

УДК 303.732.4

UDC 303.732.4

01.00.00 Физико-математические науки

Physical-Mathematical sciences

**ИДЕНТИФИКАЦИЯ ТИПОВ И МОДЕЛЕЙ САМОЛЕТОВ ПУТЕМ АСК-АНАЛИЗА ИХ СИЛУЭТОВ (КОНТУРОВ) (ОБОБЩЕНИЕ, АБСТРАГИРОВАНИЕ, КЛАССИФИКАЦИЯ И ИДЕНТИФИКАЦИЯ)<sup>1</sup>****IDENTIFICATION OF TYPES AND MODELS OF AIRCRAFT USING ASC-ANALYSIS OF THEIR SILHOUETTES (CONTOURS) (GENERALIZATION, ABSTRACTION, CLASSIFICATION AND IDENTIFICATION)**

Луценко Евгений Вениаминович

д.э.н., к.т.н., профессор

РИНЦ SPIN-код: 9523-7101

[prof.lutsenko@gmail.com](mailto:prof.lutsenko@gmail.com)*Кубанский государственный аграрный университет, Краснодар, Россия*

Lutsenko Eugeny Veniaminovich

Dr.Sci.Econ., Cand.Tech.Sci., professor

RSCI SPIN-code: 9523-7101

[prof.lutsenko@gmail.com](mailto:prof.lutsenko@gmail.com)*Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia*

Бандык Дмитрий Константинович

Разработчик интеллектуальных систем

РИНЦ SPIN-код: 4072-8442

[bandyk\\_dd@mail.ru](mailto:bandyk_dd@mail.ru)*Белоруссия*

Bandyk Dmitry Konstantinovich

Artificial intelligence systems developer

RSCI SPIN-code: 4072-8442

[bandyk\\_dd@mail.ru](mailto:bandyk_dd@mail.ru)*Belarus*

В статье рассматривается применение автоматизированного системно-когнитивного анализа (АСК-анализ), его математической модели – системной теории информации и программного инструментария – интеллектуальной системы «Эйдос» для решения задач, связанных с идентификацией типов и моделей самолетов по их силуэтам снизу, точнее, по внешним контурам: 1) оцифровка сканированных изображений самолетов и создание их математических моделей; 2) формирование математических моделей конкретных самолетов с применением теории информации; 3) формирование моделей обобщенных образов самолетов различных типов и моделей и их наглядная визуализация; 4) сравнение образа конкретного самолета с обобщенными образами самолетов различных типов и моделей и определение количественной степени сходства-различия между ними, т.е. идентификация типа и модели самолета по его силуэту (контур) снизу; 5) количественное определение сходства-различия обобщенных образов самолетов друг с другом, т.е. кластерно-конструктивный анализ обобщенных образов самолетов различных типов и моделей. Предлагается новый подход к оцифровке изображений самолетов, основанный на использовании полярной системы координат, центра тяжести изображения и его внешнего контура. Перед оцифровкой изображений, могут применяться их преобразования, стандартизирующие положение изображений, их размеры (разрешение, расстояние) и угол поворота (ракурс) в трех плоскостях. Поэтому результаты оцифровки и АСК-анализа изображений могут быть инвариантны (независи-

The article discusses the application of automated system-cognitive analysis (ASC-analysis), its mathematical model which is system theory of information and its software tool, which is intellectual system called "Eidos" for solving problems related to identification of types and models of aircraft by their silhouettes on the ground, to be more precise, their external contours: 1) digitization of scanned images of aircraft and creation of their mathematical models; 2) formation of mathematical models of specific aircraft with the use of the information theory; 3) modeling of the generalized images of various aircraft types and models and their graphic visualization; 4) comparing an image of a particular plane with generalized images of various aircraft types and models, and quantifying the degree of similarities and differences between them, i.e., the identification of the type and model of airplane by its silhouette (contour) on the ground; 5) quantification of the similarities and differences of the generalized images of the planes with each other, i.e., cluster-constructive analysis of generalized images of various aircraft types and models. The article gives a new approach to digitizing images of aircraft, based on the use of the polar coordinate system, the center of gravity of the image and its external contour. Before digitizing images, we may use their transformation, standardizing the position of the images, their sizes (resolution, distance) and the angle of rotation (angle) in three dimensions. Therefore, the results of digitization and ASC-analysis of the images can be invariant (independent) relative to their position, dimensions and turns. The shape of the contour of a particular aircraft is considered as a noise information on the type and

<sup>1</sup> Работа выполнена при финансовой поддержке РГНФ (проект РГНФ №13-02-00440а) и РФФИ (проект РФФИ №15-06-02569 А).

мы) относительно их положения, размеров и поворотов. Форма контура конкретного самолета рассматривается как зашумленное информационное сообщение о типе и модели самолета, включающее как информацию об истинной форме самолета данного типа и модели (чистый сигнал), так и шум, искажающий эту истинную форму, обусловленный зашумляющими воздействиями как средств противодействия обнаружению и идентификации, так и окружающей среды. Программный инструментальный АСК-анализа – интеллектуальная система «Эйдос» обеспечивает идентификацию типа и модели самолета по его силуэту, что продемонстрировано на упрощенном численном примере

model of aircraft, including information about the true shape of the aircraft type and its model (clean signal) and noise, which distort the real shape, due to noise influences, both of the means of countering detection and identification, and environment. Software tool of ASC-analysis, i.e. Eidos intellectual system, provides identification of the type and the model of airplane by its silhouette, as it was shown in a simplified numerical example

Ключевые слова: АСК-АНАЛИЗ, АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ СИСТЕМНО-КОГНИТИВНЫЙ АНАЛИЗ, ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА «ЭЙДОС», ВВОД, ОЦИФРОВКА ИЗОБРАЖЕНИЙ, СИНТЕЗ ОБОБЩЕННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ, АБСТРАГИРОВАНИЕ, КЛАССИФИКАЦИЯ, СРАВНЕНИЕ КОНКРЕТНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ОБОБЩЕННЫМИ (ИДЕНТИФИКАЦИЯ), ТИП И МОДЕЛЬ САМОЛЕТА

Keywords: ASC-ANALYSIS, AUTOMATED SYSTEM-COGNITIVE ANALYSIS, "EIDOS" INTELLIGENT SYSTEM, INPUT, DIGITIZATION OF IMAGES, GENERALIZED IMAGE SYNTHESIS, ABSTRACTION, CLASSIFICATION, COMPARISON OF SPECIFIC IMAGES WITH GENERIC (IDENTIFICATION), TYPE AND MODEL OF AIRPLANES

Данная статья может рассматриваться как продолжение серии работ [1, 2, 3, 4, 5, 6], посвященных применению автоматизированного системно-когнитивного анализа (АСК-анализ) [7, 8] и его программного инструментария – системы «Эйдос» [9, 11, 12]<sup>2</sup> для интеллектуальной обработки изображений, т.е. для их оцифровки, создания математических моделей конкретных изображений, формирования обобщенных изображений на основе ряда конкретных, относящихся к одной категории (классу), абстрагирования, идентификации, классификации обобщенных изображений и решения ряда других задач.

