000, 32.5000000)			1	2	3	0.75	0.96
22	ВОЗРАСТ-10-е из 10: 10/10-(32.5000000, 34.0000000)	2	1	4	3	10	2.50	1.29
23	СТРАНА-Англия	1	3	2	2	8	2.00	0.82

Рисунок 5. Матрица абсолютных частот (фрагмент)

Код признака	Наименование описательной шкалы и градации	1. ПОЗИЦИЯ НА ПОЛЕ ВРТ	2. ПОЗИЦИЯ НА ПОЛЕ ЗАЩ	3. ПОЗИЦИЯ НА ПОЛЕ ПП	4. ПОЗИЦИЯ НА ПОЛЕ ФРВ	Сумма	Среднее	Средн. квадр. откл.
1	РОСТ-1-е из 10: 1/10-(175.0000000, 177.1000000...)			0.398		0.398	0.100	0.199
2	РОСТ-2-е из 10: 2/10-(177.1000000, 179.2000000...)			0.398		0.398	0.100	0.199
3	РОСТ-3-е из 10: 3/10-(179.2000000, 181.3000000...)		-0.094	0.344		0.251	0.063	0.193
4	РОСТ-4-е из 10: 4/10-(181.3000000, 183.4000000...)			0.398		0.398	0.100	0.199
5	РОСТ-5-е из 10: 5/10-(183.4000000, 185.5000000...)		0.347	0.155		0.502	0.125	0.165
6	РОСТ-6-е из 10: 6/10-(185.5000000, 187.6000000...)		0.512		-0.203	0.310	0.077	0.305
7	РОСТ-7-е из 10: 7/10-(187.6000000, 189.7000000...)		0.126		0.254	0.380	0.095	0.122
8	РОСТ-8-е из 10: 8/10-(189.7000000, 191.8000000...)	0.174			0.275	0.449	0.112	0.136
9	РОСТ-9-е из 10: 9/10-(191.8000000, 193.9000000...)	0.560	-0.039		-0.267	0.254	0.063	0.351
10	РОСТ-10-е из 10: 10/10-(193.9000000, 196.0000000...)	0.560			-0.023	0.537	0.134	0.284
11	ЧЛЕН СБОРНОЙ-да	0.018	-0.148	0.026	0.030	-0.073	-0.018	0.087
12	ЧЛЕН СБОРНОЙ-нет	-0.107	0.347	-0.168	-0.203	-0.130	-0.033	0.256
13	ВОЗРАСТ-1-е из 10: 1/10-(19.0000000, 20.5000000...)	0.560		0.012		0.572	0.143	0.278
14	ВОЗРАСТ-2-е из 10: 2/10-(20.5000000, 22.0000000...)	0.703				0.703	0.176	0.351
15	ВОЗРАСТ-3-е из 10: 3/10-(22.0000000, 23.5000000...)							
16	ВОЗРАСТ-4-е из 10: 4/10-(23.5000000, 25.0000000...)	0.215	0.103	0.155		0.473	0.118	0.091
17	ВОЗРАСТ-5-е из 10: 5/10-(25.0000000, 26.5000000...)		0.103	0.155	-0.124	0.134	0.033	0.123
18	ВОЗРАСТ-6-е из 10: 6/10-(26.5000000, 28.0000000...)		0.176	-0.117	0.091	0.150	0.038	0.126
19	ВОЗРАСТ-7-е из 10: 7/10-(28.0000000, 29.5000000...)		-0.039	0.012	0.120	0.092	0.023	0.068
20	ВОЗРАСТ-8-е из 10: 8/10-(29.5000000, 31.0000000...)		0.075	-0.016	0.091	0.150	0.038	0.053
21	ВОЗРАСТ-9-е из 10: 9/10-(31.0000000, 32.5000000...)			0.012	0.221	0.233	0.058	0.108
22	ВОЗРАСТ-10-е из 10: 10/10-(32.5000000, 34.0000000...)	0.137	-0.219	0.076	-0.060	-0.066	-0.017	0.158
23	СТРАНА-Англия	-0.029	0.246	-0.089	-0.124	0.004	0.001	0.168

Рисунок 6. Матрица информативностей INF1 (фрагмент)

Код признака	Наименование описательной шкалы и градации	1. ПОЗИЦИЯ НА ПОЛЕ ВРТ	2. ПОЗИЦИЯ НА ПОЛЕ ЗАЩ	3. ПОЗИЦИЯ НА ПОЛЕ ПП	4. ПОЗИЦИЯ НА ПОЛЕ ФРВ	Сумма	Среднее	Средн. квадр. откл.
1	РОСТ-1-е из 10: 1/10-(175.000000, 177.100000...	-0.814	-1.119	4.068	-2.136	0.000		2.770
2	РОСТ-2-е из 10: 2/10-(177.100000, 179.200000...	-0.678	-0.932	3.390	-1.780			2.308
3	РОСТ-3-е из 10: 3/10-(179.200000, 181.300000...	-0.949	-0.305	3.746	-2.492	0.000		2.660
4	РОСТ-4-е из 10: 4/10-(181.300000, 183.400000...	-0.136	-0.186	0.678	-0.356			0.462
5	РОСТ-5-е из 10: 5/10-(183.400000, 185.500000...	-0.271	0.627	0.356	-0.712			0.606
6	РОСТ-6-е из 10: 6/10-(185.500000, 187.600000...	-0.678	3.068	-1.610	-0.780	0.000		2.087
7	РОСТ-7-е из 10: 7/10-(187.600000, 189.700000...	-2.034	1.203	-4.831	5.661	0.000		4.508
8	РОСТ-8-е из 10: 8/10-(189.700000, 191.800000...	0.780	-1.678	-2.898	3.797	0.000		2.957
9	РОСТ-9-е из 10: 9/10-(191.800000, 193.900000...	3.186	-0.119	-1.932	-1.136	0.000		2.250
10	РОСТ-10-е из 10: 10/10-(193.900000, 196.0000...	1.593	-0.559	-0.966	-0.068			1.124
11	ЧЛЕН СБОРНОЙ да	0.356	-3.136	1.220	1.559			2.151
12	ЧЛЕН СБОРНОЙ нет	-0.356	3.136	-1.220	-1.559			2.151
13	ВОЗРАСТ-1-е из 10: 1/10-(19.000000, 20.5000...	1.593	-0.559	0.034	-1.068			1.154
14	ВОЗРАСТ-2-е из 10: 2/10-(20.500000, 22.0000...	2.593	-0.559	-0.966	-1.068			1.743
15	ВОЗРАСТ-3-е из 10: 3/10-(22.000000, 23.5000...							
16	ВОЗРАСТ-4-е из 10: 4/10-(23.500000, 25.0000...	0.458	0.254	0.712	-1.424			0.967
17	ВОЗРАСТ-5-е из 10: 5/10-(25.000000, 26.5000...	-0.542	0.254	0.712	-0.424			0.590
18	ВОЗРАСТ-6-е из 10: 6/10-(26.500000, 28.0000...	-1.763	1.576	-1.186	1.373			1.721
19	ВОЗРАСТ-7-е из 10: 7/10-(28.000000, 29.5000...	-0.814	-0.119	0.068	0.864			0.690
20	ВОЗРАСТ-8-е из 10: 8/10-(29.500000, 31.0000...	-1.763	0.576	-0.186	1.373			1.337
21	ВОЗРАСТ-9-е из 10: 9/10-(31.000000, 32.5000...	-0.407	-0.559	0.034	0.932			0.670
22	ВОЗРАСТ-10-е из 10: 10/10-(32.500000, 34.00...	0.644	-0.864	0.780	-0.559			0.833
23	СТРАНА-Англия	-0.085	1.508	-0.576	-0.847			1.054

Рисунок 7. Модель INF3 (фрагмент)

Отметим, что в АСК-анализе и СК-моделях степень выраженности различных характеристик футболистов рассматривается с одной единственной точки зрения: какое *количество информации* содержится в них о том, каким будет расположение футболиста на поле. Поэтому не играет никакой роли в каких единицах измерения измеряются те или иные физические свойства футболистов. Это и есть решение проблемы сопоставимости в АСК-анализе и системе «Эйдос», отличающее их от других интеллектуальных технологий.

### Верификация статистических и системно-когнитивных моделей

Оценка достоверности моделей в системе «Эйдос» осуществляется путем решения задачи классификации объектов обучающей выборки по обобщенным образам классов и подсчета количества истинных положительных и отрицательных, а также ложных положительных и отрицательных решений по F-мере Ван Ризбергена, а также по критериям L1- L2-мерам проф. Е. В. Луценко, смягчающие и преодолевающие недостатки F-меры [3]. В режиме 3.4 системы «Эйдос» изучается достоверность каждой частной модели в соответствии с этими мерами достоверности (рисунок 8).

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)
1. ABS - частный критерий: количество встреч сочетаний: "клас...	Корреляция абс. частот с обр...	59	59	19	217	
1. ABS - частный критерий: количество встреч сочетаний: "клас...	Сумма абс. частот по признак...	59	59	6	230	
2. PRC1 - частный критерий: усл. вероятность i-го признака сред...	Корреляция усл.отн. частот с о...	59	59	19	217	
2. PRC1 - частный критерий: усл. вероятность i-го признака сред...	Сумма усл.отн. частот по приз...	59	59	6	230	
3. PRC2 - частный критерий: условная вероятность i-го признака...	Корреляция усл.отн. частот с о...	59	59	19	217	
3. PRC2 - частный критерий: условная вероятность i-го признака...	Сумма усл.отн. частот по приз...	59	59	6	230	
4. INF1 - частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу; в...	Семантический резонанс зна...	59	51	192	44	
4. INF1 - частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу; в...	Сумма знаний	59	57	76	160	
5. INF2 - частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу; в...	Семантический резонанс зна...	59	51	192	44	
5. INF2 - частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу; в...	Сумма знаний	59	57	76	160	
6. INF3 - частный критерий: Хи-квадрат, разности между фактич...	Семантический резонанс зна...	59	58	187	49	
6. INF3 - частный критерий: Хи-квадрат, разности между фактич...	Сумма знаний	59	58	187	49	
7. INF4 - частный критерий: ROI (Return On Investment), вероятн...	Семантический резонанс зна...	59	52	214	22	
7. INF4 - частный критерий: ROI (Return On Investment), вероятн...	Сумма знаний	59	58	67	169	
8. INF5 - частный критерий: ROI (Return On Investment), вероятн...	Семантический резонанс зна...	59	52	214	22	
8. INF5 - частный критерий: ROI (Return On Investment), вероятн...	Сумма знаний	59	58	67	169	
9. INF6 - частный критерий: разн. усл. и безуслов. вероятностей; вер...	Семантический резонанс зна...	59	53	177	59	
9. INF6 - частный критерий: разн. усл. и безуслов. вероятностей; вер...	Сумма знаний	59	58	77	159	
10. INF7 - частный критерий: разн. усл. и безуслов. вероятностей; ве...	Семантический резонанс зна...	59	53	177	59	
10. INF7 - частный критерий: разн. усл. и безуслов. вероятностей; ве...	Сумма знаний	59	58	77	159	

Рисунок 8. Экранная форма с информацией о достоверности моделей по F-критерию Ван Ризбергена и L1- и L2-критериям проф.Е.В.Луценко [3]

Из рисунка 8 мы видим, что в данном интеллектуальном приложении по F-критерию Ван Ризбергена наиболее достоверной является СК-модель INF3 с интегральным критерием «Резонанс знаний» ( $F=0,841$  при максимуме 1,000), что неплохо, а по критерию L1 проф. Е. В. Луценко [3] наиболее достоверной также является СК-модель INF3, но с интегральным критерием «Сумма знаний» ( $L1=0,951$  при максимуме 1,000), что является очень хорошим результатом.

*Это подтверждает наличие и адекватное отражение в СК-модели сильной причинно-следственной зависимости между физическими свойствами футболистов и их позицией на поле.*

На рисунке 9 приведено частотное распределения числа истинных и ложных положительных и отрицательных решений по результатам прогнозирования результатов анализирования футболистов на основе их физических свойств в СК-модели INF3 по данным обучающей выборки:

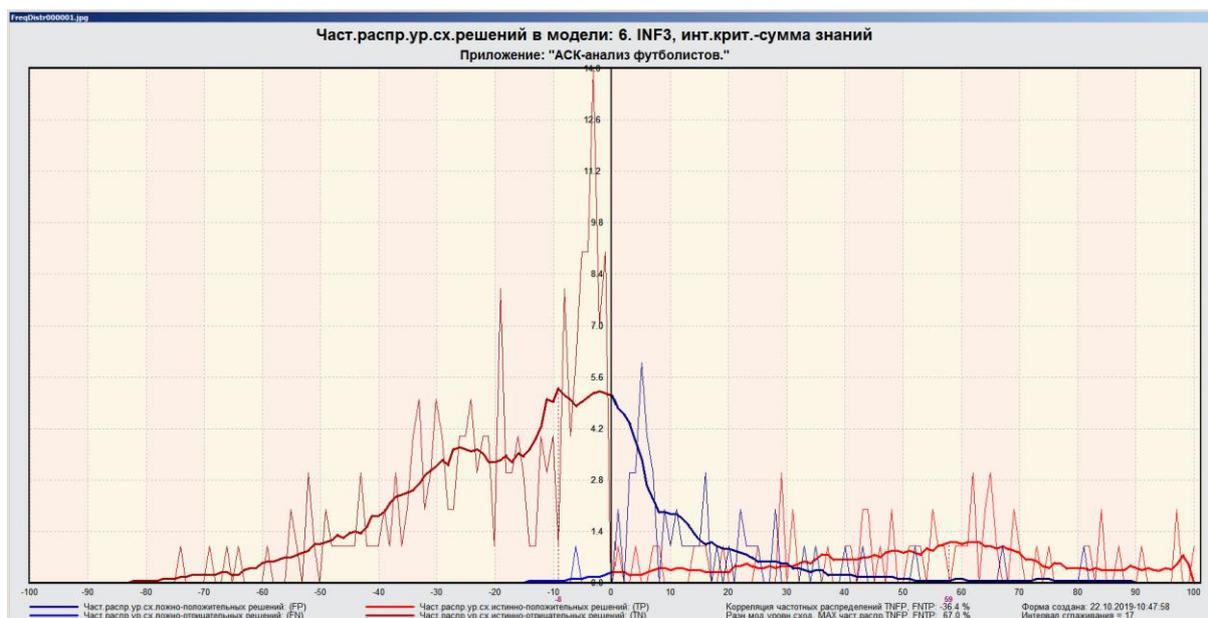


Рисунок 9. Частотные распределения числа истинных и ложных положительных и отрицательных решений и их разности в СК-модели Inf3

Рисунок 9 содержит изображения двух частотных распределений, похожих на нормальные, сдвинутых относительно друг друга по фазе.

Левое распределение, большее по амплитуде включает истинно-отрицательные и ложно-положительные решения, а правое, меньшее по амплитуде, включает ложные отрицательные и истинно-положительные решения.

Сдвиг этих распределений относительно друг друга и другие различия между ними и позволяют решать задачу прогнозирования и другие задачи.

Видно, что для отрицательных решений количество истинных решений всегда значительно превосходит количество ложных решений, причем при уровнях различия больше примерно 15% ложные отрицательные решения вообще отсутствуют.

Видно также, что для положительных решений картина более сложная и включает 3 диапазона уровней сходства

1) при уровнях сходства от 0% до примерно 30% количество ложных решений больше числа истинных;

2) при уровнях сходства от 30% до примерно 90% есть и истинные и ложные положительные решения, но число истинных больше числа ложных и их доля возрастает при увеличении уровня сходства;

3) при уровнях сходства выше 90% встречаются только истинные положительные решения.