В частности, в работах [4, 5, 6] описаны основы АСК-анализа изображений по их внешним контурам. В этих работах описаны возможности применения АСК-анализа для решения задачи *синтеза обобщенных контурных изображений* на основе ряда конкретных примеров. При этом в результате обобщения выясняется *ценность* признаков изображений для их дифференциации по классам, а также *степень характерности* тех или

<sup>2</sup> См. сайт автора АСК-анализа и системы «Эйдос»: <http://lc.kubagro.ru/>

инных признаков для конкретных классов изображений. Это позволяет без ущерба для адекватности модели *удалить* из нее малоценные признаки, т.е. осуществить *абстрагирование обобщенных изображений*, что обеспечивает в последующем сокращение затрат различных видов ресурсов на сбор и обработку графической информации. Над обобщенными изображениями возможны операции классификации, объединения наиболее сходных из них в кластеры и формирования систем наиболее сильно отличающихся друг от друга кластеров, т.е. конструкторов. Можно также количественно оценивать степень сходства конкретных изображений с обобщенными, т.е. *идентифицировать* эти конкретные изображения, что и является основной задачей данной работы. *Смысл решения задачи идентификации состоит в том, что когда какой-либо конкретный объект идентифицирован, т.е. отнесен к определенным обобщающим категориям или классам, то о нем становится известно все, что известно об этом классе.*

**Все это позволяет ставить и решать ряд важных задач:**

- 1) оцифровка сканированных изображений самолетов и создание их математических моделей;
- 2) формирование математических моделей конкретных самолетов с применением теории информации;
- 3) формирование моделей обобщенных образов самолетов различных типов и моделей и их наглядная визуализация;
- 4) сравнение образа конкретного самолета с обобщенными образами самолетов различных типов и моделей и определение количественной степени сходства -различия между ними, т.е. идентификация типа и модели самолета по его силуэту (контур) снизу;
- 5) количественное определение сходства-различия обобщенных образов самолетов друг с другом, т.е. кластерно-конструктивный анализ обобщенных образов самолетов различных типов и моделей.

**Идея решения задач.**

*Предлагается новый подход к оцифровке изображений самолетов, основанный на использовании полярной системы координат, центра тяжести изображения и его внешнего контура. Перед оцифровкой изображений могут применяться их преобразования, стандартизирующие положение изображений, их размеры (разрешение, расстояние) и угол поворота (ракурс) в трех плоскостях (в т.ч. дающие эффект зеркального отражения относительно различных плоскостей). Поэтому результаты оцифровки и АСК-анализа изображений могут быть инвариантны (независимы) относительно их положения, размеров и поворотов. Форма контура конкретного самолета рассматривается как зашумленное информационное сообщение о типе и модели самолета, включающее как информацию об истинной форме самолета данного типа и модели (чистый сигнал), так и шум, искажающий эту истинную форму, обусловленный зашумляющими воздействиями как средств противодействия обнаружению и идентификации, так и окружающей среды. Программный инструментарий АСК-анализа – интеллектуальная система «Эйдос» обеспечивает подавление шума и выделение сигнала об истинной форме самолета каждого типа и модели на основе ряда зашумленных конкретных примеров изображений самолетов.*

Таким образом создается один образ формы самолета каждого типа и каждой модели, независимый от их конкретных реализаций, т.е. «Эйдос» этих изображений (в смысле Платона [13]) - прототип или архетип (в смысле Юнга [14]) изображений.

Рассмотрим на конкретном численном примере решение сформулированных выше задач в АСК-анализе и системе «Эйдос-Х++» версии от 20.12.2015 и выше.

### **Задача 1: оцифровка сканированных изображений самолетов и создание их математических моделей.**

Система «Эйдос» имеет программные интерфейсы с внешними источниками данных различных типов: текстовые данные в форме текстовых файлов и значений полей Excel-таблиц, табличными данными dbf, xls и xlsx форматов, графическими объектами, анализируемыми по пикселям и внешним контурам (рисунок 1):



Рисунок 1. Программные интерфейсы системы «Эйдос» с внешними источниками данных различных типов

Для решения поставленных задач используем программный интерфейс с изображениями, которые анализируются по их внешним контурам в полярной системе координат. Программная реализация и алгоритмы данного интерфейса разработаны Д.К. Бандык по постановке и алгоритмам проф. Е.В. Луценко [4, 6]. Отметим, что авторами уже решались очень сходные задачи, но не с изображениями самолетов различных типов и моделей, а с листьями винограда различных сортов [5]. Ясно, что аналогичным образом могут быть решены задачи этого типа и для изображений объектов из других самых различных предметных областей: от силуэтов символов [4], до силуэтов гражданских и военных кораблей (судов), силуэтов зданий, людей, снежинок, бабочек или жужелиц.

Прежде всего скачаем систему «Эйдос» с сайта автора по ссылке: [http://lc.kubagro.ru/aidos/\\_Aidos-X.htm](http://lc.kubagro.ru/aidos/_Aidos-X.htm) и установим ее в соответствии с инструкцией на сайте.

Запишем в папку ..\AID\_DATA\Inp\_data\ изображений силуэтов самолетов (вид снизу) (рисунок 2):

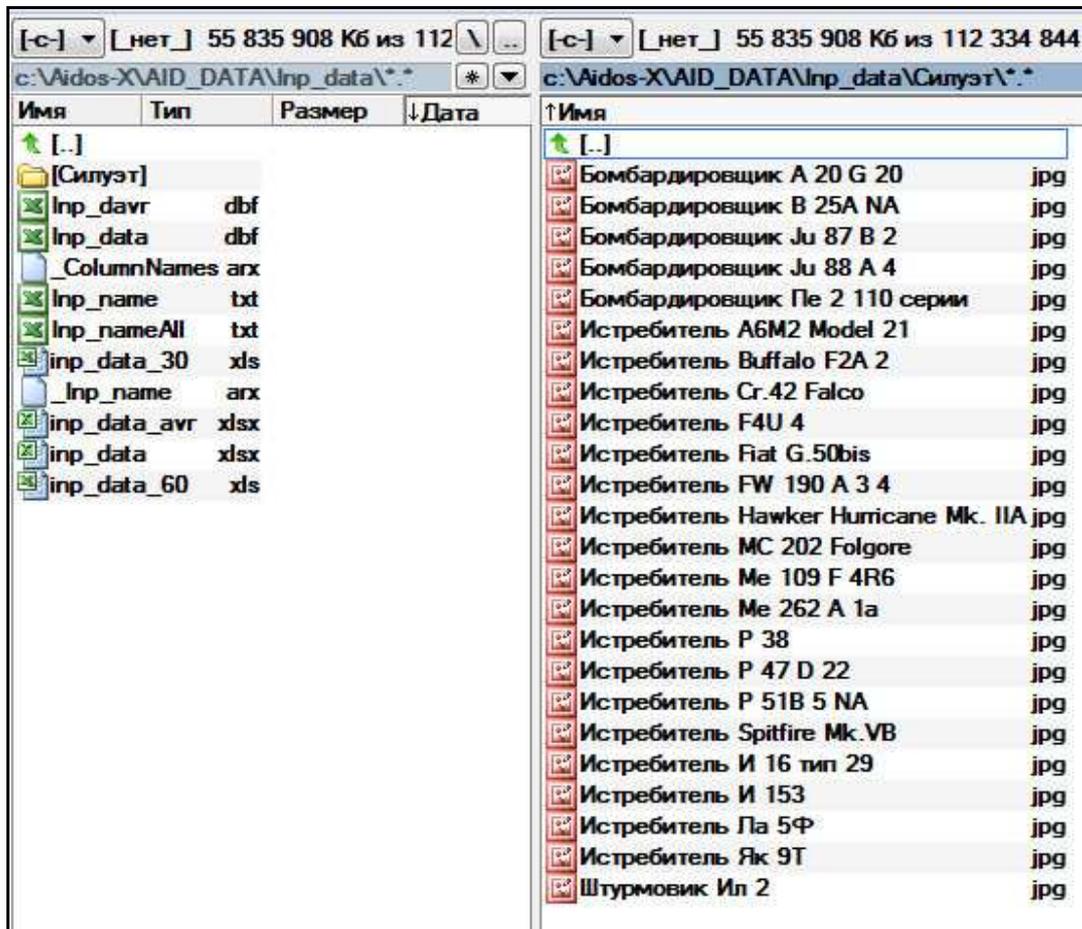


Рисунок 2. Экранная форма, поясняющая расположение и структуру исходных данных: силуэтов самолетов различных типов и моделей

Изображения силуэтов самолетов различных типов и моделей помещены в папку «Силуэт» (рисунок 3):

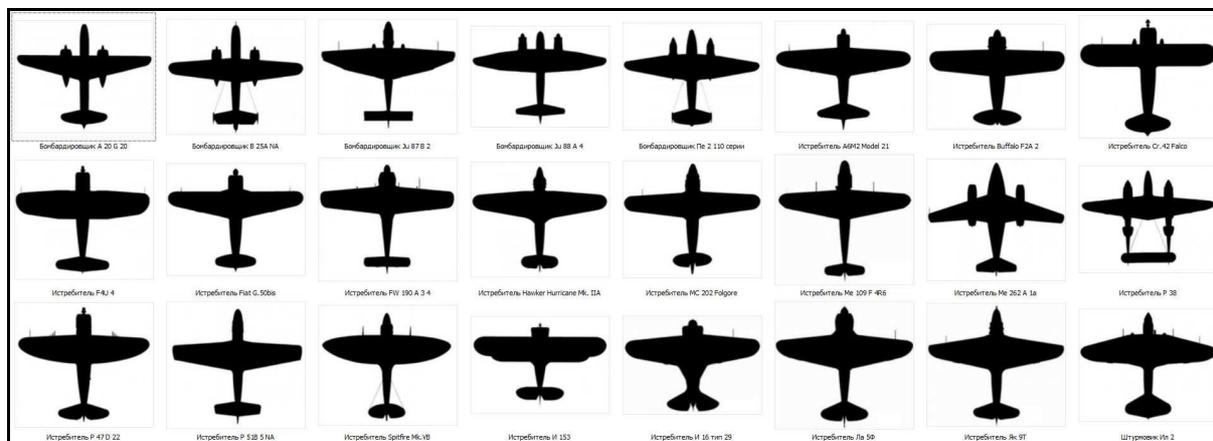


Рисунок 3. Изображения силуэтов самолетов различных типов и моделей, использованные в упрощенном численном примере

Чтобы получить изображения, приведенные на рисунке 2, в качестве исходных были использованы изображения силуэтов с сайта: <http://il2-sturmovik.ru/siluets.html>. Из исходных файлов путем кадрирования в графическом редакторе Adobe PhotoShop, были выделены силуэты самолетов вид снизу. Затем наименования моделей самолетов были исключены из графических файлов, а сами файлы записаны с именами, приведенными на рисунках 1 и 2. Тип самолета был определен по его модели с использованием поиска в Internet. **Имена файлов состоят из имени типа самолета и краткого наименования его модели.** При этом в именах файлов не используются символы тире «-» и точка «.», т.к. они используются как разделители между наименованием класса и номером реализации объекта этого класса. В рассматриваемом упрощенном примере в обучающей выборке используются изображения силуэтов 24 различных модели самолета трех типов: бомбардировщики (5), истребители (18) и штурмовик (1).

*Упрощение* заключается в том, что:

- рассматривается довольно мало примеров обучающей выборки;
- используются только силуэты самолетов в ракурсе: «вид снизу» направление движения «север».

Как показывает опыт подобных исследований в системе «Эйдос» [4, 5] количество объектов обучающей выборки не сказывается существенно на достоверности создаваемых моделей.

Что касается ракурса, то здесь все не так просто, что в буквальном смысле очевидно, даже если посмотреть силуэты самолетов по ссылке: <https://yandex.ru/images/search?text=силуэты%20самолетов%20&stypе=image&lr=35&noreask=1&source=wiz> и на рисунке 4:

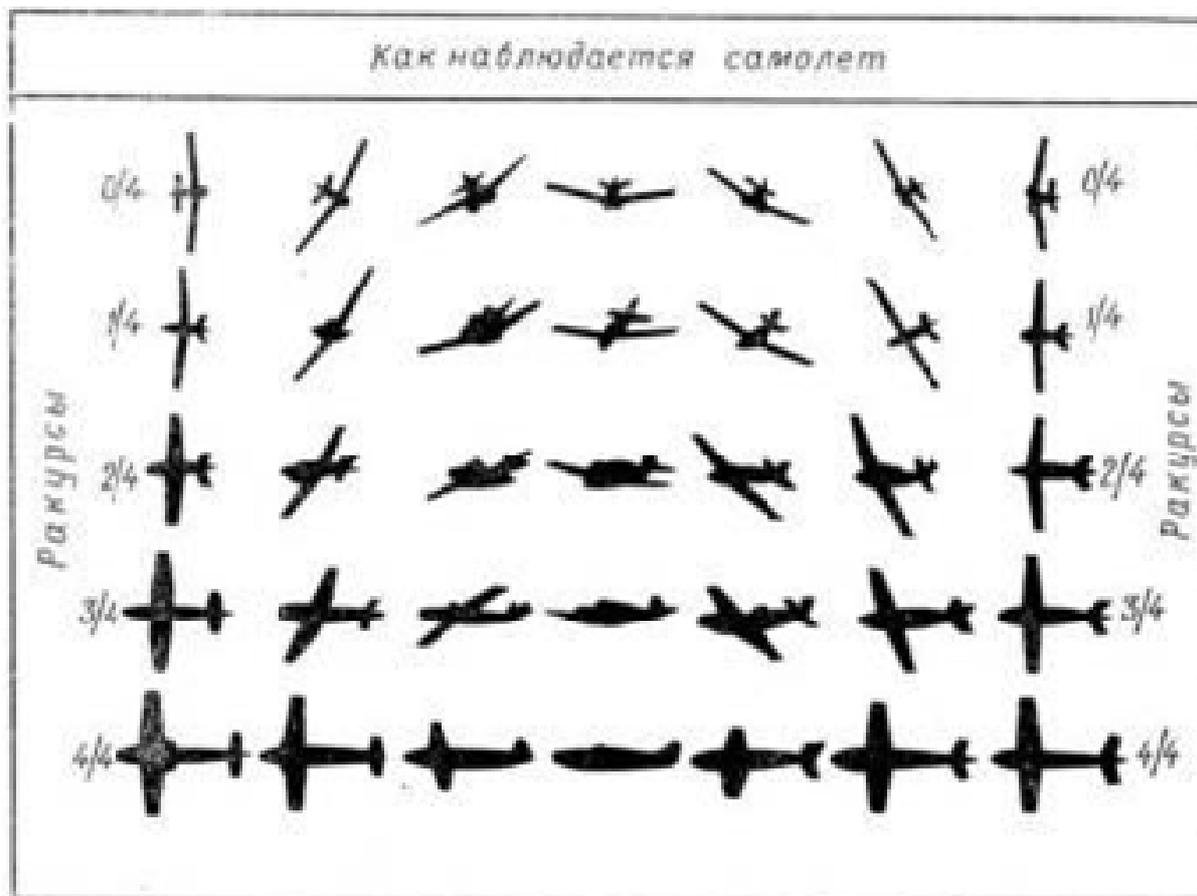


Рисунок 4. Изображения силуэтов самолета в различных ракурсах  
(источник: <http://il2-sturmovik.ru/siluets.html>)

Здесь возникает две идеи решения:

1) идентифицировать не только тип и модель самолета, но и его ракурс;

2) создать на основе проекций такую трехмерную модель самолета, которая бы наилучшим образом позволяла воспроизводить эти проекции.