На рисунке 10 приведен Help по режиму 3.4, в котором описаны меры достоверности моделей, применяемые в системе «Эйдос»:

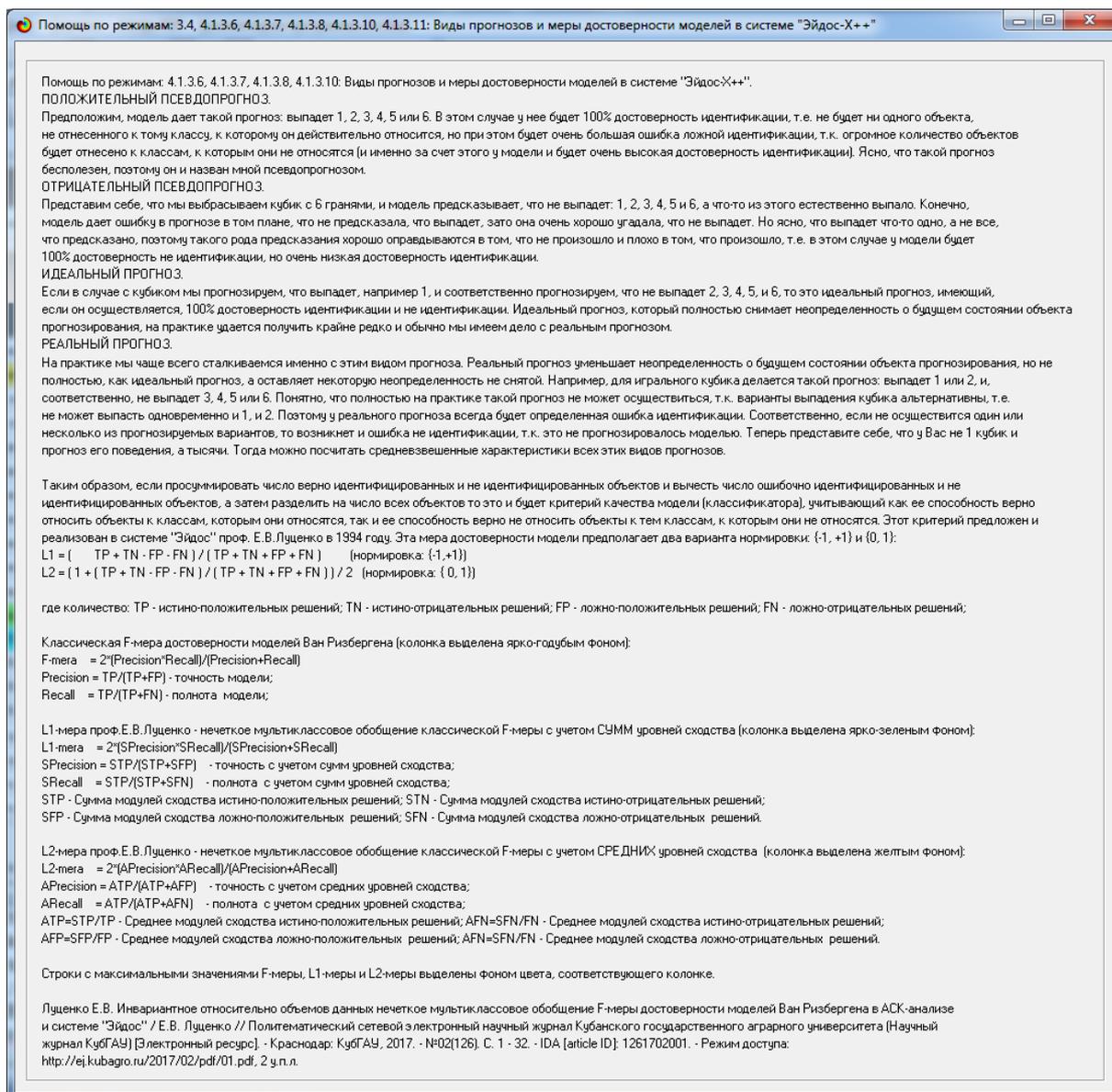


Рисунок 10. Экранная форма с информацией о достоверности моделей по F-критерию Ван Ризбергера и L1- и L2-критериям проф.Е.В.Луценко [3]

## Выбор наиболее достоверной модели и присвоение ей статуса текущей

В соответствии со схемой обработки данных, информации и знаний в системе «Эйдос» (рисунок 1), присвоим СК-модели INF3 статус текущей модели. Для это запустим режим 5.6 с параметрами, приведенными на экранной форме (рисунок 11):

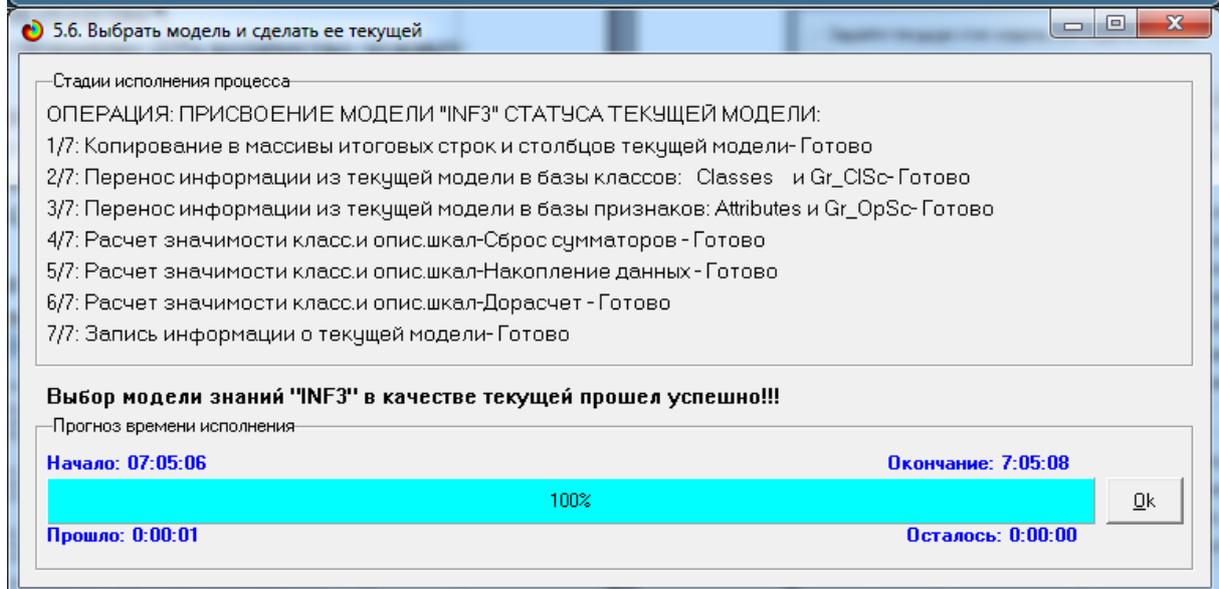
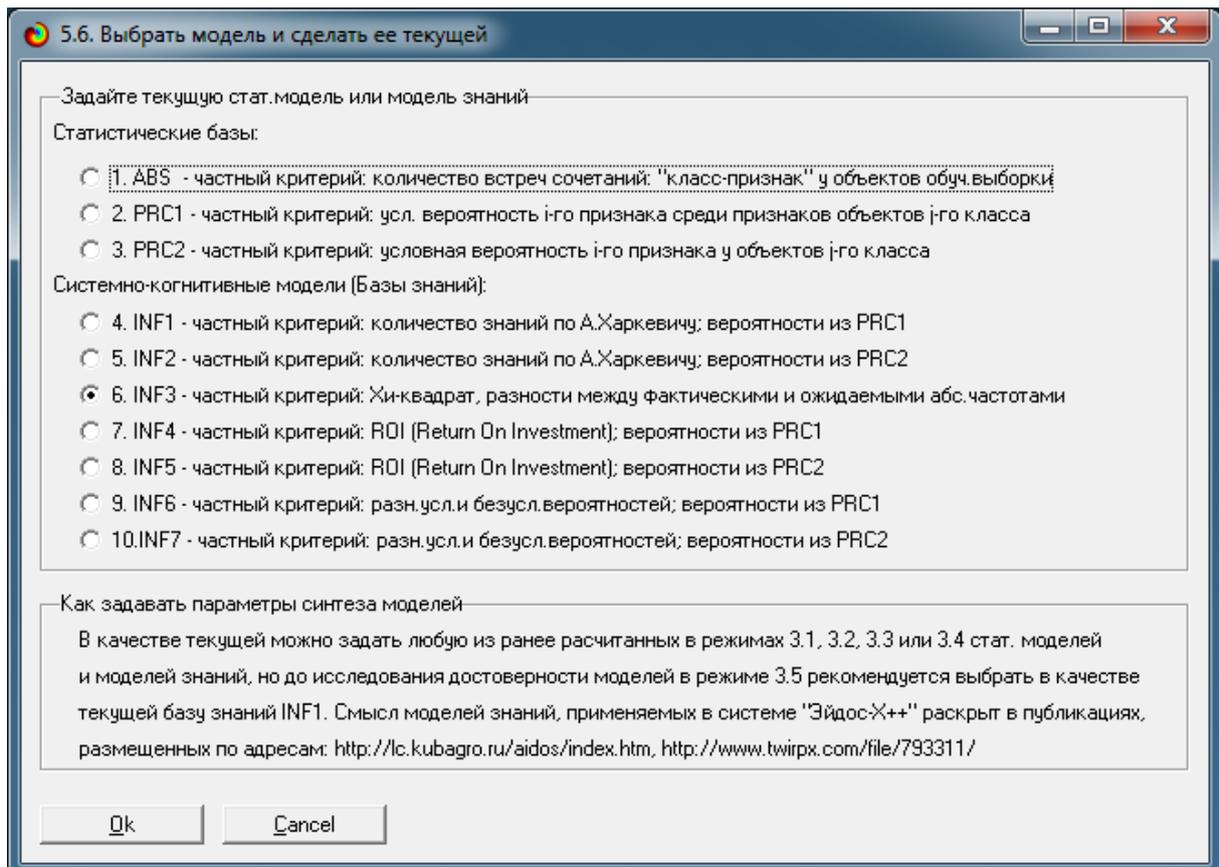
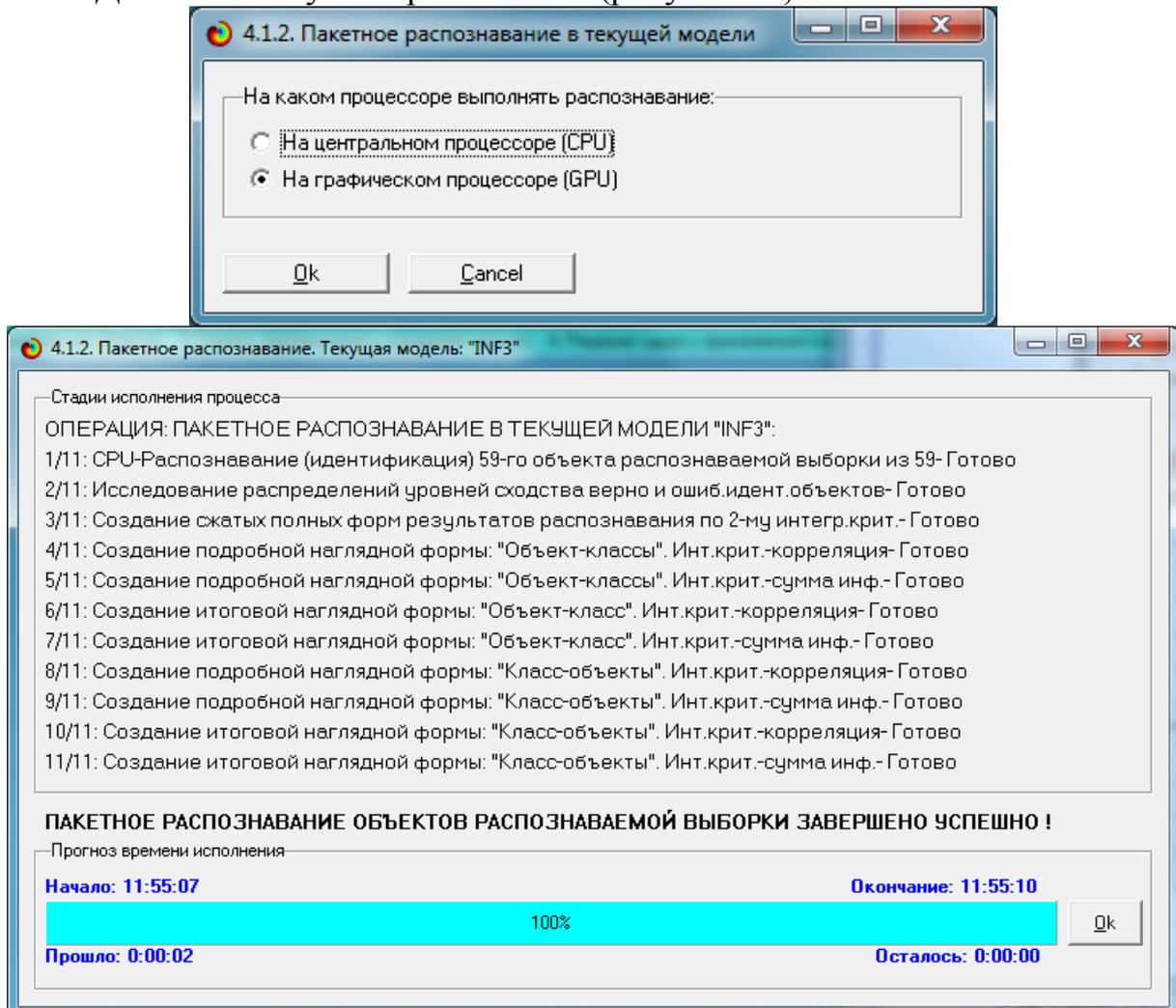


Рисунок 11. Экранные формы придания наиболее достоверной по L2-критерию СК-модели Inf3 статуса текущей модели

## Задача 4: решение различных задач в наиболее достоверной модели

### Подзадача 4.1. Прогнозирование (диагностика, классификация, распознавание, идентификация)

Решим задачу прогнозирования результатов свойств футболистов на основе обучающей выборки в наиболее достоверной СК-модели INF3 на CPU. Для этого запустим режим 4.1.2 (рисунок 12).



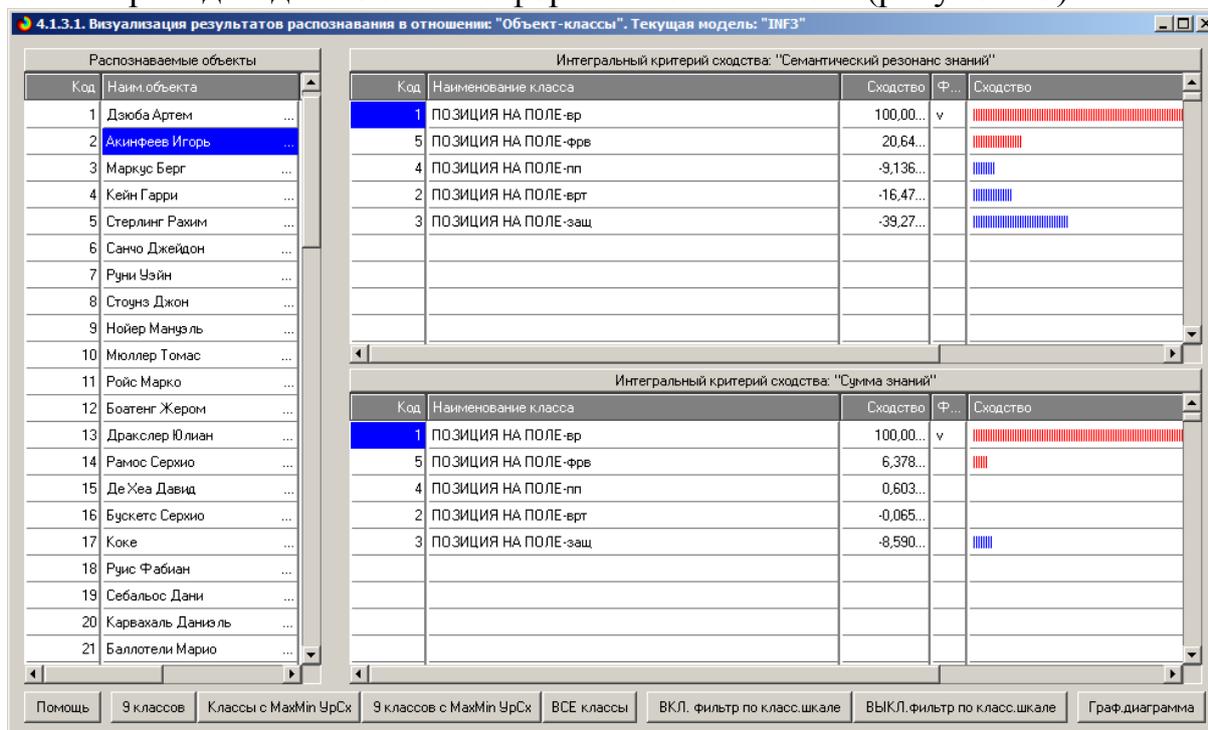
4.1.3. Вывод результатов распознавания	4.1.3.1. Подробно наглядно: "Объект - классы"	
	4.1.3.2. Подробно наглядно: "Класс - объекты"	
	4.1.3.3. Итоги наглядно: "Объект - класс"	
	4.1.3.4. Итоги наглядно: "Класс - объект"	
	4.1.3.5. Подробно сжато: "Объекты - классы"	
	<hr/>	
	4.1.3.6. Обобщ. форма по достов. моделей при разных интегральных крит.	
	4.1.3.7. Обобщ. стат. анализ результатов идент. по моделям и инт. крит.	
	4.1.3.8. Стат. анализ результ. идент. по классам, моделям и инт. крит.	
	4.1.3.9. Достоверность идент. объектов при разных моделях и инт. крит.	
	4.1.3.10. Достоверность идент. классов при разных моделях и инт. крит.	
	4.1.3.11. Распределения уровн. сходства при разных моделях и инт. крит.	
4.1.3.12. Объединение в одной БД строк по самым достоверным моделям		

Рисунок 12. Экранные формы отображения процесса решения задачи прогнозирования в текущей модели

Из рисунка 11 видно, что прогнозирование заняло 1 секунду.

Отметим, что 99,999% этого времени заняло не само прогнозирование на GPU, а создание 10 выходных форм на основе результатов этого прогнозирования. Эти формы отражают результаты прогнозирования в различных разрезах и обобщениях:

Приведем две из этих 10 форм: 4.1.3.1 и 4.1.3.2 (рисунок 13).



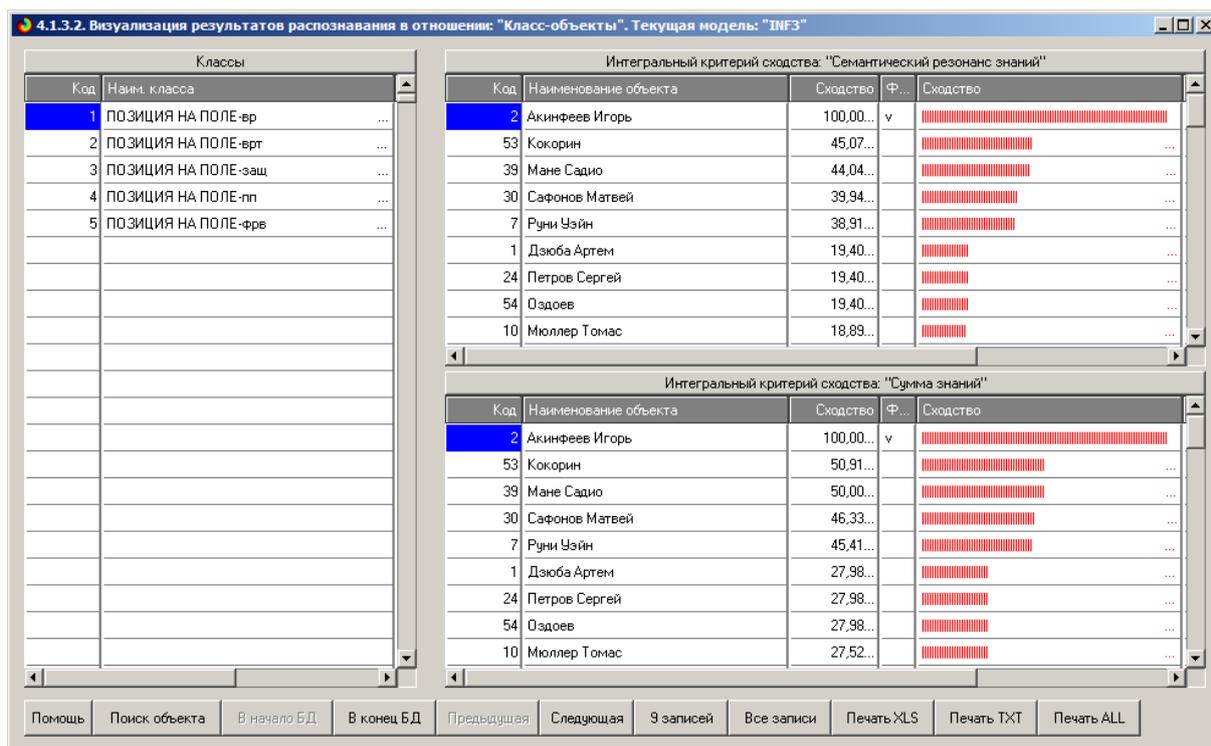


Рисунок 13. Выходные формы по результатам прогнозирования качественных и физических свойств футболистов на основе их физических свойств

Символ «✓» стоит против тех результатов прогнозирования, которые подтвердились на опыте, т.е. соответствуют факту. Из рисунка 13 видно, что результаты прогнозирования являются очень хорошими, естественно при учете информации из рисунка 9 о том, что достоверные прогнозы в данной модели имеют уровень сходства выше 20%, т.е. по сути прогнозы с более низки уровнем сходства надо просто игнорировать.