Для реализации 1-й идеи достаточно увеличить количество объектов обучающей выборки. А обсуждению и анализу 2-й идеи посвящена статья [14] и некоторые другие статьи, на которые из нее есть ссылки. В данной работе мы рассматриваем именно упрощенный вариант решения задачи, т.е. такой вариант, который мог бы использоваться в качестве лабораторной работы по дисциплинам, связанным с искусственным интеллектом [15, 16].

Итак, после скачивания и инсталляции системы «Эйдос» запустим режим: 2.3.2.4. Оцифровка изображений по их внешним контурам (рисунок 5):

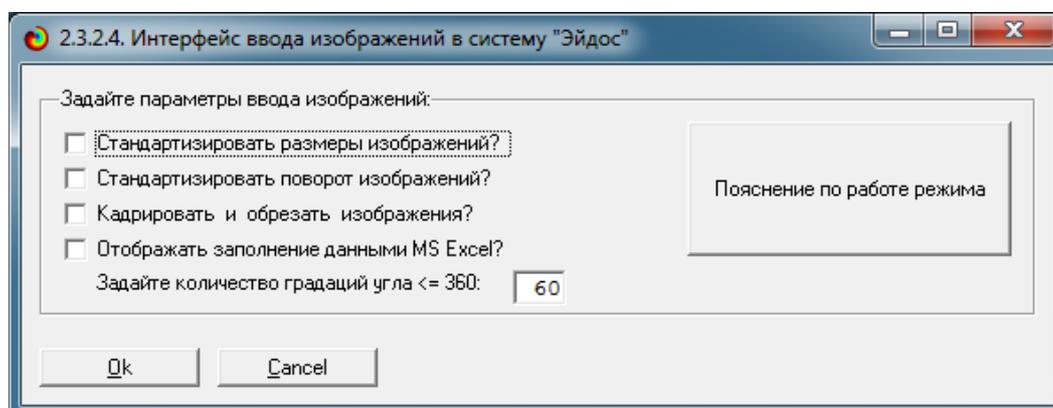


Рисунок 5. Начальная экранная форма режима 2.3.2.4. Оцифровка изображений по их внешним контурам

Вместо описания данного режима приведем Help данного режима (рисунок 6):

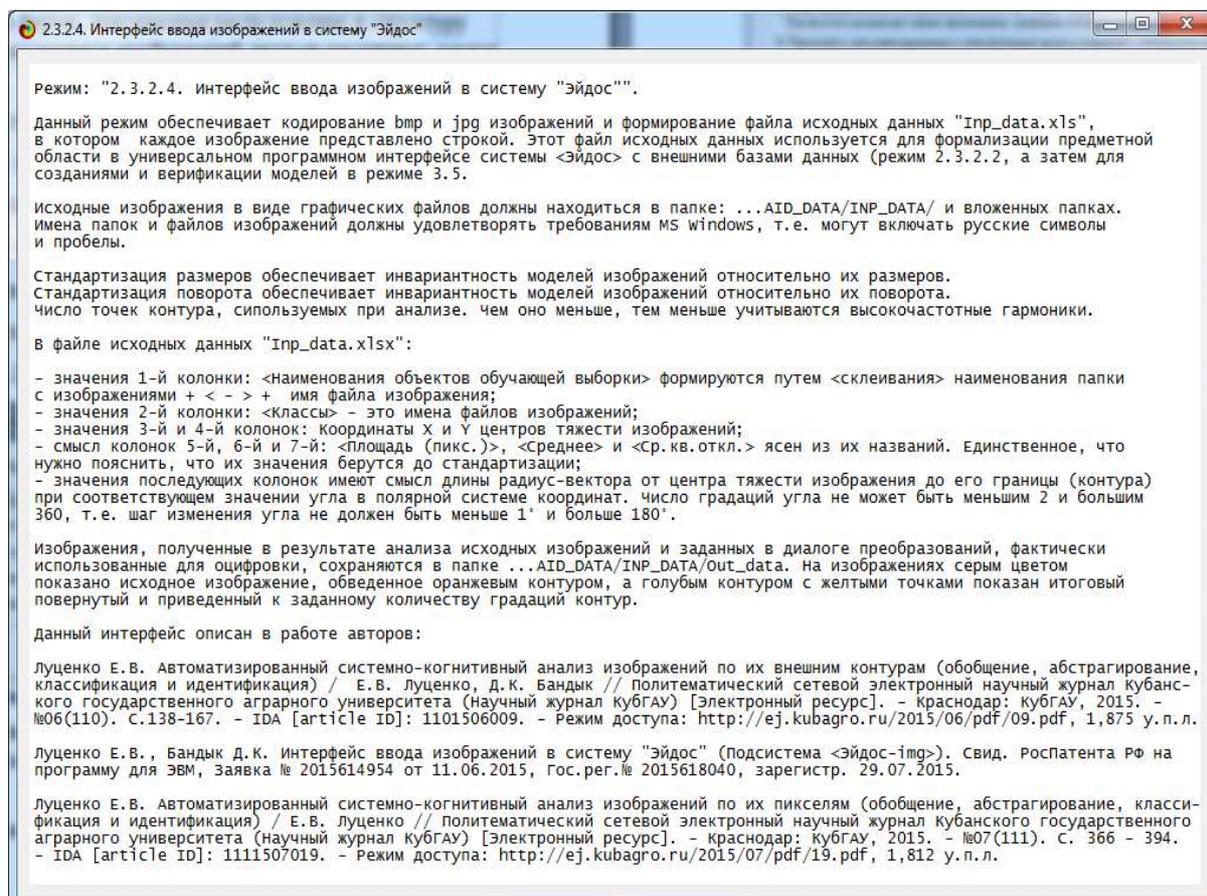


Рисунок 6. Help режима 2.3.2.4. Оцифровка изображений по их внешним контурам

В результате появляется главная экранная форма, отображающая процесс оцифровки сканов листьев, расположенных в виде файлов в указанных выше папках (рисунок 7):