#### **Подзадача 4.2. Поддержка принятия решений (SWOT-анализ)**

При принятии решений определяется сила и направление влияния факторов на принадлежность состояний объекта моделирования к тем или иным классам, соответствующим различным будущим состояниям. По сути это решение задачи SWOT-анализа [4].

Применительно к задаче, решаемой в данной работе, SWOT-анализ показывает характеристики совместимость футболиста с положением на поле.

В системе «Эйдос» в режиме 4.4.8 поддерживается решение этой задачи. При этом **выявляется система детерминации заданного класса**, т.е. система значений факторов, обуславливающих переход объекта моделирования и управления в состояние, соответствующее данному классу. На рисунках 14 приведены SWOT-диаграммы, отражающие характеристики игроков по позиции на поле и их характеристики.

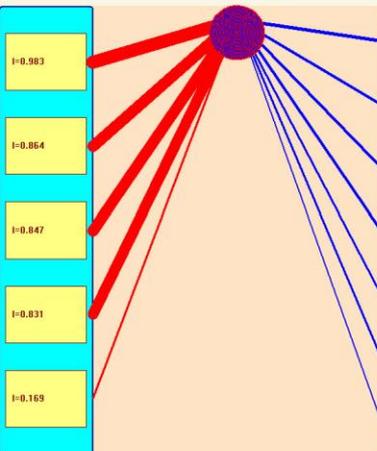
### SWOT-ДИАГРАММА КЛАССА В МОДЕЛИ: "INF3"

Приложение: "АСК-анализ футболистов"

Шкала: [1] ПОЗИЦИЯ НА ПОЛЕ  
Класс: [1] вр

СПОСОБСТВУЮЩИЕ значения факторов и сила их влияния:

[5] КОМАНДА [46] ЦСКА	I=0.983
[4] СТРАНА [26] Россия	I=0.864
[1] РОСТ [8] 8-е из 10: 8/10-{189.7, 191.8}	I=0.847
[3] ВОЗВРАСТ [22] 10-е из 10: 10/10-{32.5, 34.0}	I=0.831
[2] ЧЛЕН СБОРНОЙ [11] да	I=0.169



[1] РОСТ [7] 7-е из 10: 7/10-{187.6, 189.7}	I=-0.254
[4] СТРАНА [26] Испания	I=-0.237
[3] ВОЗВРАСТ [20] 8-е из 10: 8/10-{29.5, 31.0}	I=-0.220
[3] ВОЗВРАСТ [18] 6-е из 10: 6/10-{26.5, 28.0}	I=-0.220
[4] СТРАНА [25] Германия	I=-0.169
[2] ЧЛЕН СБОРНОЙ [12] нет	I=-0.169
[4] СТРАНА [23] Англия	I=-0.136

ПРЕПЯТСТВУЮЩИЕ значения факторов и сила их влияния:

Фильтр по факторам Включен. Диапазон кодов значений: 1-47

Фильтр по факторам Включен. Диапазон кодов значений: 1-47

СИСТЕМА ДЕТЕРМИНАЦИИ КЛАССА ФАКТОРАМИ И ИХ ЗНАЧЕНИЯМИ:

Значения факторов, СПОСОБСТВУЮЩИЕ переходу объекта управления в состояние, соответствующее классу, отображаются линиями связи КРАСНОГО цвета. Толщина линии отражает степень влияния.  
Значения факторов, ПРЕПЯТСТВУЮЩИЕ переходу объекта управления в состояние, соответствующее классу, отображаются линиями связи СИНЕГО цвета. Толщина линии отражает степень влияния.

Формы созданы: 22.10.2019 18:49:19

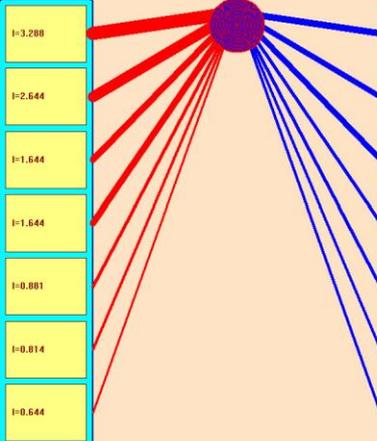
### SWOT-ДИАГРАММА КЛАССА В МОДЕЛИ: "INF3"

Приложение: "АСК-анализ футболистов"

Шкала: [1] ПОЗИЦИЯ НА ПОЛЕ  
Класс: [2] врт

СПОСОБСТВУЮЩИЕ значения факторов и сила их влияния:

[1] РОСТ [9] 9-е из 10: 9/10-{191.8, 193.9}	I=3.288
[3] ВОЗВРАСТ [14] 2-е из 10: 2/10-{20.5, 22.0}	I=2.644
[1] РОСТ [10] 10-е из 10: 10/10-{193.9, 196.0}	I=1.644
[3] ВОЗВРАСТ [13] 1-е из 10: 1/10-{19.0, 20.5}	I=1.644
[5] КОМАНДА [41] Ман Юн	I=0.881
[4] СТРАНА [25] Германия	I=0.814
[5] КОМАНДА [42] Наполи	I=0.644



[1] РОСТ [7] 7-е из 10: 7/10-{187.6, 189.7}	I=-1.788
[3] ВОЗВРАСТ [20] 8-е из 10: 8/10-{29.5, 31.0}	I=-1.542
[3] ВОЗВРАСТ [18] 6-е из 10: 6/10-{26.5, 28.0}	I=-1.542
[5] КОМАНДА [44] Реал Мадрид	I=-0.831
[1] РОСТ [3] 3-е из 10: 3/10-{179.2, 181.3}	I=-0.831
[3] ВОЗВРАСТ [19] 7-е из 10: 7/10-{28.0, 29.5}	I=-0.712
[1] РОСТ [1] 1-е из 10: 1/10-{175.0, 177.1}	I=-0.712

ПРЕПЯТСТВУЮЩИЕ значения факторов и сила их влияния:

Фильтр по факторам Включен. Диапазон кодов значений: 1-47

Фильтр по факторам Включен. Диапазон кодов значений: 1-47

СИСТЕМА ДЕТЕРМИНАЦИИ КЛАССА ФАКТОРАМИ И ИХ ЗНАЧЕНИЯМИ:

Значения факторов, СПОСОБСТВУЮЩИЕ переходу объекта управления в состояние, соответствующее классу, отображаются линиями связи КРАСНОГО цвета. Толщина линии отражает степень влияния.  
Значения факторов, ПРЕПЯТСТВУЮЩИЕ переходу объекта управления в состояние, соответствующее классу, отображаются линиями связи СИНЕГО цвета. Толщина линии отражает степень влияния.

Формы созданы: 22.10.2019 18:49:39

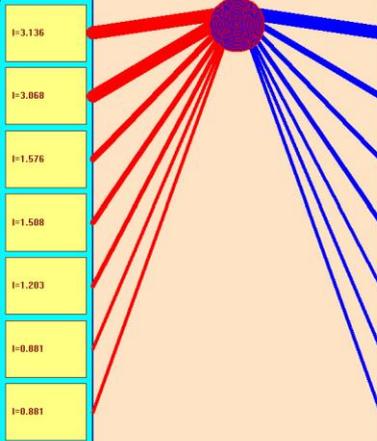
### SWOT-ДИАГРАММА КЛАССА В МОДЕЛИ: "INF3"

Приложение: "АСК-анализ футболистов"

Шкала: [1] ПОЗИЦИЯ НА ПОЛЕ  
Класс: [3] защ

СПОСОБСТВУЮЩИЕ значения факторов и сила их влияния:

[2] ЧЛЕН СБОРНОЙ [12] нет	I=3.136
[1] РОСТ [6] 6-е из 10: 6/10-{185.5, 187.6}	I=3.068
[3] ВОЗВРАСТ [16] 6-е из 10: 6/10-{26.5, 28.0}	I=1.576
[4] СТРАНА [23] Англия	I=1.588
[1] РОСТ [7] 7-е из 10: 7/10-{187.6, 189.7}	I=1.203
[5] КОМАНДА [31] Атлетико	I=0.881
[5] КОМАНДА [39] Ливерпуль	I=0.881



[2] ЧЛЕН СБОРНОЙ [11] да	I=-3.136
[1] РОСТ [8] 8-е из 10: 8/10-{189.7, 191.8}	I=-1.678
[5] КОМАНДА [47] ювентус	I=-1.119
[1] РОСТ [1] 1-е из 10: 1/10-{175.0, 177.1}	I=-1.119
[4] СТРАНА [27] Италия	I=-0.932
[4] СТРАНА [24] Бразилия	I=-0.932
[1] РОСТ [2] 2-е из 10: 2/10-{177.1, 179.2}	I=-0.932

ПРЕПЯТСТВУЮЩИЕ значения факторов и сила их влияния:

Фильтр по факторам Включен. Диапазон кодов значений: 1-47

Фильтр по факторам Включен. Диапазон кодов значений: 1-47

СИСТЕМА ДЕТЕРМИНАЦИИ КЛАССА ФАКТОРАМИ И ИХ ЗНАЧЕНИЯМИ:

Значения факторов, СПОСОБСТВУЮЩИЕ переходу объекта управления в состояние, соответствующее классу, отображаются линиями связи КРАСНОГО цвета. Толщина линии отражает степень влияния.  
Значения факторов, ПРЕПЯТСТВУЮЩИЕ переходу объекта управления в состояние, соответствующее классу, отображаются линиями связи СИНЕГО цвета. Толщина линии отражает степень влияния.

Формы созданы: 22.10.2019 18:49:59

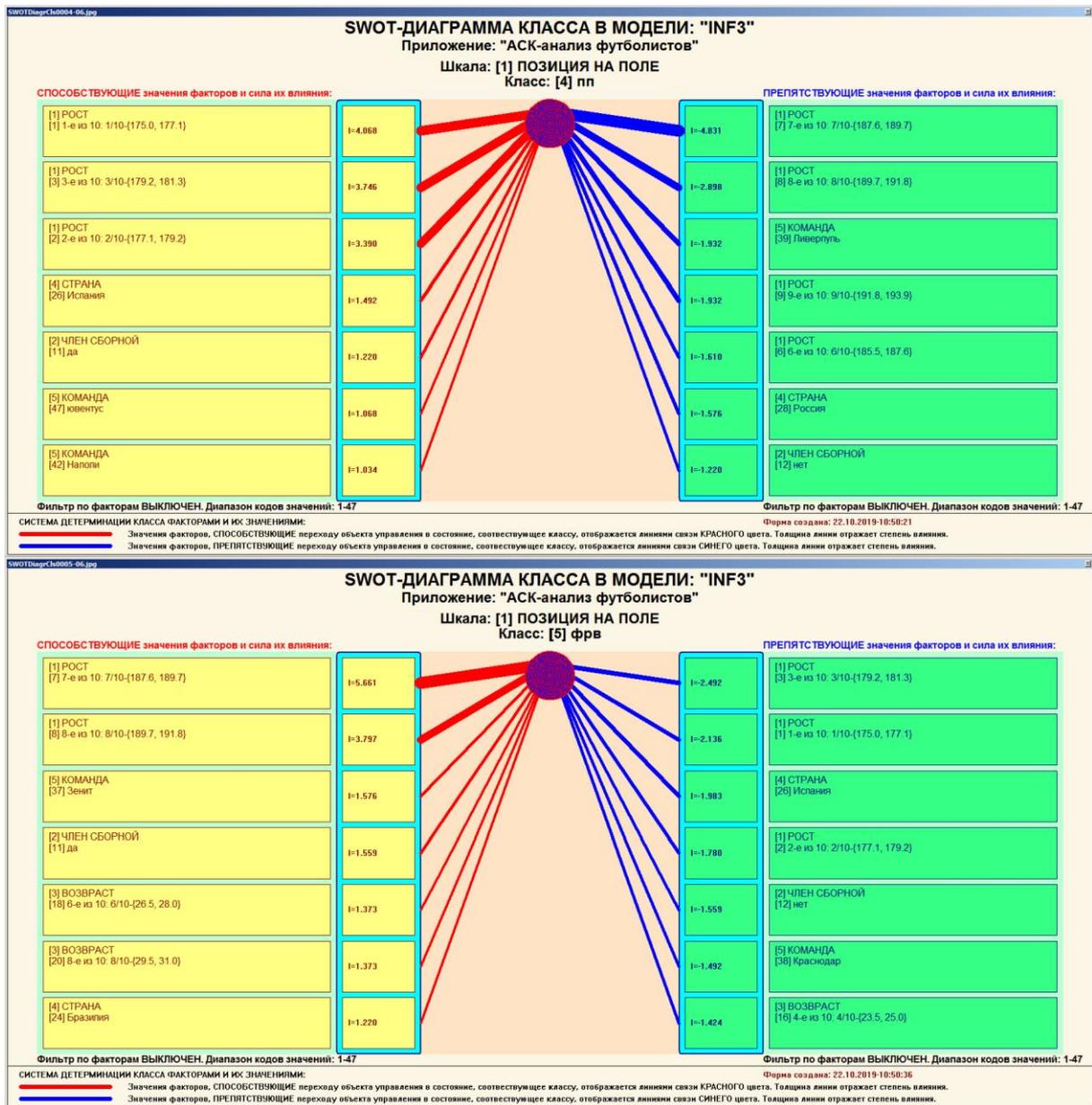


Рисунок 14. SWOT-диаграммы, отражающие положение игроков на поле в силу их характеристик.

Эти диаграммы наглядно показывают, какая позиция подходит тому или иному футболисту. Информация о системе значений факторов, обуславливающих переход объекта моделирования в различные будущие состояния, соответствующие классам, может быть приведена не только в диаграммах, показанных на рисунках 14, но и во многих других табличных и графических формах, которые в данной работе не приводятся только из-за ограниченности ее объема. В частности в этих формах может быть выведена значительно более полная информация (в т.ч. вообще вся имеющая в модели). Подобная подробная информация содержится в базах данных, расположенных по пути: c:\Aidos-

X\AID\_DATA\A0000003\System\SWOTCl#####Inf3.DBF, где: «#####» – код класса с ведущими нулями. Эти базы открываются в MS Excel.

Отметим также, что система «Эйдос» обеспечивала решение этой *всегда*, т.е. даже в самых ранних DOS-версиях и в реализациях системы «Эйдос» на других языках и типах компьютеров. Например, первый акт внедрения системы «Эйдос», где об этом упоминается в явном виде, датируется 1987 годом, а первый подобный расчет относится к 1981 году.

<b>У Т В Е Р Ж Д А Ю</b>	<b>У Т В Е Р Ж Д А Ю</b>
Заведующий Краснодарским сектором ИСИ АН СССР, к.ф.н. <u>А. Хагуров</u> 1987г.	Директор Северо-Кавказского филиала ВНИЦ "АИУС-агроресурсы", к.э.н. <u>Э.М. Трахов</u> 1987г.
	
<b>А К Т</b>	
<p>Настоящий акт составлен комиссией в составе: Кириченко М.М., Ляшко Г.А., Самсонов Г.А., Коренец В.И., Луценко Е.В. в том, что в соответствии с договором о научно-техническом сотрудничестве между Северо-Кавказским филиалом ВНИЦ "АИУС-агроресурсы" и Краснодарским сектором Института социологических исследований АН СССР Северо-Кавказским филиалом ВНИЦ "АИУС-агроресурсы" выполнены следующие работы:</p>	
<ul style="list-style-type: none"><li>- осуществлена постановка задачи: "Обработка на ЭВМ социологических анкет Крайагропрома";</li><li>- разработаны математическая модель и программное обеспечение подсистемы распознавания образов, позволяющие решать данную задачу в среде персональной технологической системы ВЕГА-М;</li><li>- на профессиональной персональной ЭВМ "Искра-226" осуществлены расчёты по задаче в объёме:</li></ul>	
<p>Входная информация составила 425 анкет по 9-ти предприятиям. Выходная информация – 4 вида выходных форм объёмом 90 листов формата А3 и 20 листов формата А4 содержит:</p>	
<ul style="list-style-type: none"><li>- процентное распределение ответов в разрезе по социальным типам корреспондентов;</li><li>- распределение информативностей признаков (в битах) для распознавания социальных типов корреспондентов;</li><li>- позитивные и негативные информационные портреты 30-ти социальных типов на языке 212 признаков;</li><li>- обобщённая характеристика информативности признаков для выбора такого минимального набора признаков, который содержит максимум информации о распознаваемых объектах (оптимизация анкет).</li></ul>	
<p>Работы выполнены на высоком научно-методическом уровне и в срок.</p>	
От ИСИ АН СССР:	От СКФ ВНИЦ "АИУС-агроресурсы":
Мл. научный сотрудник <u>М.М. Кириченко</u> 19.05.1987г.	Зав. отделом аэрокосмических и тематических изысканий №4, к.э.н. <u>Г.А. Самсонов</u> 19.05.1987г.
Мл. научный сотрудник <u>Г.А. Ляшко</u> 19.05.1987г.	Главный конструктор проекта <u>В.И. Коренец</u> 19.05.87. 1987г.
	Главный конструктор проекта <u>Е.В. Луценко</u> 19.05.87. 1987г.

Но тогда SWOT-диаграммы назывались позитивным и негативным информационными портретами классов.

На рисунке 15 приведены примеры инвертированных SWOT-диаграмм, отражающих положение игроков на поле в силу их физических свойств.

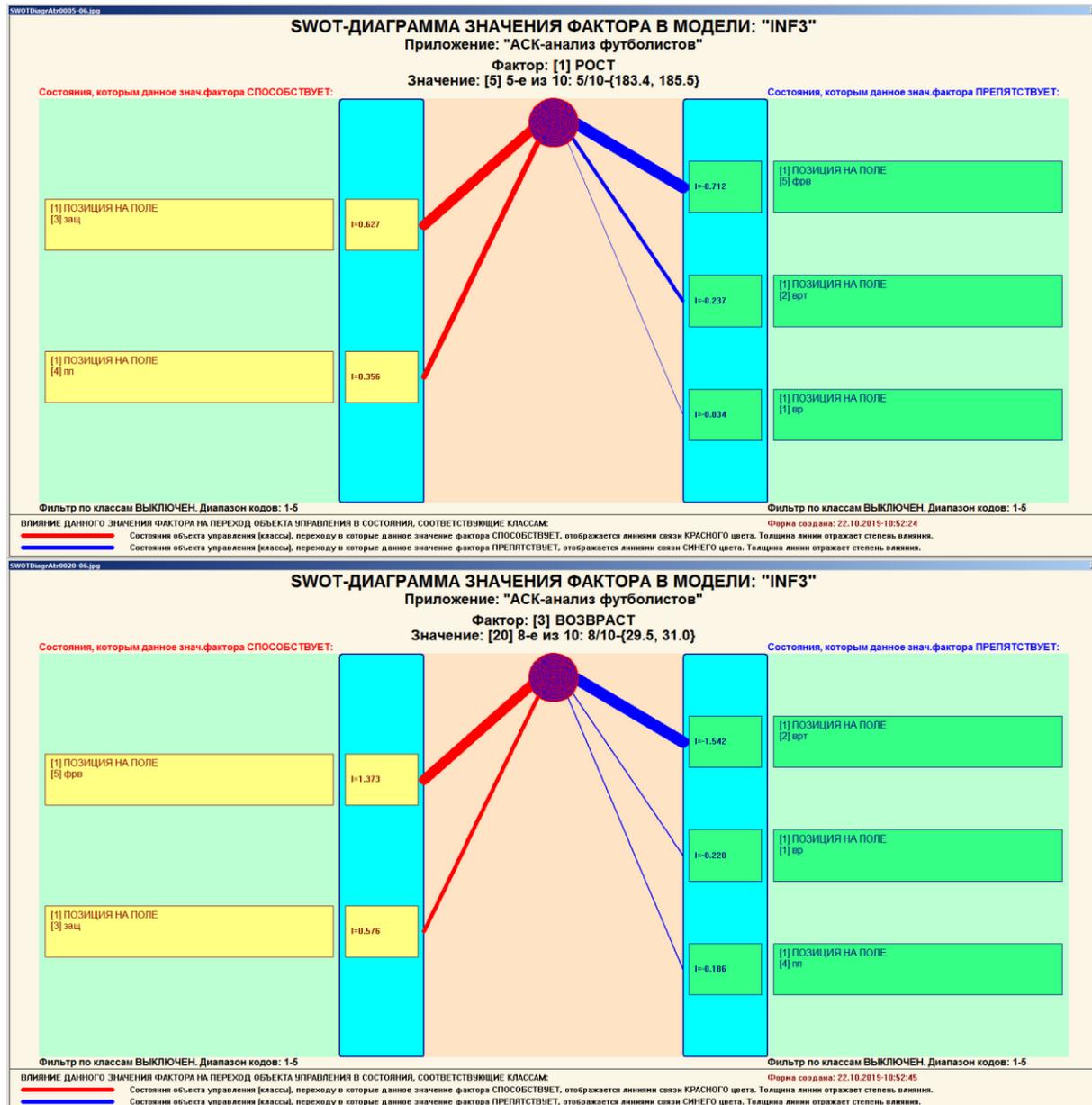


Рисунок 15. Примеры SWOT-диаграмм, отражающих положение игроков на поле в силу их характеристик.

Из рисунка 15 видно, какая позиция более совместима с данными игроками. В заключение отметим, что SWOT-анализ является широко известным и общепризнанным методом стратегического планирования. Однако это не мешает тому, что он подвергается критике, часто вполне справедливой, обоснованной и хорошо аргументированной. В результате

критического рассмотрения SWOT-анализа выявлено довольно много его слабых сторон (недостатков), источником которых чаще всего является необходимость привлечения экспертов, в частности для оценки силы и направления влияния факторов. Ясно, что эксперты это делают неформализуемым путем (интуитивно), на основе своего опыта и профессиональной компетенции. Но возможности экспертов имеют свои ограничения и часто по различным причинам они не могут и не хотят это сделать. Таким образом, возникает проблема проведения SWOT-анализа без привлечения экспертов. Эта проблема может решаться путем автоматизации функций экспертов, т.е. путем измерения силы и направления влияния факторов непосредственно на основе эмпирических данных. Подобная технология разработана давно, ей уже более 30 лет, но к сожалению она сравнительно малоизвестна – это интеллектуальная система «Эйдос» [4, 9, 10].

#### ***Подзадача 4.3. 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 «Эйдос» 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.

##### **4.3.1. Когнитивные диаграммы классов**

Эти диаграммы отражают сходство/различие классов. Мы получаем их в режимах 4.2.2.1 и 4.2.2.2 (рисунок 16).

Отметим также, что на когнитивной диаграмме, приведенной на рисунке 16, показаны **количественные** оценки сходства/различия физических свойств на те или иные позиции на основе их данных: роста, возраста, страны, команды.

В системе «Эйдос» есть возможность управлять параметрами формирования и вывода изображения, приведенного на рисунке 16. Для этого используется диалоговое окно, приведенное на рисунке 17.

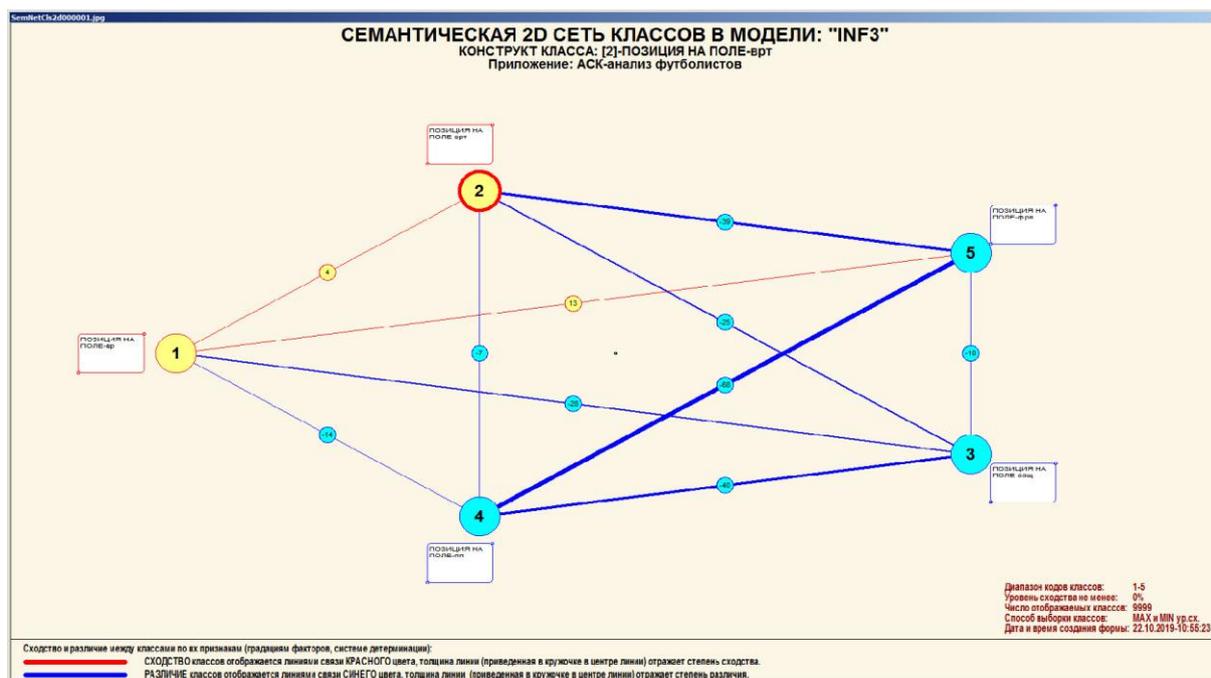


Рисунок 16. Когнитивная диаграмма классов, отражающая сходство/различие физических свойств на расположение их на футбольном поле.

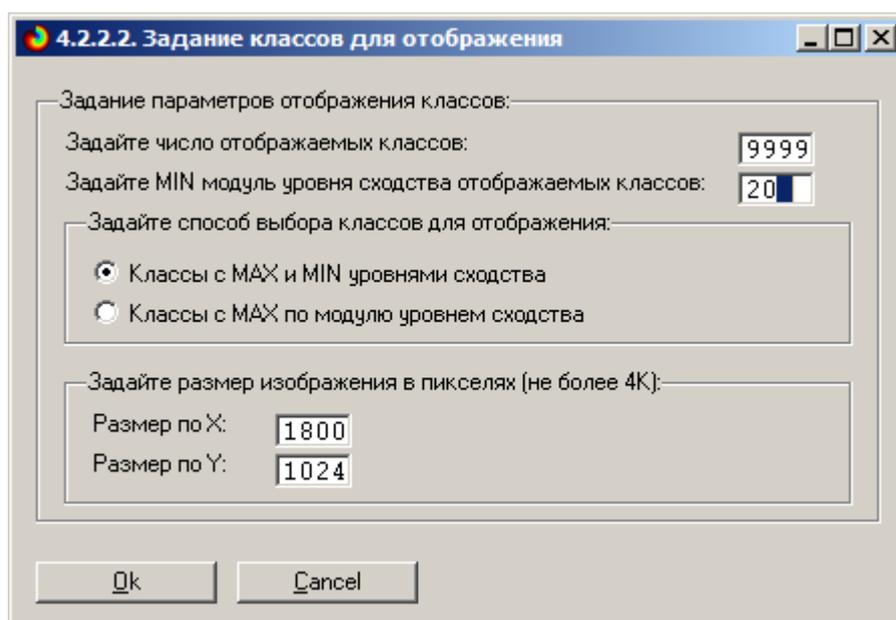


Рисунок 17. Диалоговое окно управления параметрами формирования и вывода изображения когнитивной диаграммы классов

#### 4.3.2. Агломеративная когнитивная кластеризация классов

Информация о сходстве/различии классов, содержащаяся в матрице сходства, может быть визуализирована не только в форме, когнитивных диаграмм, пример которой приведен на рисунке 16, но и в форме агломеративных дендрограмм, полученных в результате *когнитивной кластеризации* [5] (рисунок 18):

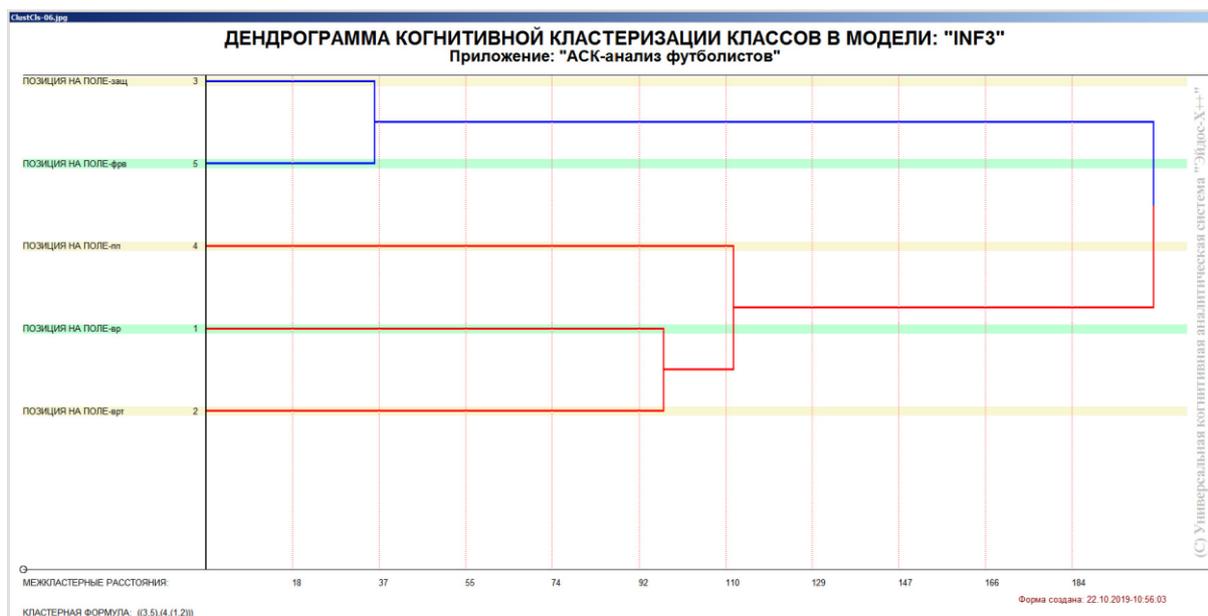


Рисунок 18. Дендрограмма когнитивной агломеративной кластеризации классов, отражающая сходство/различие качественных и физических свойств футболистов по системе детерминирующих (обуславливающих) их значений физических свойств футболистов.

Из рисунков 16 и 18 мы видим, что некоторые качественных и физические свойства футболистов сходны по детерминирующей их системе значений физических свойств, и, следовательно, корректно ставить задачу их одновременного достижения, а другие по этой системе свойств сильно отличаются, и, следовательно, являются взаимоисключающими, т.е. альтернативными и цель их одновременного достижения является некорректной и недостижимой, т.к. для достижения одного из альтернативных результатов необходимы одни характеристики футболистов, а для достижения другого – совершенно другие, которые не могут наблюдаться одновременно с первыми.

Из дендрограммы когнитивной кластеризации классов, приведенной на рисунке 18, мы видим также, что все результаты физических качеств футболистов образуют два противоположных кластера по системе значений обуславливающих их физических свойств, являющихся полюсами конструкта. В верхнем кластере объединены результаты с низкими физическими свойствами, а в нижнем – с высокими физическими свойствами. Из этого можно сделать вывод о том, что позиция на поле получается фактически за счет роста и возраста исследуемого футболиста. Отметим, что аналогичная картина наблюдается и по спортсменам, причем не только по футболу, но и по хоккею, и по баскетболу. Высокие физическими показатели по системе детерминирующих их факторов сходны с высокими количественными результатами и низкими

качественными, т.е. позиция обуславливаются в основном большим ростом, а не возрастом.

На рисунке 19 мы видим график изменения межкластерных расстояний:

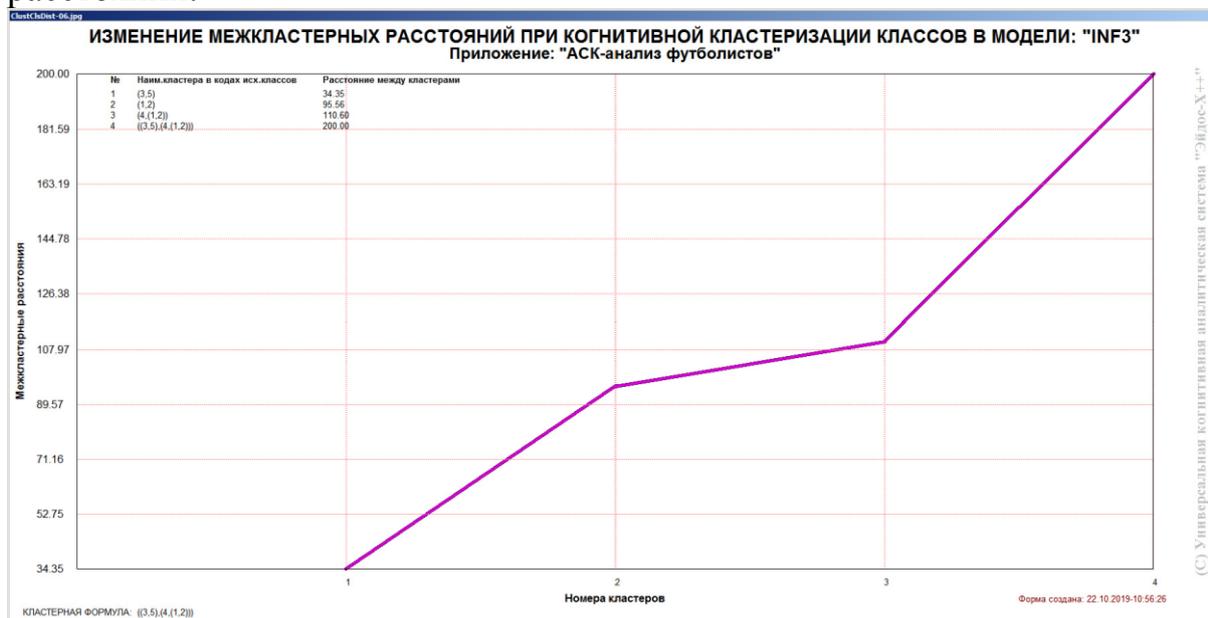


Рисунок 19. График изменения межкластерных расстояний

#### 4.3.3. Когнитивные диаграммы значений факторов

Эти диаграммы отражают сходство/различие значений физических свойств футболистов по их смыслу, т.е. по содержащейся в них информации о росте, возрасте, стране, нахождении в сборной. Эти диаграммы мы получаем в режимах 4.3.2.1 и 4.3.2.2 (рисунок 20).