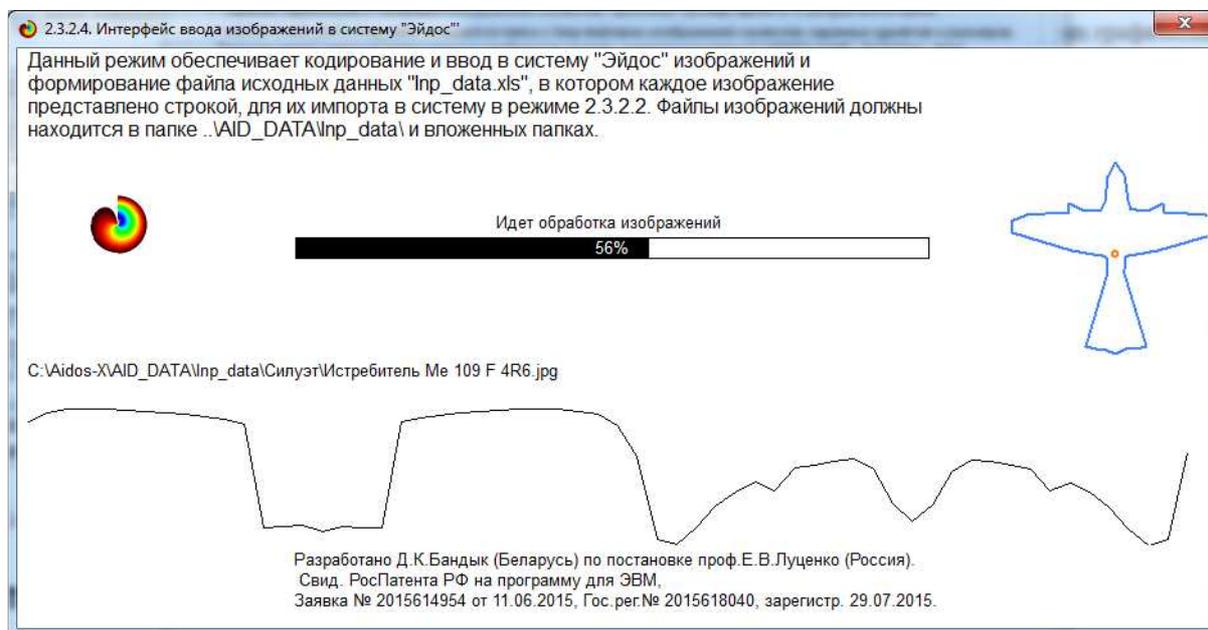


Рисунок 7. Экранная форма с отображением стадии процесса оцифровки изображений силуэтов самолетов по их внешним контурам

Данный режим:

1. Находит все поддиректории в папке: `..\AID_DATA\Inp_data\` и все графические файлы `.jpg` и `.bmp` в поддиректориях.
2. Находит контуры в этих графических файлах и их центры тяжести.
3. Записывает в папку: `..\AID_DATA\Out_data\` графические файлы, состоящие только из контуров с изображенными на них точками, которые были оцифрованы. **Необходимо особо отметить, что при этом используется полярная система координат с центром в центре тяжести изображения, а результатами оцифровки являются расстояния от центров тяжести изображений до точек их контура при различных углах поворота радиуса-вектора** (эта идея, а также математическая модель и алгоритм ее реализации предложены проф.Е.В.Луценко в 2014 и реализованы в модуле 2.3.2.4 и режиме 4.7 системы «Эйдос» в 2015 году ). При этом структура поддиректорий и имена файлов в папках:

..\AID\_DATA\Inp\_data\ и ..\AID\_DATA\Out\_data\ совпадают. Сформированные по силуэтам контурные изображения самолетов приведены на рисунке 8:

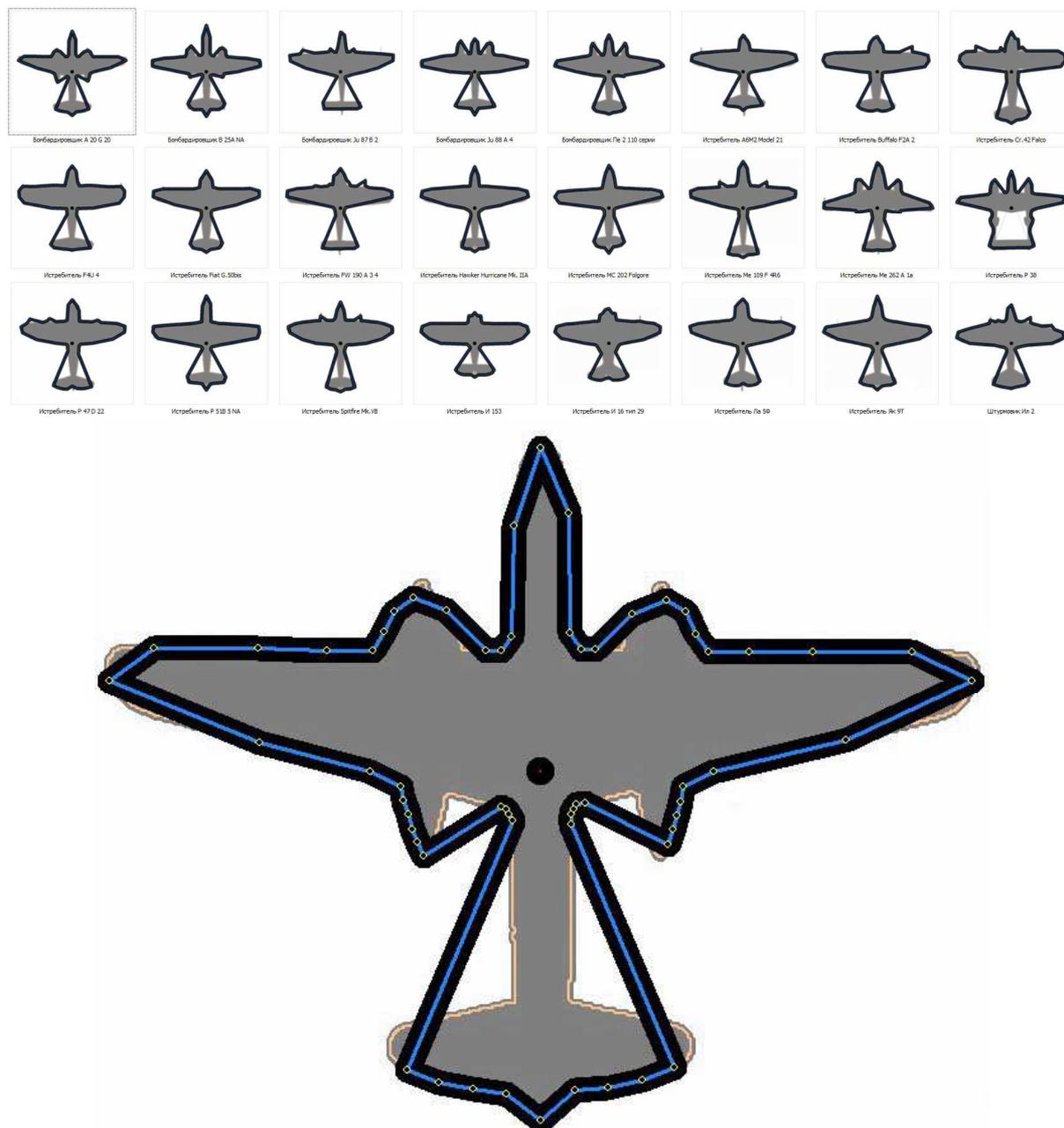


Рисунок 8. Контурные изображения самолетов, полученные по силуэтам обучающей выборки: с:\Aidos-X\AID\_DATA\Out\_data\. Первое изображение показано также в увеличенном виде

4. Затем режим 2.3.2.4 формирует Excel-таблицу с именем: ..\AID\_DATA\Inp\_data\inp\_data.xlsx, в которой содержатся результаты оцифровки изображений. Кроме того, он формирует таблицу:

..\AID\_DATA\Inp\_data\inp\_data\_avr.xlsx с усредненными данными по классам. Пояснение по структуре этой таблицы дано в Help режима 2.3.2.4 (рисунок 3). Структура этой таблицы полностью соответствует требованиям универсального программного интерфейса системы «Эйдос» с внешними базами данных (режим 2.3.2.2 рисунок 1), которые приведены в Help этого режима и представлены на рисунке 9:



Рисунок 9. Help универсального программного интерфейса системы «Эйдос» с внешними базами данных (режим 2.3.2.2)

В таблице 1 приведен фрагмент сформированного режимом 2.3.2.4 файла ..\AID\_DATA\Inp\_data\inp\_data.xlsx с результатами оцифровки изображений после небольшой модификации:

Таблица 1 – Файл с:\Aidos-X\AID\_DATA\Inp\_data\inp\_data.xlsx с результатами оцифровки изображений (фрагмент)<sup>3</sup>

Объект обучающей выборки	Тип самолета	Модель самолета	X центра тяжести	Y центра тяжести	Площадь (пикс.)	Среднее	Ср. кв. откл.	000°	006°	012°	018°	024°	030°	036°	042°
Силуэт Бомбардировщик A 20 G 20.jpg	Бомбардировщик	Бомбардировщик A 20 G 20	175,77	136,94	23133	81,55	41,51	67,73	56,06	56,04	56,05	56,64	57,60	21,32	18,95
Силуэт Бомбардировщик B 25A NA.jpg	Бомбардировщик	Бомбардировщик B 25A NA	174,36	150,28	24240	83,29	44,57	96,64	55,54	54,41	53,80	24,84	20,38	18,44	16,87
Силуэт Бомбардировщик Ju 87 B 2.jpg	Бомбардировщик	Бомбардировщик Ju 87 B 2	171,99	134,92	24922	86,48	45,63	77,51	53,30	40,92	34,34	30,70	27,40	24,76	23,07
Силуэт Бомбардировщик Ju 88 A 4.jpg	Бомбардировщик	Бомбардировщик Ju 88 A 4	174,63	114,33	22563	79,42	47,49	73,38	29,55	15,32	13,69	14,50	14,30	14,70	16,65
Силуэт Бомбардировщик Пе 2 110 серии.jpg	Бомбардировщик	Бомбардировщик Пе 2 110 серии	173,95	131,12	24149	81,97	43,40	111,05	70,44	50,73	49,50	29,75	26,66	22,47	22,23
Силуэт Истребитель A6M2 Model 21.jpg	Истребитель	Истребитель A6M2 Model 21	169,45	136,65	25693	80,71	48,92	32,05	22,73	21,12	20,08	19,89	19,95	21,66	22,95
Силуэт Истребитель Buffalo F2A 2.jpg	Истребитель	Истребитель Buffalo F2A 2	181,11	128,09	28037	86,08	50,56	47,89	22,58	17,83	17,42	18,20	19,15	20,86	22,16
Силуэт Истребитель Cr.42 Falco.jpg	Истребитель	Истребитель Cr	171,22	138,57	29198	87,97	56,90	22,28	22,41	22,93	23,49	24,60	26,02	27,68	28,82
Силуэт Истребитель F4U 4.jpg	Истребитель	Истребитель F4U 4	172,62	148,08	30382	90,03	54,72	66,38	16,00	16,36	16,95	17,74	18,03	18,46	20,37
Силуэт Истребитель Fiat G.50bis.jpg	Истребитель	Истребитель Fiat G	173,58	131,29	25360	81,73	49,56	48,42	32,13	25,57	21,66	20,17	20,03	19,76	21,68
Силуэт Истребитель FW 190 A 3 4.jpg	Истребитель	Истребитель FW 190 A 3 4	175,62	144,53	26259	80,75	54,90	14,89	15,09	14,31	14,28	14,42	14,89	15,20	16,52
Силуэт Истребитель Hawker Hurricane Mk. IIA.jpg	Истребитель	Истребитель Hawker Hurricane Mk	173,83	141,62	25156	77,28	50,66	33,68	27,33	23,30	22,26	20,47	19,64	19,27	19,15
Силуэт Истребитель MC 202 Folgore.jpg	Истребитель	Истребитель MC 202 Folgore	175,27	142,97	25098	79,15	51,86	22,23	19,34	17,70	17,62	18,11	19,08	20,20	22,12
Силуэт Истребитель Me 109 F 4R6.jpg	Истребитель	Истребитель Me 109 F 4R6	176,08	159,39	25930	80,49	55,28	30,92	20,03	15,84	15,47	15,86	16,79	17,90	19,83
Силуэт Истребитель Me 262 A 1a.jpg	Истребитель	Истребитель Me 262 A 1a	171,52	154,17	27179	88,59	45,20	174,98	74,39	73,11	28,39	28,55	29,05	31,28	32,43
Силуэт Истребитель P 38.jpg	Истребитель	Истребитель P 38	174,84	123,51	23098	95,77	30,89	80,16	63,54	61,16	62,76	64,36	76,10	78,82	81,50
Силуэт Истребитель P 47 D 22.jpg	Истребитель	Истребитель P 47 D 22	171,32	150,68	28888	88,08	52,89	62,18	26,83	23,78	23,36	24,46	24,50	26,74	28,67
Силуэт Истребитель P 51B 5 NA.jpg	Истребитель	Истребитель P 51B 5 NA	178,66	164,94	25964	85,64	48,54	69,84	43,58	33,59	27,70	23,39	20,31	19,91	20,45
Силуэт Истребитель Spitfire Mk.VB.jpg	Истребитель	Истребитель Spitfire Mk	171,17	145,30	25895	81,75	50,58	77,83	38,06	22,44	19,82	19,39	18,99	19,28	19,82
Силуэт Истребитель И 153.jpg	Истребитель	Истребитель И 153	174,79	112,07	25566	83,71	45,44	111,21	26,87	22,26	20,89	20,06	19,44	19,72	20,26
Силуэт Истребитель И 16 тип 29.jpg	Истребитель	Истребитель И 16 тип 29	179,33	121,08	30291	91,52	43,69	46,67	35,39	32,91	31,76	31,66	31,49	31,49	32,63
Силуэт Истребитель Ла 5Ф.jpg	Истребитель	Истребитель Ла 5Ф	178,75	161,92	31150	89,59	53,54	48,75	33,44	25,86	20,34	17,93	16,63	16,25	16,15
Силуэт Истребитель Як 9Т.jpg	Истребитель	Истребитель Як 9Т	174,85	157,61	28405	87,59	49,80	66,66	46,41	33,48	28,57	24,93	23,40	22,86	23,39
Силуэт Штурмовик Ил 2.jpg	Штурмовик	Штурмовик Ил 2	177,71	132,79	28901	88,75	48,48	128,79	54,59	38,67	31,49	27,87	24,80	22,86	21,22

В таблице 1 классификационные шкалы выделены светло-желтым цветом, а описательные – светло-зеленым. Модификация заключалась в том, что внесено наименование столбца: «Модель самолета» и добавлен столбец: «Тип самолета» и в него внесена соответствующая информация из столбца «Модель самолета».

Итак, в результате работы режима 2.3.2.4 создается Excel-файл обучающей выборки (таблица 1), в строках которого содержатся следующие количественные данные об изображениях, представляющие собой их математическую модель (при заданных параметрах оцифровки):

**Колонки с 1-й по 7:**

1. Объект обучающей выборки
2. Тип самолета
3. Модель самолета
4. X центра тяжести
5. Y центра тяжести
6. Площадь (пикс.)
7. Среднее
8. Ср. кв. откл.