Из рисунка 20 видно, что все значения факторов образуют два крупных кластера, противоположных по их смыслу. Эти кластеры образуют полюса конструктора.

Отметим, что на когнитивной диаграмме, приведенной на рисунке 20, показаны **количественные** оценки сходства/различия значений факторов, полученные с применением системно-когнитивной модели, созданной непосредственно на основе эмпирических данных, а не как традиционно делается на основе экспертных оценок не формализуемым путем на основе опыта, интуиции и профессиональной компетенции.

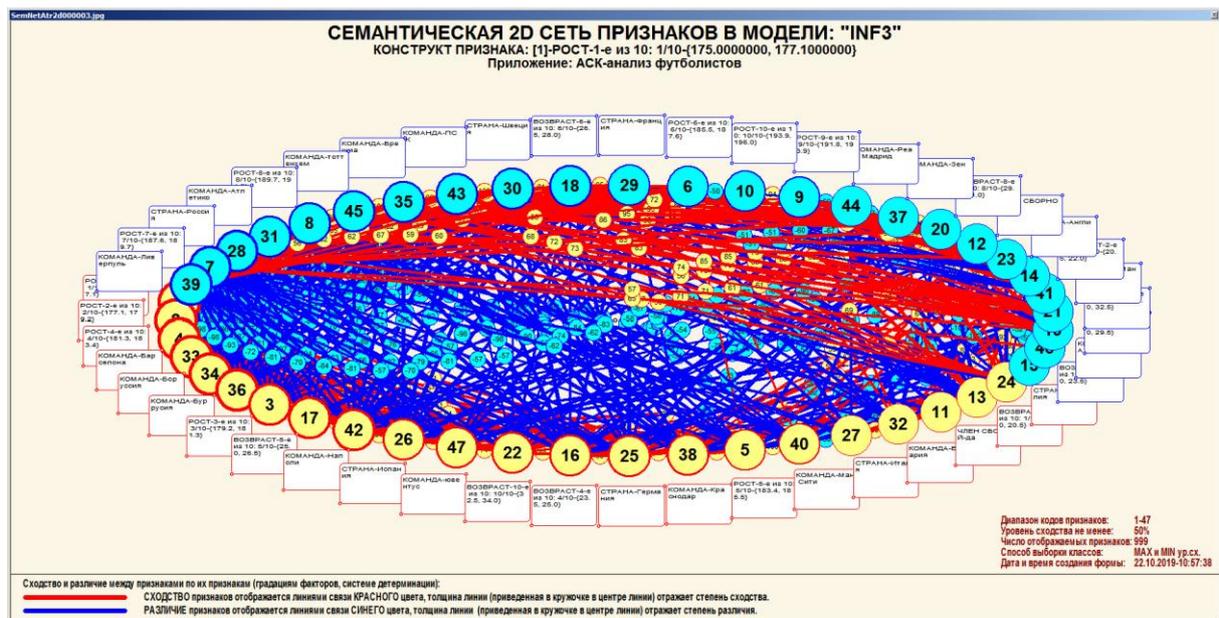


Рисунок 20. Когнитивная диаграмма и конструкт значений сходства/различия физических свойств футболистов по их смыслу, т.е. по содержащейся в них информации о росте, возрасте, стране, нахождении в сборной.

Диаграмма, приведенная на рисунке 20, получена при параметрах, приведенных на рисунке 21.

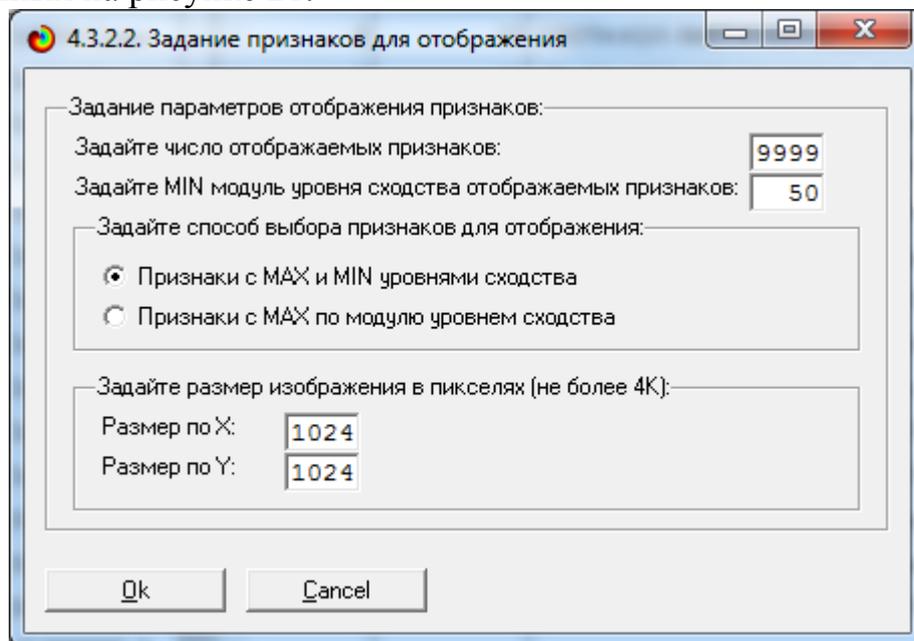


Рисунок 21. Параметры отображения когнитивной диаграммы, приведенной на рисунке 23

#### 4.3.4. Агломеративная когнитивная кластеризация значений факторов

На рисунке 22 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, пример которой приведен на рисунке 20.

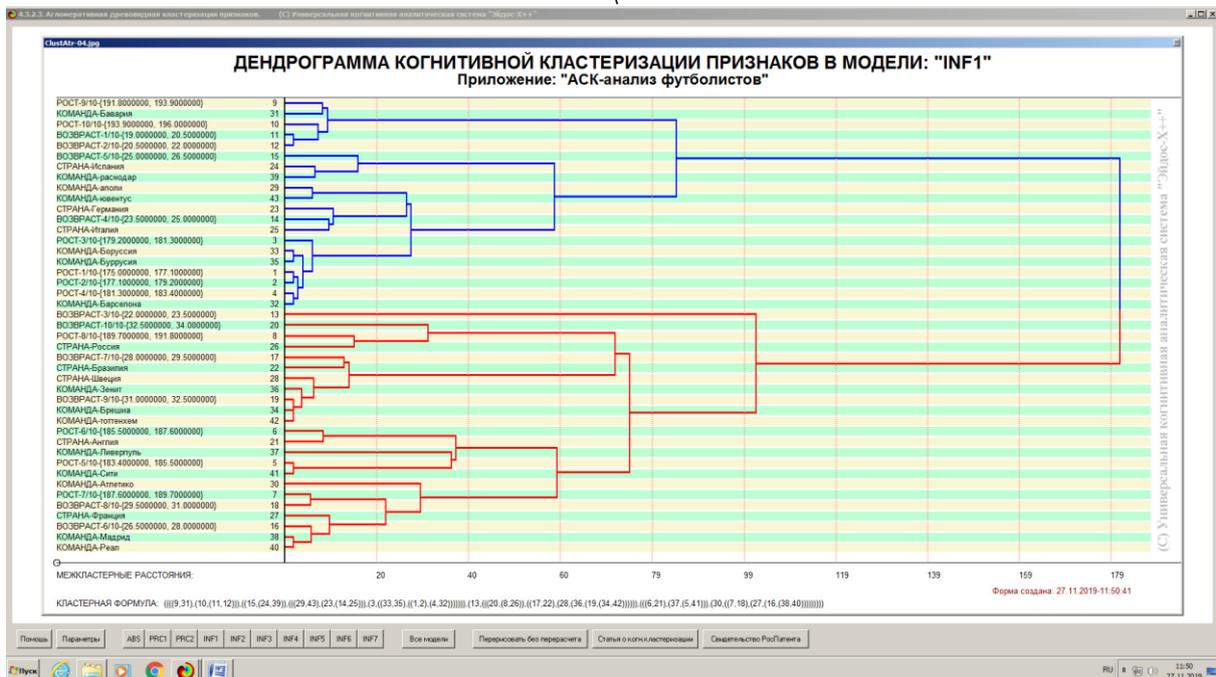


Рисунок 22. Дендрограмма агломеративной когнитивной кластеризации физических свойств футболистов по их смыслу, т.е. по сходству/различию содержащейся в них информации о росте, возрасте, стране, нахождении в сборной.

Хорошо видна группировка значений физических свойств футболистов по детерминируемым качествам: о росте, возрасте, стране, нахождении в сборной футболистов. *Значения факторов на полюсах конструктора факторов (рисунок 22) обуславливают переход объекта моделирования в состояния, соответствующие классам, представленным на полюсах конструктора классов (рисунки 16 и 28).*

На рисунке 23 приведен график межкластерных расстояний значений физических свойств футболистов.

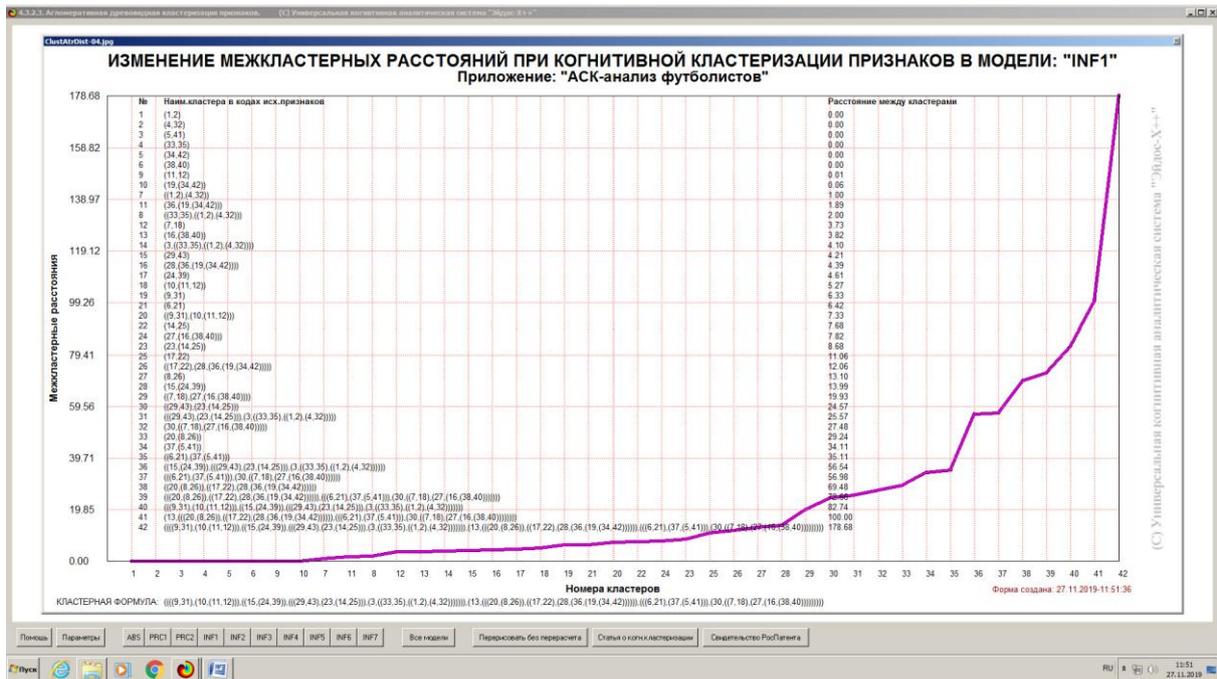


Рисунок 23. График изменения межкластерных расстояний при когнитивной кластеризации значений факторов

### 4.3.5. Нелокальные нейроны и нелокальные нейронные сети

На рисунке 24 приведены пример нелокального нейрона, а на рисунке 25 и фрагмент одного слоя нелокальной нейронной сети:

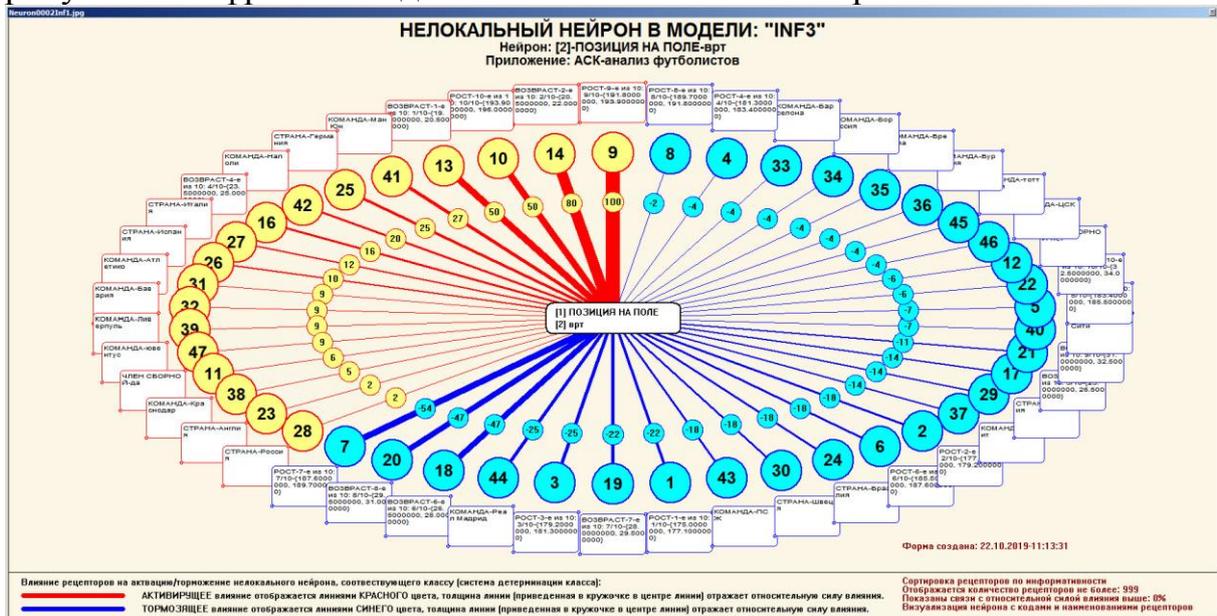


Рисунок 24. Пример нелокального нейрона, отражающего силу и направление влияния физических свойств футболистов.

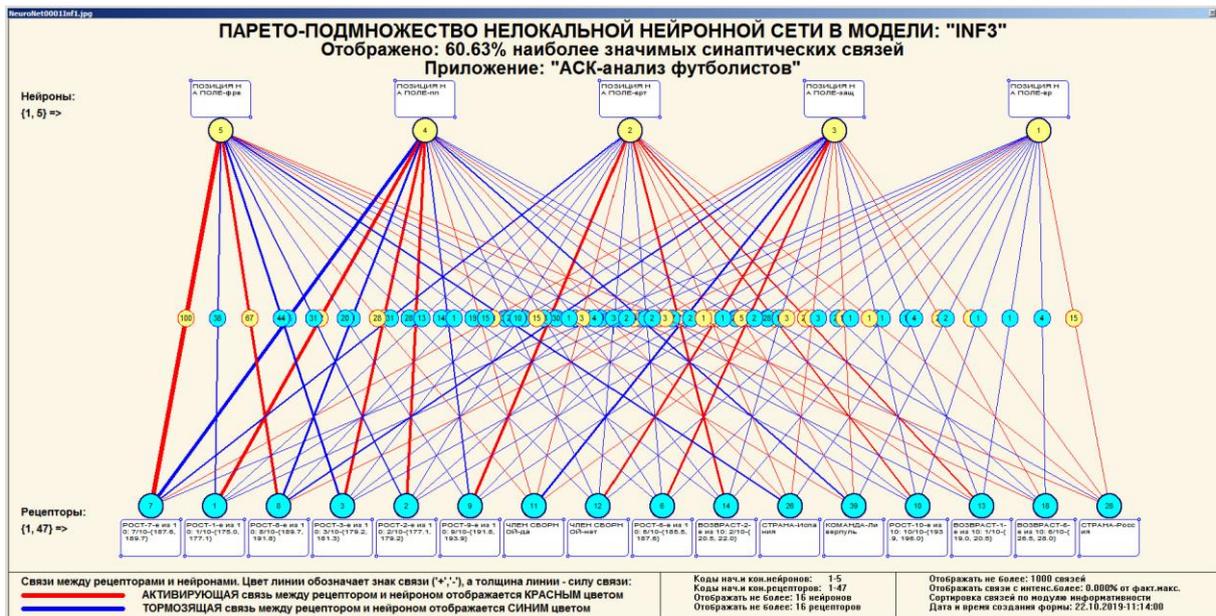


Рисунок 25. Один слой нелокальной нейронной сети, отражающий силу и направление влияния физических свойств футболистов: рост, возраст, родина, на нахождение в сборной.

В приведенном фрагменте слоя нейронной сети нейроны соответствуют физическим результатам футболистов. Нейроны расположены слева на право в порядке убывания роста, возраста т.е. слева находятся результаты, наиболее жестко обусловленные обуславливающими их факторами, а с права – менее жестко обусловленные.

Модель знаний системы «Эйдос» относится к *нечетким декларативным* моделям и объединяет в себе некоторые особенности нейросетевой [6] и фреймовой моделей представления знаний [11]. 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. От нейросетевой модели представления знаний модель системы «Эйдос» отличается тем, что [6]: 1) весовые коэффициенты на рецепторах не подбираются итерационным методом обратного распространения ошибки, а считаются прямым счетом 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 «полно связной».

### 4.3.6. 3d-интегральные когнитивные карты

На рисунке 26 приведен фрагмент 3d-интегральной когнитивной карты, отражающая СК-модель Inf3. 3d-интегральная когнитивная карта является отображением на одном рисунке когнитивных диаграмм классов и значений факторов, отображенных соответственно на рисунках 16 и 20, и одного слоя нейронной сети, приведенного на рисунке 25.

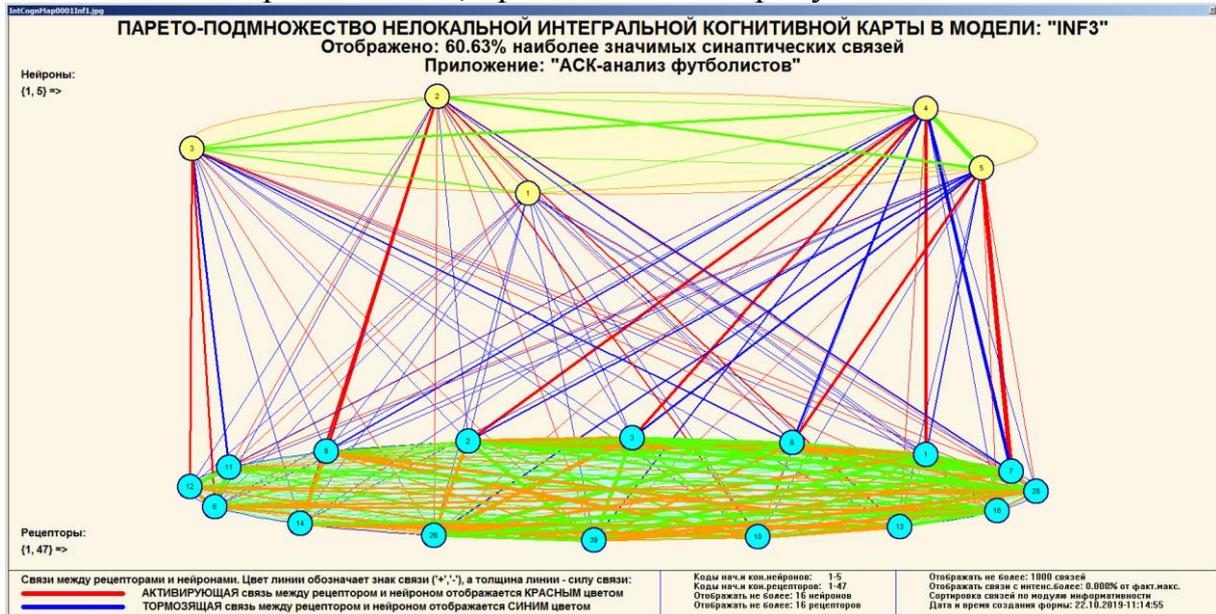


Рисунок 26. 3d-интегральная когнитивная карта в СК-модели Inf3

### 4.3.7. Когнитивные функции

Вместо описания того, что представляют собой когнитивные функции, приведем help соответствующего режима системы «Эйдос» (рисунок 27) и сошлемся на работу, в которой это описано [7].

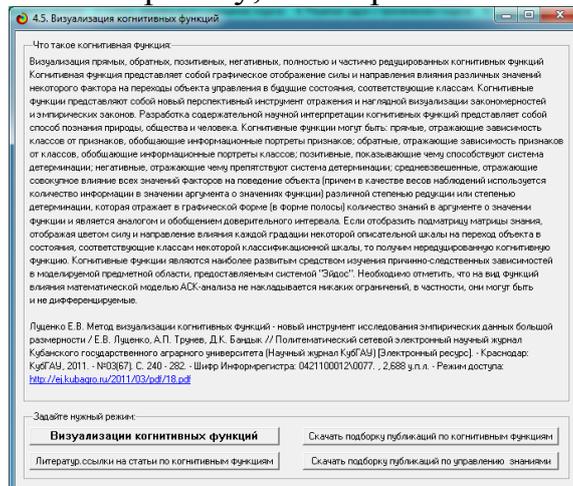
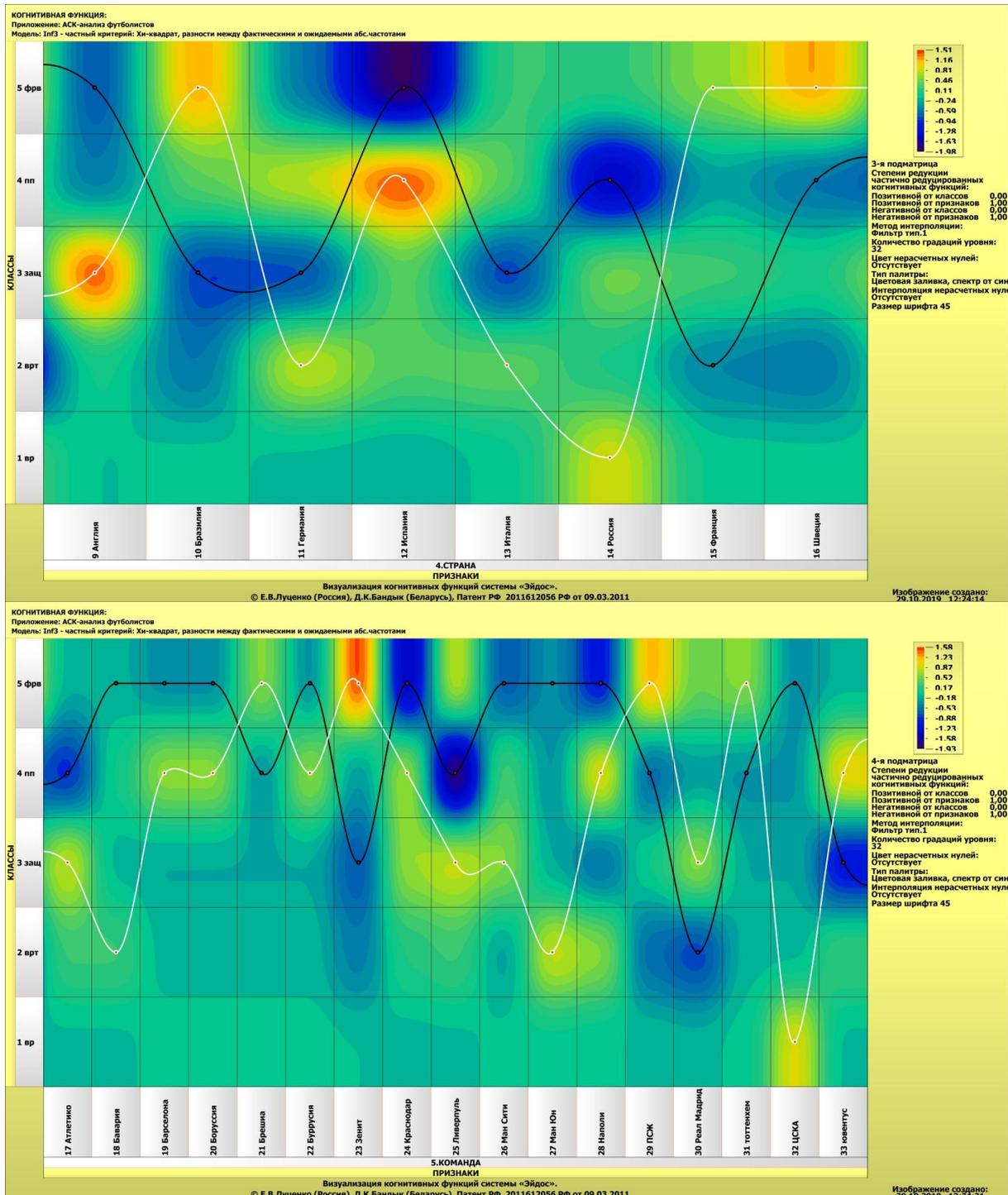
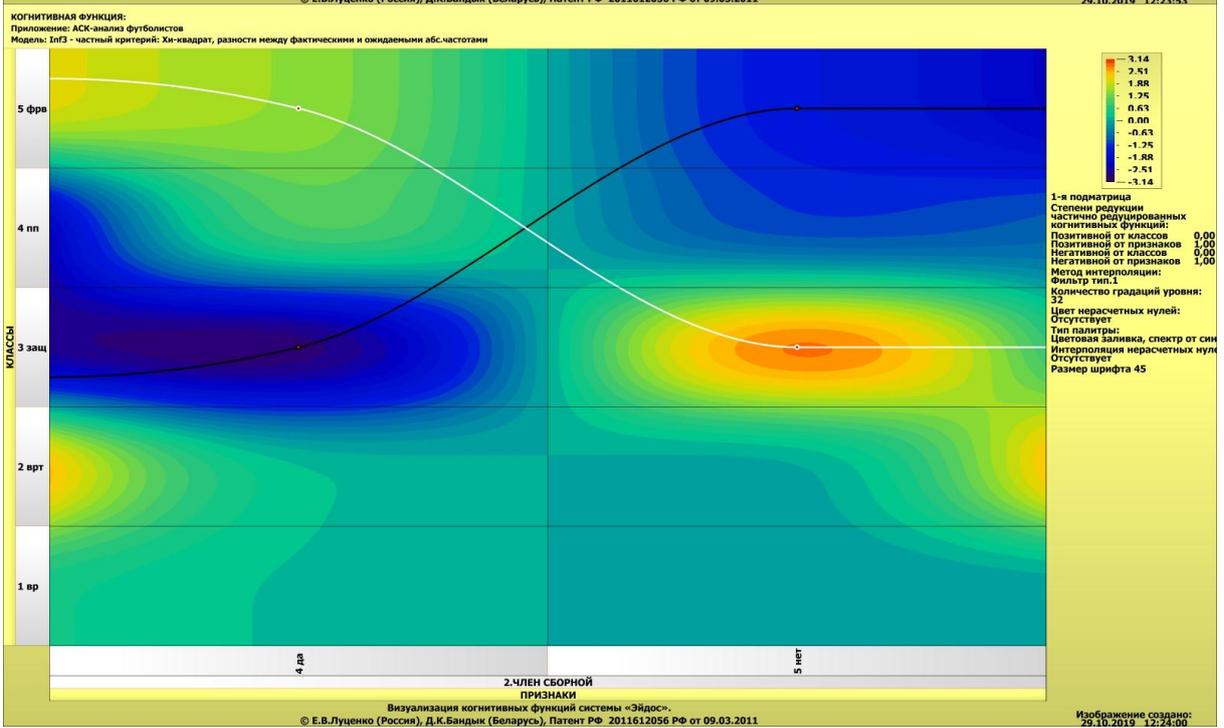
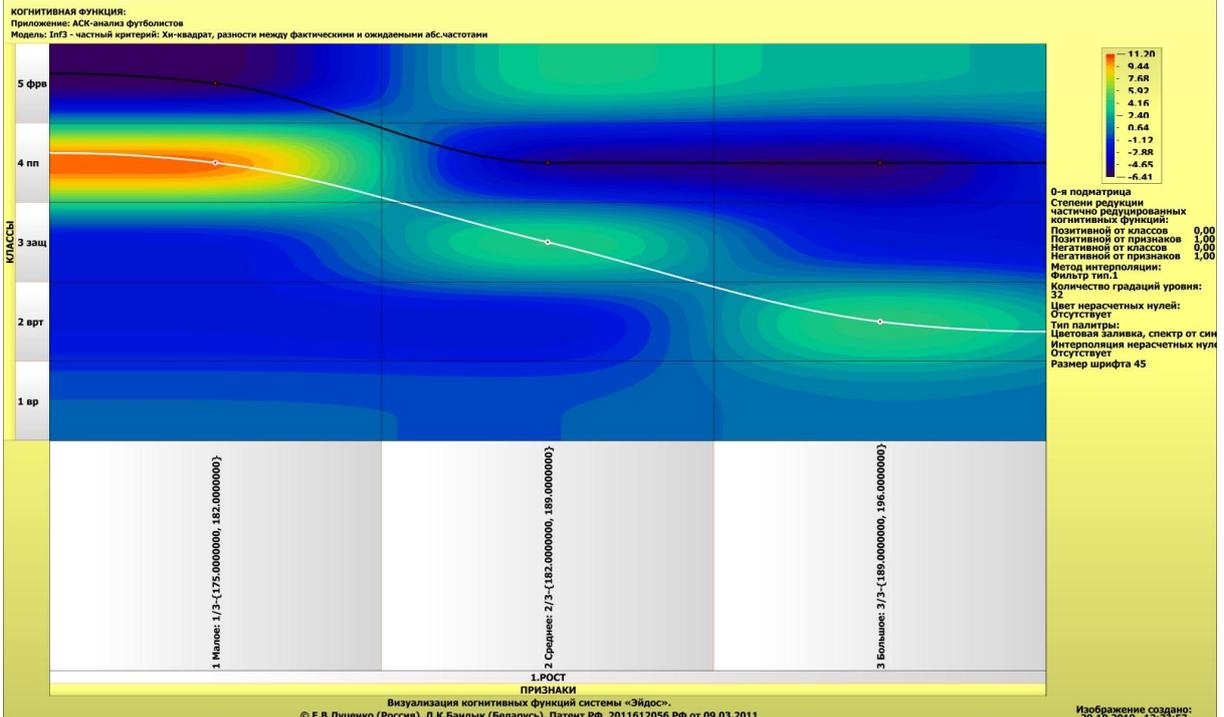


Рисунок 27. Help режима визуализации когнитивных функций

На рисунках 28<sup>3</sup> приведены примеры некоторых когнитивных функций, наглядно отражающих силу и направление влияния значений (т.е. степени выраженности) различных физических свойств футболистов на их данные.



<sup>3</sup> При увеличении масштаба просмотра когнитивные функции вполне читабельны



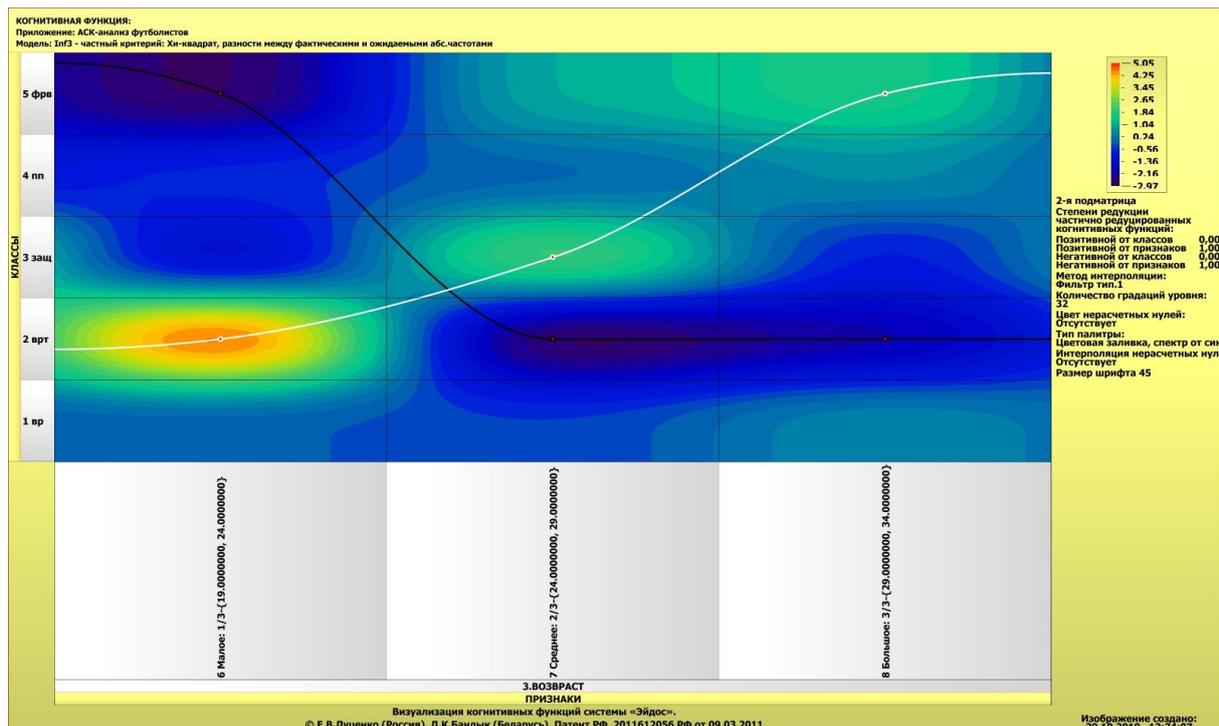


Рисунок 28. Примеры когнитивных функций, отражающих положение на поле футболистов.

Когнитивная функция представляет собой графическое отображение силы и направления влияния различных значений некоторого фактора на переходы объекта управления в будущие состояния, соответствующие классам. Когнитивные функции представляют собой новый перспективный инструмент отражения и наглядной визуализации эмпирических закономерностей и эмпирических законов. Разработка содержательной научной интерпретации когнитивных функций представляет собой способ познания природы, общества и человека. Когнитивные функции могут быть: прямые, отражающие зависимость классов от признаков, обобщающие информационные портреты признаков; обратные, отражающие зависимость признаков от классов, обобщающие информационные портреты классов; позитивные, показывающие чему способствуют система детерминации; негативные, отражающие чему препятствуют система детерминации; средневзвешенные, отражающие совокупное влияние всех значений факторов на поведение объекта (причем в качестве весов наблюдений используется количество информации в значении аргумента о значениях функции) различной степенью редукции или степенью детерминации, которая отражает в графической форме (в форме полосы) количество знаний в аргументе о значении функции и является аналогом и обобщением доверительного интервала. Если отобразить подматрицу матрицы знания, отображая цветом силу и

направление влияния каждой градации некоторой описательной шкалы на переход объекта в состояния, соответствующие классам некоторой классификационной шкалы, то получим нередуцированную когнитивную функцию. Когнитивные функции являются наиболее развитым средством изучения причинно-следственных зависимостей в моделируемой предметной области, предоставляемым системой "Эйдос". Необходимо отметить, что на вид функций влияния математической моделью АСК-анализа не накладывается никаких ограничений, в частности, они могут быть и не дифференцируемые.

#### **4.3.8. Сила и направление влияния значений факторов и сила влияния самих факторов на физические свойства футболистов**

На рисунках 5, 6, 7 приведены фрагменты некоторых статистических и системно-когнитивных моделей, отражающих моделируемую предметную область.

Строки матриц моделей соответствуют значениям факторов, т.е. степени выраженности различных характеристик футболистов (градации описательных шкал).

Колонки матриц моделей соответствуют различным классам, отражающим позиции на поле футболистов (градации классификационных шкал).

Числовые значения в ячейках матриц моделей, находящихся на пересечении строк и колонок, отражают направление (знак) и силу влияния конкретного положения футболиста на поле, соответствующего сроку, на получение конкретного положения на поле, соответствующего колонке.

Если какое-то значение характеристик футболиста слабо влияет на его позицию на поле, то в соответствующей строке матрицы модели будут малые по модулю значения разных знаков, если же влияние сильное – то и значения будут большие по модулю разных знаков.