<sup>3</sup> В полной таблице колонки описательных шкал по градусам идут до 360°.

**Колонки с 9-й по 68:** содержат длины радиус-вектора от центра тяжести силуэта самолета до его контура при заданном угле поворота радиус-вектора:

9. 000°	19. 060°	29. 120°	39. 180°	49. 240°	59. 300°
10. 006°	20. 066°	30. 126°	40. 186°	50. 246°	60. 306°
11. 012°	21. 072°	31. 132°	41. 192°	51. 252°	61. 312°
12. 018°	22. 078°	32. 138°	42. 198°	52. 258°	62. 318°
13. 024°	23. 084°	33. 144°	43. 204°	53. 264°	63. 324°
14. 030°	24. 090°	34. 150°	44. 210°	54. 270°	64. 330°
15. 036°	25. 096°	35. 156°	45. 216°	55. 276°	65. 336°
16. 042°	26. 102°	36. 162°	46. 222°	56. 282°	66. 342°
17. 048°	27. 108°	37. 168°	47. 228°	57. 288°	67. 348°
18. 054°	28. 114°	38. 174°	48. 234°	58. 294°	68. 354°

В этом и состоит решение задачи 1.

Сам этот программный интерфейс вызывается из главного меню системы «Эйдос» (режим 2.3.2.2), либо из режима: 4.7. АСК-анализ изображений. Главная экранная форма режима 2.3.2.2 приведена на рисунке 10, причем на ней показаны нужные параметры, которые формируются режимом 2.3.2.4 как параметры по умолчанию и немного модифицированы, т.к. нами был добавлена еще одна классификационная шкала и соответствующий столбец.

После запуска процесса ввода данных из файла: ..\AID\_DATA\Inp\_data\inp\_data.xlsx в базы данных системы «Эйдос» определяется количество заданных текстовых и числовых классификационных и описательных шкал и градаций [17] и выводится окно внутреннего калькулятора данного режима, в котором мы можем задать число интервальных значений в числовых шкалах (рисунок 11).

После клика по кнопке «Выйти на создание модели» начинается процесс импорта данных оцифровки изображений из файла ..\AID\_DATA\Inp\_data\inp\_data.xlsx в базы данных системы «Эйдос». При этом по сути происходит нормализация базы исходных данных, т.е. создаются справочники классификационных и описательных шкал и градаций и исходные данные кодируются с их использованием, в результате чего формируется обучающая выборка и база событий (эвентологическая база данных) (рисунок 12):

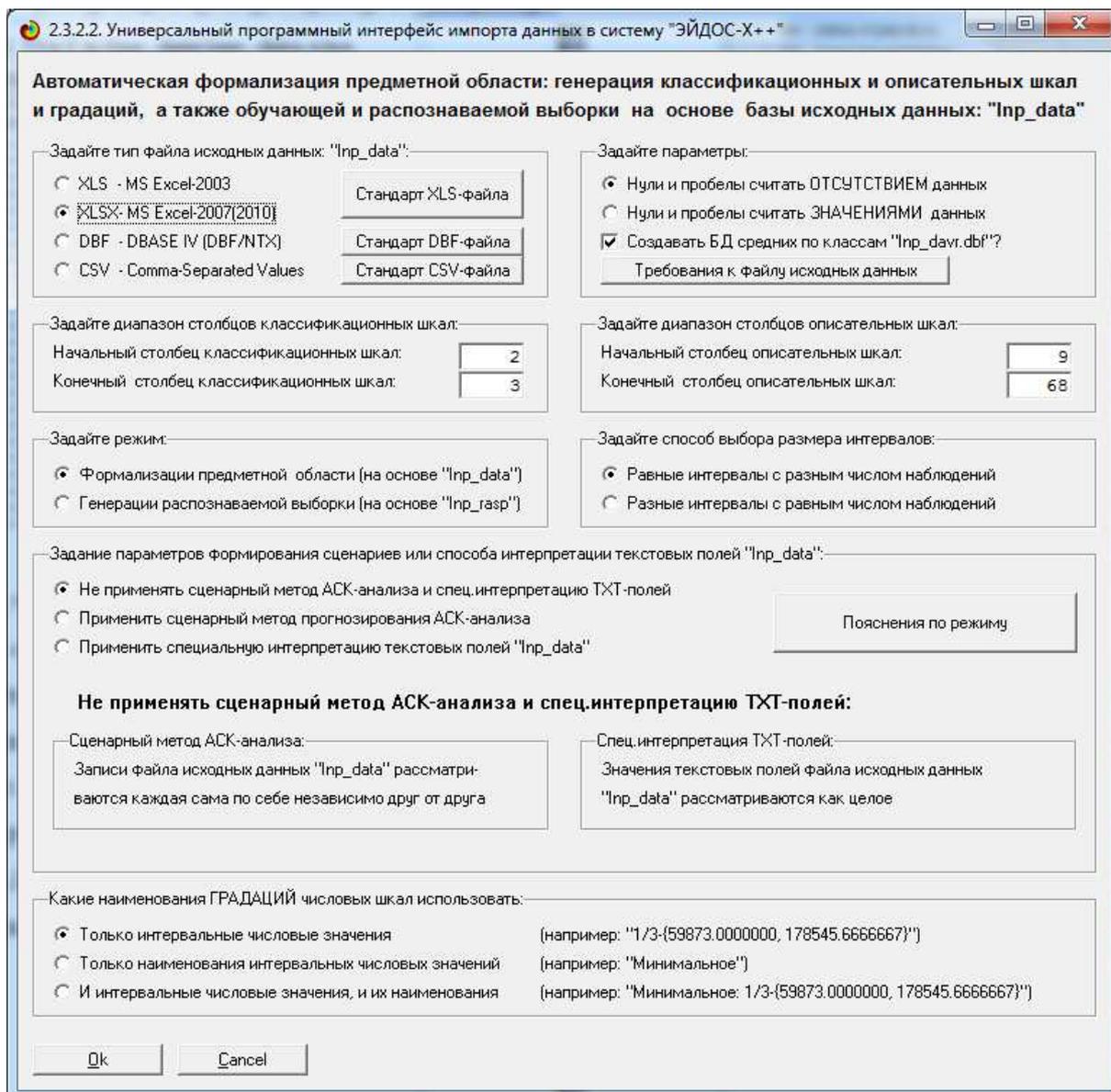


Рисунок 10. Главная экранная форма универсального программного интерфейса системы «Эйдос» с внешними базами данных (режим 2.3.2.2)