Если значение характеристик футболиста способствует получению некоторого определенного результата его положение, то в соответствующей этому результату ячейке матрицы модели будут положительные значения, если же понижает – то и значения будут отрицательные.

Из этого понятно, что суммарную силу влияния того или иного значения характеристик футболиста на его позицию на поле (т.е. ценность данного значения физических свойства для решения задачи прогнозирования и других задач) можно количественно оценивать

**степенью вариабельности значений** в строке матрицы модели, соответствующей этому значению свойства.

Существует много мер вариабельности значений: это и среднее модулей отклонения от среднего, и дисперсия, и среднеквадратичное отклонение и другие. В АСК-анализе и системе «Эйдос» для этой цели принято использовать среднеквадратичное отклонение. Численно оно равно стандартному отклонению и вычисляется по той же формуле, но мы предпочитаем не использовать термин «стандартное отклонение», т.к. он предполагает нормальность распределения исследуемых последовательностей чисел, а значит и проверку соответствующих статистических гипотез.

Самая правая колонка в матрицах моделей на рисунках 5, 6, 7 содержит количественную оценку вариабельности значений строки модели (среднеквадратичное отклонение), которая и представляет собой ценность значения физических свойства, соответствующего строке, для решения задач прогнозирования результатов положения футболистов и решения других задач, рассмотренных в работе.

Если рассортировать матрицу модели по этой самой правой колонке в порядке убывания, а потом просуммировать значения в ней нарастающим итогом, то получим логистическую Парето-кривую, отражающую зависимость ценности модели от числа наиболее ценных признаков в ней (рисунок 29, таблица 7).

Ценность же физических свойства (всей описательной шкалы или фактора), для решения этих задач можно количественно оценивать как среднее от ценности значений этого свойства (таблица 8).

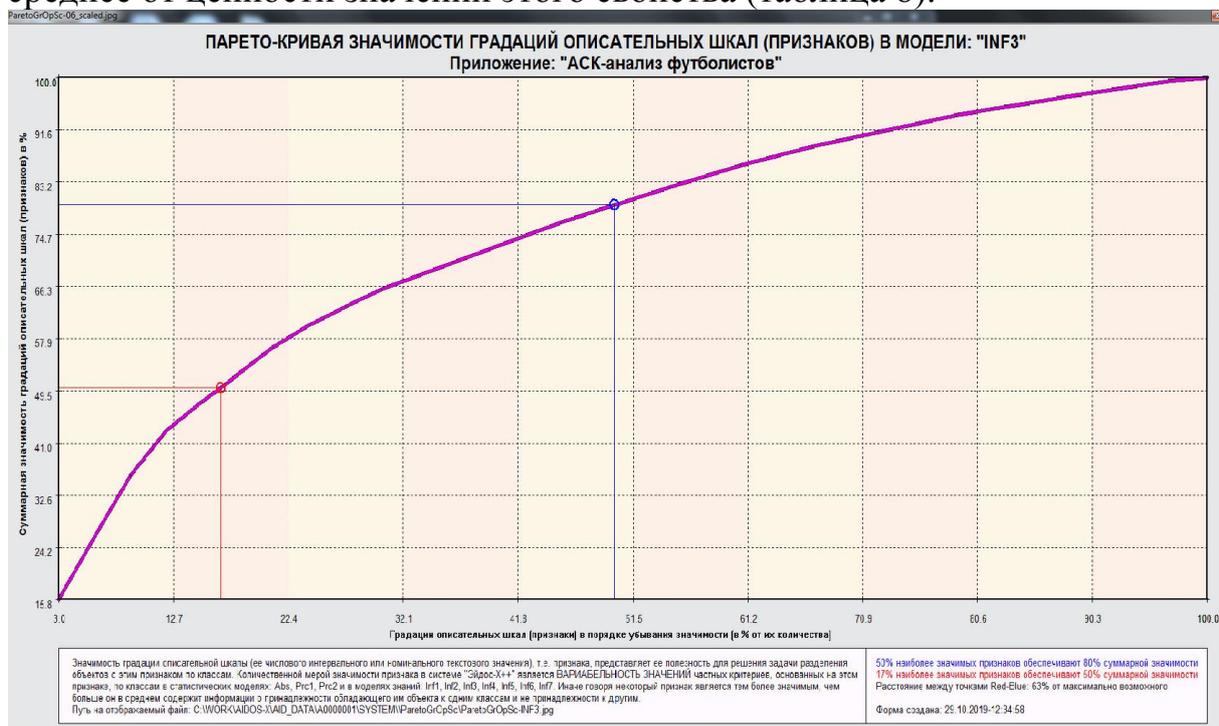


Рисунок 29. Парето-кривая значимости градаций описательных шкал

Таблица 7 – Парето-таблица значимости градаций описательных шкал, т.е. сила влияния значений физических свойств футболистов на позицию на поле в СК-модели INF3

№	Код	Наименование значения свойств	KOD_OPSC	ZNACH_PRC	ZN_PRCNIT	KOD_OPSC
1	1	РОСТ-Малое: 1/3-{175.0000000, 182.0000000}	1,00	15,77	15,77	1,00
2	2	РОСТ-Среднее: 2/3-{182.0000000, 189.0000000}	1,00	10,18	25,95	1,00
3	3	РОСТ-Большое: 3/3-{189.0000000, 196.0000000}	1,00	9,93	35,88	1,00
4	6	ВОЗВРАСТ-Малое: 1/3-{19.0000000, 24.0000000}	3,00	7,14	43,01	3,00
5	7	ВОЗВРАСТ-Среднее: 2/3-{24.0000000, 29.0000000}	3,00	4,70	47,71	3,00
6	4	ЧЛЕН СБОРНОЙ-да	2,00	4,41	52,12	2,00
7	5	ЧЛЕН СБОРНОЙ-нет	2,00	4,41	56,53	2,00
8	8	ВОЗВРАСТ-Большое: 3/3-{29.0000000, 34.0000000}	3,00	3,52	60,05	3,00
9	12	СТРАНА-Испания	4,00	3,02	63,07	4,00
10	25	КОМАНДА-Ливерпуль	5,00	2,74	65,82	5,00
11	14	СТРАНА-Россия	4,00	2,22	68,04	4,00
12	23	КОМАНДА-Зенит	5,00	2,17	70,21	5,00
13	9	СТРАНА-Англия	4,00	2,17	72,38	4,00
14	24	КОМАНДА-Краснодар	5,00	2,16	74,54	5,00
15	28	КОМАНДА-Наполи	5,00	2,03	76,58	5,00
16	10	СТРАНА-Бразилия	4,00	2,01	78,59	4,00
17	33	КОМАНДА-ювентус	5,00	1,88	80,46	5,00
18	11	СТРАНА-Германия	4,00	1,82	82,28	4,00
19	16	СТРАНА-Швеция	4,00	1,77	84,05	4,00
20	29	КОМАНДА-ПСЖ	5,00	1,77	85,82	5,00
21	17	КОМАНДА-Атлетико	5,00	1,57	87,40	5,00
22	30	КОМАНДА-Реал Мадрид	5,00	1,46	88,85	5,00
23	32	КОМАНДА-ЦСКА	5,00	1,32	90,18	5,00
24	13	СТРАНА-Италия	4,00	1,32	91,50	4,00
25	26	КОМАНДА-Ман Сити	5,00	1,24	92,74	5,00
26	27	КОМАНДА-Ман Юн	5,00	1,21	93,95	5,00
27	15	СТРАНА-Франция	4,00	1,00	94,95	4,00
28	19	КОМАНДА-Барселона	5,00	0,95	95,89	5,00
29	20	КОМАНДА-Боруссия	5,00	0,95	96,84	5,00
30	22	КОМАНДА-Буррусия	5,00	0,95	97,78	5,00
31	21	КОМАНДА-Брешиа	5,00	0,89	98,68	5,00
32	31	КОМАНДА-тоттенхем	5,00	0,89	99,57	5,00
33	18	КОМАНДА-Бавария	5,00	0,43	100,00	5,00

Таблица 8 – Парето-таблица значимости описательных шкал, т.е. сила влияния физических свойств футболистов на позицию на поле в СК-модели INF3

№	Код	Наименование свойств	Значимость свойств (%)	Значимость свойств нарастающим итогом (%)
1	1	РОСТ	31,4	31,4
2	2	ЧЛЕН СБОРНОЙ	31,0	62,4
3	3	ВОЗВРАСТ	13,9	76,3
4	4	СТРАНА	13,5	89,8
5	5	КОМАНДА	10,2	100,0

Из таблицы 8 видно, что наиболее сильное влияние на то, каким будет положение на поле футболиста, показывает такое значения характеристик как:

РОСТ-Малое: 1/3-{175.0000000, 182.0000000}  
 РОСТ-Среднее: 2/3-{182.0000000, 189.0000000}  
 РОСТ-Большое: 3/3-{189.0000000, 196.0000000}  
 ВОЗВРАСТ-Малое: 1/3-{19.0000000, 24.0000000}  
 ВОЗВРАСТ-Среднее: 2/3-{24.0000000, 29.0000000}

а наименьшее:

КОМАНДА-Буррусия 1/3-{19.0000000, 21.0000000}  
 КОМАНДА-Брешиа 1/3-{4.2000000, 5.3000000}  
 КОМАНДА-тоттенхем 2/3-{2.3000000, 2.5000000}  
 КОМАНДА-Бавария 3/3-{78.0000000, 79.0000000}

причем разница в силе влияния довольно существенная: более чем в два раза.

Наиболее сильно влияют на результат положения футболиста на поле такие характеристики как:

РОСТ  
 ЧЛЕН СБОРНОЙ

а наиболее слабо:

СТРАНА  
 КОМАНДА

#### 4.3.9. Взаимосвязь между свойствами футболистов и их расположением на поле.

Степень детерминированности (обусловленности) класса в системе «Эйдос» количественно оценивается *степенью варибельности значений* описательных шкал в колонке матрицы модели, соответствующей данному классу (таблица 9). На рисунке 30 мы видим Парето-кривую степени детерминированности классов нарастающим итогом.

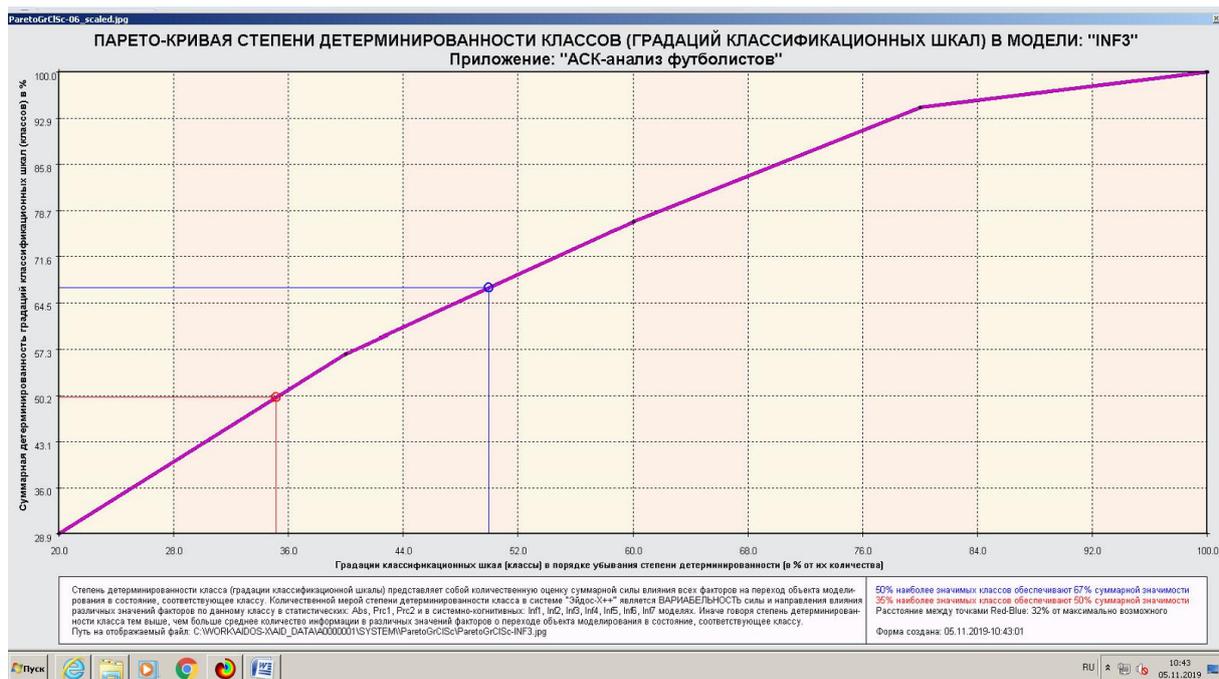


Рисунок 30. Парето-кривая степени детерминированности классов

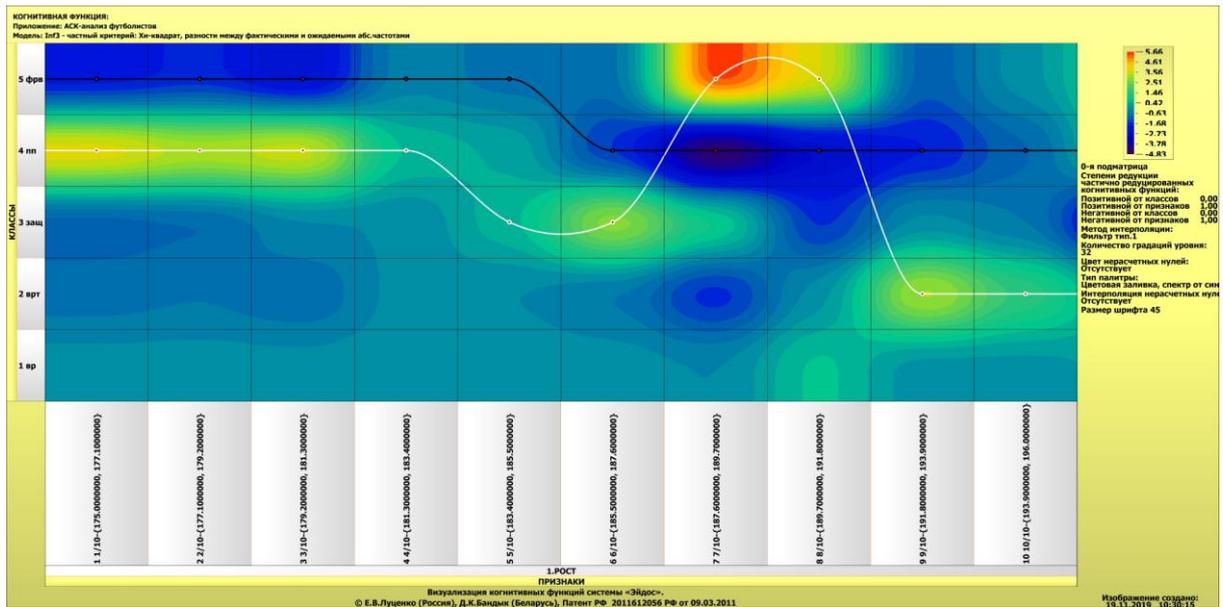
Таблица 9 – Парето-таблица степеней детерминированности (обусловленности) классов в СК-модели INF3, т.е. качественных и физических свойств футболистов.

№	Код	Наименование класса	Код шкалы	Сумма степеней детерминированности	Степень детерминированности (%)	Сумма степеней детерминированности
1	4	ПОЗИЦИЯ НА ПОЛЕ-пп	1	1,5	28,9	28,9
2	5	ПОЗИЦИЯ НА ПОЛЕ-фрв	1	1,4	27,8	56,7
3	3	ПОЗИЦИЯ НА ПОЛЕ-защ	1	1,1	20,3	76,9
4	2	ПОЗИЦИЯ НА ПОЛЕ-врт	1	0,9	17,7	94,6
5	1	ПОЗИЦИЯ НА ПОЛЕ-вр	1	0,3	5,4	100,0

Из таблицы 10 мы видим, что физические свойства футболистов наиболее сильно обуславливают среднюю общую позицию.

Степень детерминированности (обусловленности) всей классификационной шкалы является средним от степени детерминированности ее градаций, т.е. классов (таблица 10).

А)



Б)

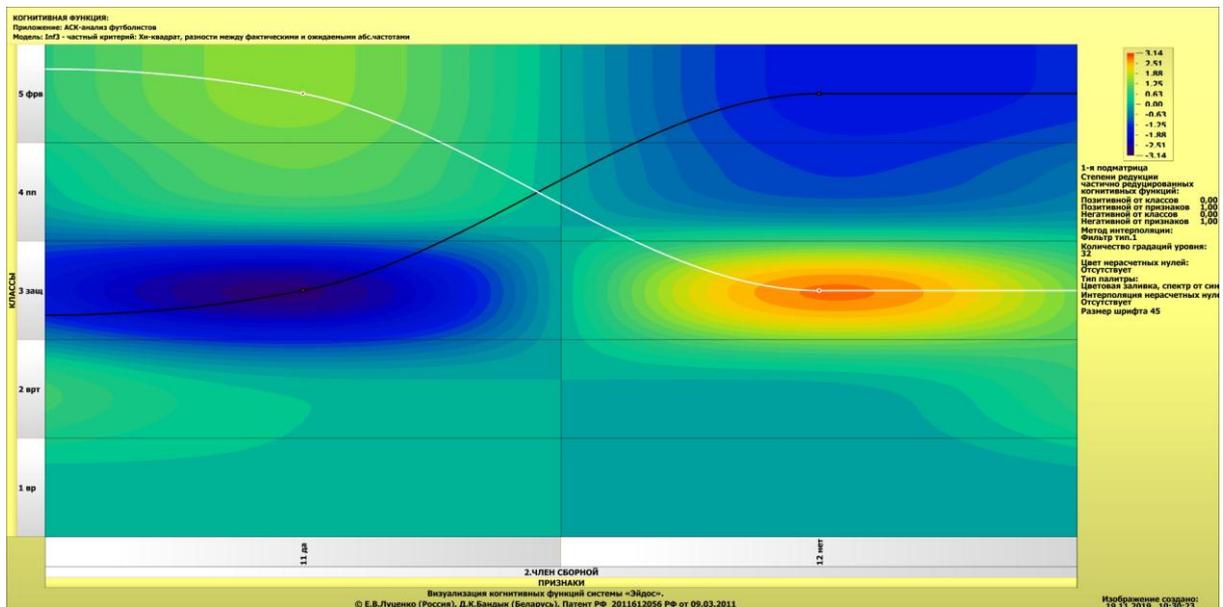
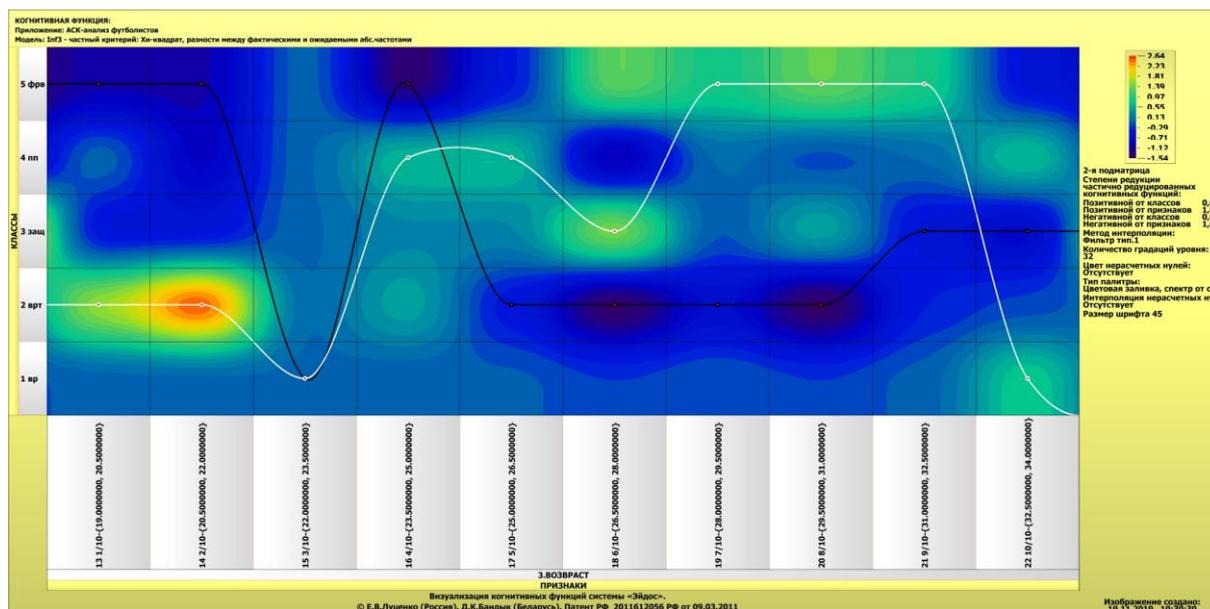


Рисунок 31. Примеры непрерывных монотонных когнитивных функций с факторами, *способствующими* получению более высоких результатов

Из рисунка 32А мы видим, что увеличение роста футболиста практически линейно детерминирует его позицию как вратарь, а из рисунка 32Б – что увеличение возраста также однозначно приводит к тому, что футболист будет защитником.

А )



Б )

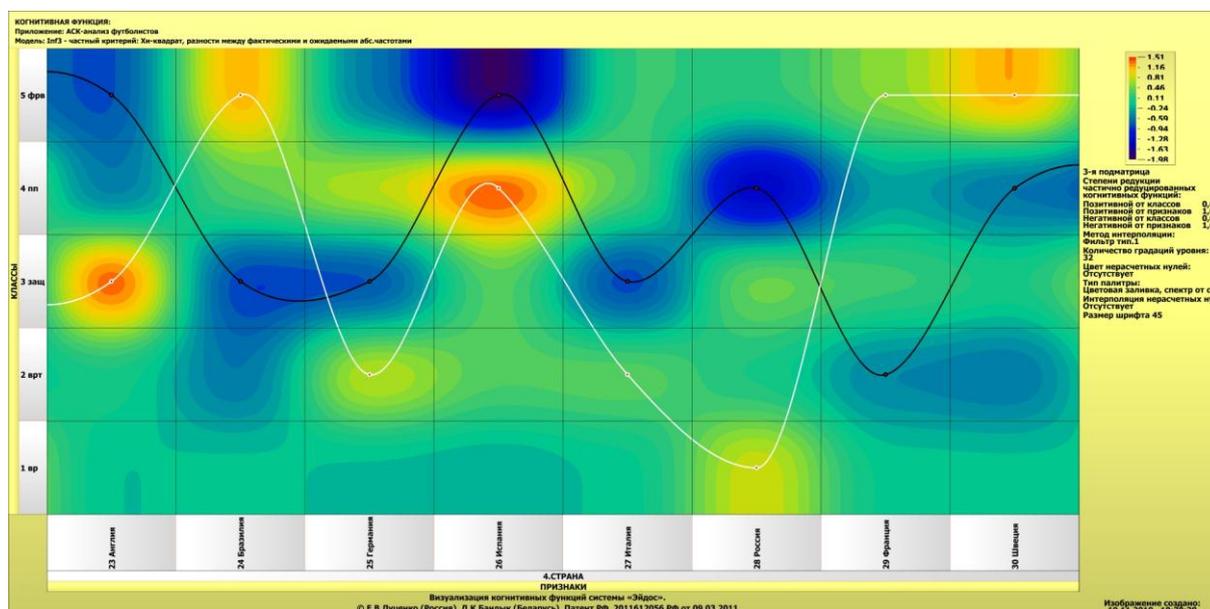


Рисунок 32. Примеры непрерывных монотонных когнитивных функций с факторами, *препятствующими* получению более высоких результатов

Рисунок 33А показывает, что чем больше выше футболист, тем большая вероятность быть нападающим или вратарем. Из рисунка 34Б мы видим, что чем старше футболист, тем больше вероятность что он защитник.

А )

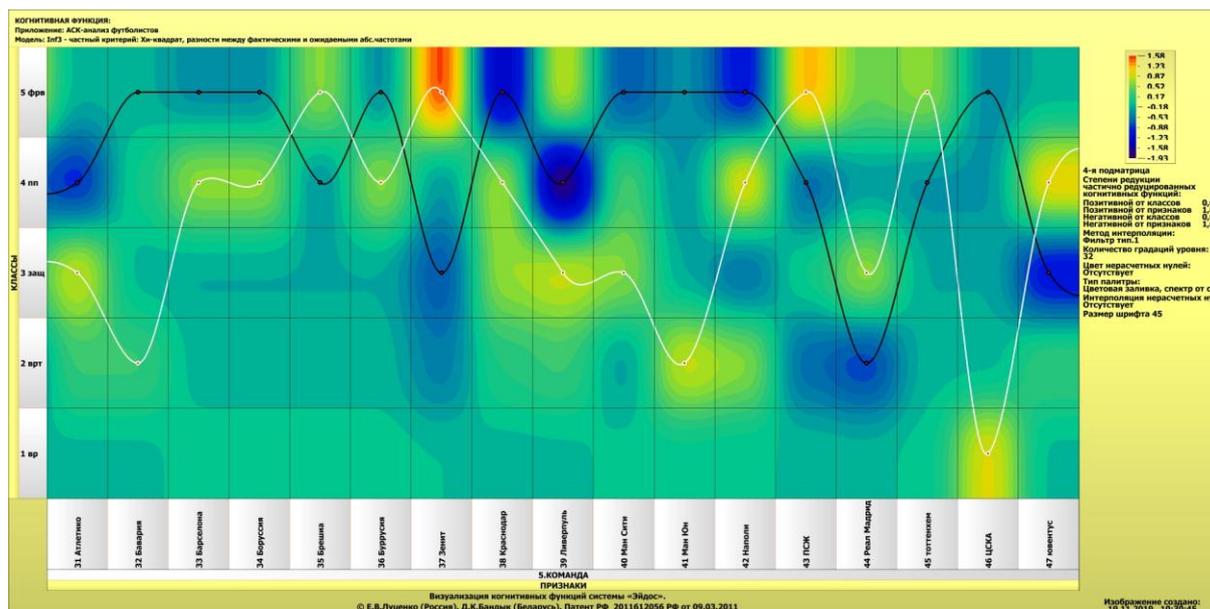


Рисунок 33. Примеры немонотонных когнитивных функций с факторами, действующие сложным и неоднозначным образом (нелинейным и периодическим)

На рисунке 34А когнитивная функция по виду похожую на приведенную на рисунке 31, а НА 34Б – очевидно напоминает периодическую зависимость. Конечно содержательно интерпретировать и объяснить подобные зависимости сложнее, чем приведенные на рисунках 32 и 33.

## 7. Выводы

Как показывает анализ результатов численного эксперимента предложенное и реализованное в системе «Эйдос» решение поставленных задач является вполне эффективным, что позволяет обоснованно утверждать, что цель работы достигнута, проблема решена.

В результате проделанной работы, с помощью системы «Эйдос» были созданы 3 статистические и 7 системно-когнитивных моделей, в которых непосредственно на основе эмпирических данных сформированы обобщенные образы классов, представляющие собой различные позиции футболистов на поле, изучены зависимости между положением футболиста на поле и их личными параметрами (рост, член сборной, возраст, страна, команда) и на основе этого, решены задачи идентификации, принятия решений и исследования моделируемой предметной области путем исследования ее модели.

Все это, по мнению авторов, является достаточным основанием для того, чтобы обоснованно предложить новое научное направление: «Когнитивное расположение футболистов».

Со всеми моделями, созданными в данной статье, можно ознакомиться установив облачное Эйдос-приложение №149 в режиме 1.3 системы «Эйдос».

*Автор благодарен доктору биологических наук профессору Андрею Георгиевичу Коцаеву <https://kubsau.ru/university/rectorate/> за предоставленную возможность опубликования данной статьи.*

### **Список литературы**

1. 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): Монография (научное издание). – Краснодар: КубГАУ. 2002. – 605 с. <http://elibrary.ru/item.asp?id=18632909>
2. 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.
3. 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.
4. 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 (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.
5. 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.
6. 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.
7. Орлов А.И., Луценко Е.В. Системная нечеткая интервальная математика. Монография (научное издание). – Краснодар, КубГАУ. 2014. – 600 с. ISBN 978-5-94672-757-0. <http://elibrary.ru/item.asp?id=21358220>

8. Луценко Е.В. Системно-когнитивное моделирование влияния физических свойств футболистов на их позицию на поле, поддержки принятия решений и исследования предметной области / Е.В. Луценко, Е.К. Печурина // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2019. – №03(147). С. 62 – 128. – IDA [article ID]: 1471903015. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2019/03/pdf/15.pdf>, 4,188 у.п.л.

9. Луценко Е.В., Открытая масштабируемая интерактивная интеллектуальная on-line среда «Эйдос» («Эйдос-online»). Свид. РосПатента РФ на программу для ЭВМ, Заявка № 2017618053 от 07.08.2017, Гос.рег.№ 2017661153, зарегистр. 04.10.2017. – Режим доступа: <http://lc.kubagro.ru/aidos/2017661153.jpg>, 2 у.п.л.

10. Луценко Е.В. Открытая масштабируемая интерактивная интеллектуальная on-line среда для обучения и научных исследований на базе АСК-анализа и системы «Эйдос» / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2017. – №06(130). С. 1 – 55. – IDA [article ID]: 1301706001. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2017/06/pdf/01.pdf>, 3,438 у.п.л. [http://lc.kubagro.ru/aidos/Presentation\\_Aidos-online.pdf](http://lc.kubagro.ru/aidos/Presentation_Aidos-online.pdf)

11. Луценко Е. В., Лойко В. И., Лаптев В. Н. Системы представления и приобретения знаний : учеб. пособие / Е. В. Луценко, В. И. Лойко, В. Н. Лаптев. – Краснодар : Экоинвест, 2018. – 513 с. ISBN 978-5-94215-415-8. <https://elibrary.ru/item.asp?id=35641755>

12. Луценко Е.В. Моделирование сложных многофакторных нелинейных объектов управления на основе фрагментированных зашумленных эмпирических данных большой размерности в системно-когнитивном анализе и интеллектуальной системе «Эйдос-Х++» / Е.В. Луценко, В.Е. Коржаков // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2013. – №07(091). С. 164 – 188. – IDA [article ID]: 0911307012. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2013/07/pdf/12.pdf>, 1,562 у.п.л.

### **Spisok literatury`**

1. Lucenko E.V. Avtomatizirovanny`j sistemno-kognitivny`j analiz v upravlenii aktivny`mi ob`ektami (sistemnaya teoriya informacii i ee primeneniye v issledovanii e`konomicheskix, social`no-psixologicheskix, texnologicheskix i organizacionno-texnicheskix sistem): Monografiya (nauchnoe izdanie). – Krasnodar: KubGAU. 2002. – 605 s. <http://elibrary.ru/item.asp?id=18632909>

2. Lucenko E.V. Metrizaciya izmeritel`ny`x shkal razlichny`x tipov i sovmestnaya sopostavimaya kolichestvennaya obrabotka raznorodny`x faktorov v sistemno-kognitivnom analize i sisteme «E`jdos» / E.V. Lucenko // Politematicheskij setevoj e`lektronny`j nauchny`j zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchny`j zhurnal KubGAU) [E`lektronny`j resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2013. – №08(092). S. 859 – 883. – IDA [article ID]: 0921308058. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2013/08/pdf/58.pdf>, 1,562 у.п.л.

3. Lucenko E.V. Invariantnoe otnositel`no ob`emov danny`x nechetkoe mul`tiklassovoe obobshhenie F-mery` dostovernosti modelej Van Rizbergena v ASK-analize i sisteme «E`jdos» / E.V. Lucenko // Politematicheskij setevoj e`lektronny`j nauchny`j zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchny`j zhurnal KubGAU) [E`lektronny`j resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2017. – №02(126). S. 1 – 32. – IDA [article ID]: 1261702001. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2017/02/pdf/01.pdf>, 2 у.п.л.

4. Lucenko E.V. Kolichestvennyj avtomatizirovannyj SWOT- i PEST-analiz sredstvami ASK-analiza i intellektual'noj sistemy «E`jdos-X++» / E.V. Lucenko // Politematicheskij setevoj e`lektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [E`lektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2014. – №07(101). S. 1367 – 1409. – IDA [article ID]: 1011407090. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2014/07/pdf/90.pdf>, 2,688 u.p.l.

5. Lucenko E.V. Metod kognitivnoj klasterizacii ili klasterizaciya na osnove znanij (klasterizaciya v sistemno-kognitivnom analize i intellektual'noj sisteme «E`jdos») / E.V. Lucenko, V.E. Korzhakov // Politematicheskij setevoj e`lektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [E`lektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2011. – №07(071). S. 528 – 576. – Shifr Informregistra: 0421100012\0253, IDA [article ID]: 0711107040. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2011/07/pdf/40.pdf>, 3,062 u.p.l.

6. Lucenko E.V. Sistemnaya teoriya informacii i nelokal'ny'e interpretiruemye nejronny'e seti pryamogo scheta / E.V. Lucenko // Politematicheskij setevoj e`lektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [E`lektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2003. – №01(001). S. 79 – 91. – IDA [article ID]: 0010301011. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2003/01/pdf/11.pdf>, 0,812 u.p.l.

7. Orlov A.I., Lucenko E.V. Sistemnaya nechetkaya interval'naya matematika. Monografiya (nauchnoe izdanie). – Krasnodar, KubGAU. 2014. – 600 s. ISBN 978-5-94672-757-0. <http://elibrary.ru/item.asp?id=21358220>

8. Lucenko E.V. Sistemno-kognitivnoe modelirovanie vliyaniya agrotexnologij na urozhajnost' i kachestvo pshenicy i reshenie zadach prognozirovaniya, podderzhki prinyatiya reshenij i issledovaniya predmetnoj oblasti / E.V. Lucenko, E.K. Pechurina // Politematicheskij setevoj e`lektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [E`lektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2019. – №03(147). S. 62 – 128. – IDA [article ID]: 1471903015. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2019/03/pdf/15.pdf>, 4,188 u.p.l.

9. Lucenko E.V., Otkry`taya masshtabiruemaya interaktivnaya intellektual'naya on-line sreda «E`jdos» («E`jdos-online»). Svid. RosPatenta RF na programmu dlya E`VM, Zayavka № 2017618053 ot 07.08.2017, Gos.reg.№ 2017661153, zaregistr. 04.10.2017. – Rezhim dostupa: <http://lc.kubagro.ru/aidos/2017661153.jpg>, 2 u.p.l.

10. Lucenko E.V. Otkry`taya masshtabiruemaya interaktivnaya intellektual'naya on-line sreda dlya obucheniya i nauchny`x issledovanij na baze ASK-analiza i sistemy «E`jdos» / E.V. Lucenko // Politematicheskij setevoj e`lektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [E`lektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2017. – №06(130). S. 1 – 55. – IDA [article ID]: 1301706001. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2017/06/pdf/01.pdf>, 3,438 u.p.l. [http://lc.kubagro.ru/aidos/Presentation\\_Aidos-online.pdf](http://lc.kubagro.ru/aidos/Presentation_Aidos-online.pdf)

11. Lucenko E. V., Lojko V. I., Laptev V. N. Sistemy predstavleniya i priobreneniya znanij : ucheb. posobie / E. V. Lucenko, V. I. Lojko, V. N. Laptev. – Krasnodar : E`koinvest, 2018. – 513 s. ISBN 978-5-94215-415-8. <https://elibrary.ru/item.asp?id=35641755>

12. Lucenko E.V. Modelirovanie slozhny`x mnogofaktorny`x nelinejny`x ob`ektov upravleniya na osnove fragmentirovanny`x zashumlenny`x e`mpiricheskix danny`x bol`shoj razmernosti v sistemno-kognitivnom analize i intellektual'noj sisteme «E`jdos-X++» / E.V. Lucenko, V.E. Korzhakov // Politematicheskij setevoj e`lektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [E`lektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2013. – №07(091). S. 164 – 188. – IDA

[article ID]: 0911307012. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2013/07/pdf/12.pdf>, 1,562 u.p.l.