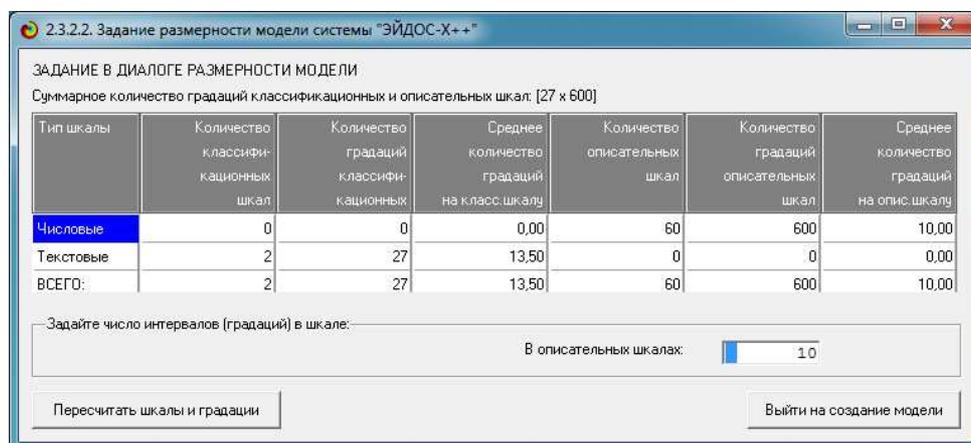


Рисунок 11. Экранная форма внутреннего калькулятора универсального программного интерфейса системы «Эйдос» с внешними базами данных

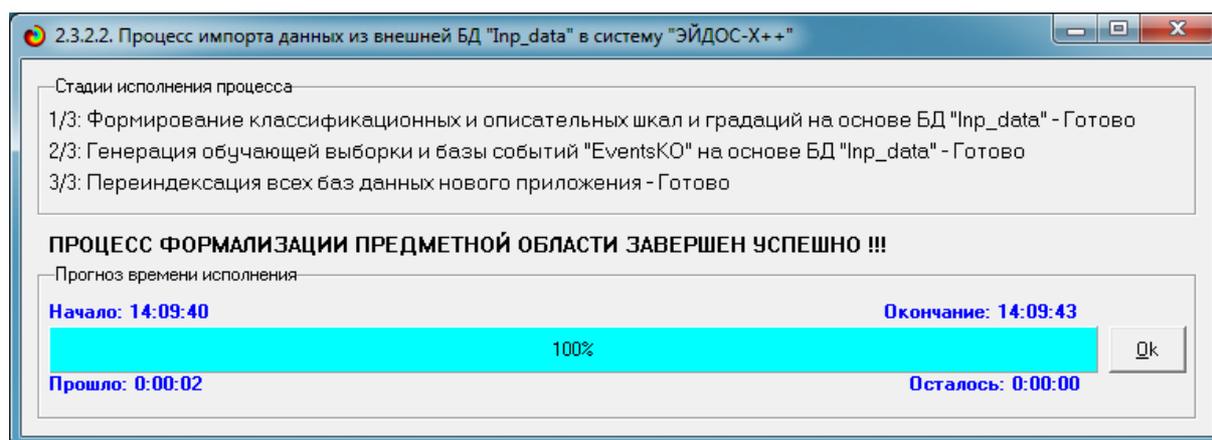


Рисунок 12. Экранная форма, отображающая этапы импорта данных из внешней базы данных в систему «Эйдос»

Здесь можно обратить внимание на то, что процесс импорта данных из внешней базы данных занял 2 секунды.

Сами справочники классификационных и описательных шкал и градаций, обучающая выборка и эвентологическая база данных могут быть просмотрены в режимах 2.1, 2.2, 2.3.1, 2.4 системы «Эйдос». В результате работы программного интерфейса с внешними базами данных 2.3.2.2 также формируется таблица `..\AID_DATA\Inp_data\inp_davg.xls` с усредненными данными по классам.

**Задача 2: формирование математических моделей конкретных самолетов с применением теории информации и Задача 3: формирование моделей обобщенных образов самолетов различных типов и моделей и их наглядная визуализация.**

Обе эти задачи решаются путем запуска режима 3.5, обеспечивающий синтез и верификацию (оценку достоверности) моделей (рисунок 13). Запускаем этот режим с параметрами по умолчанию, приведенными на рисунке 13.

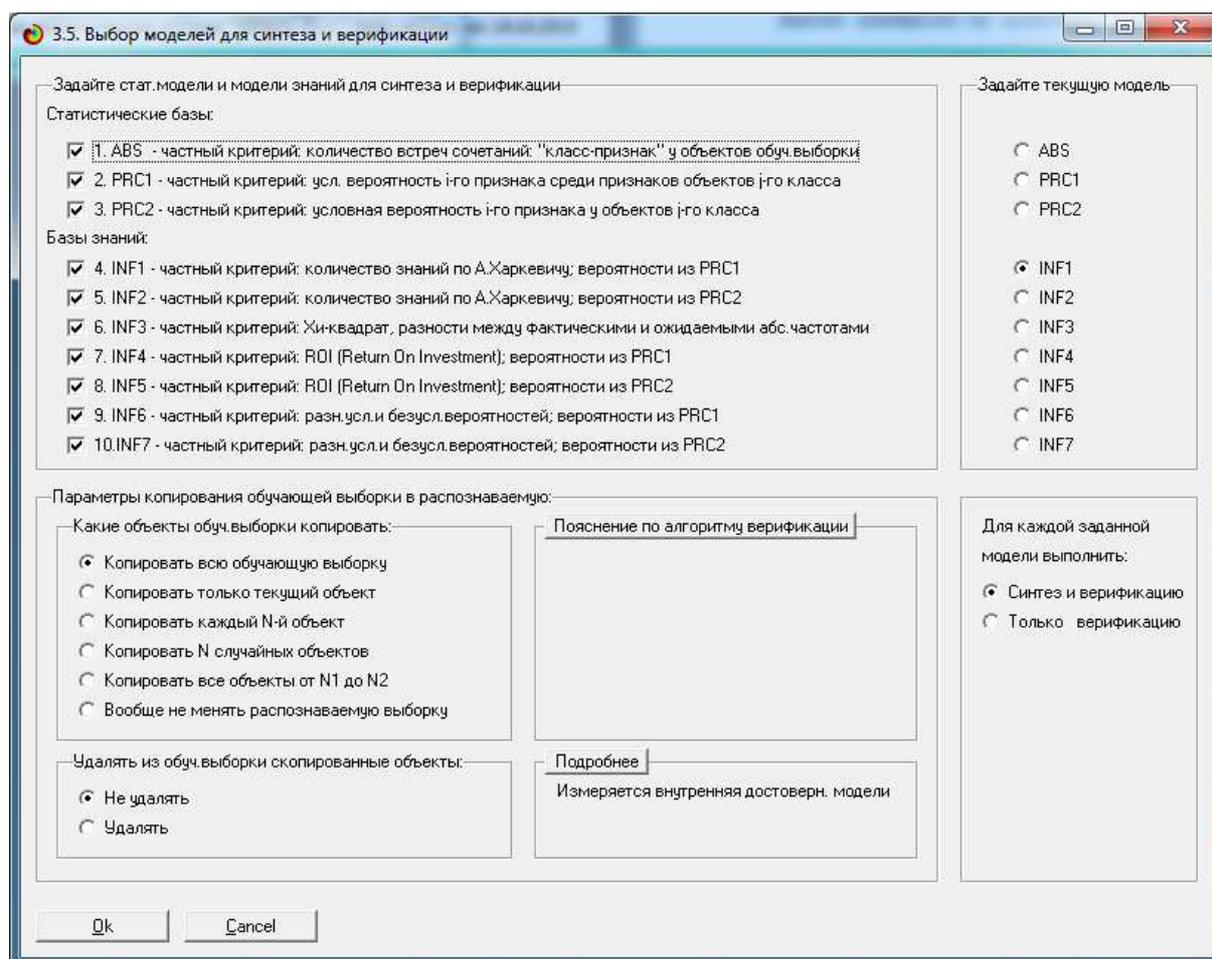
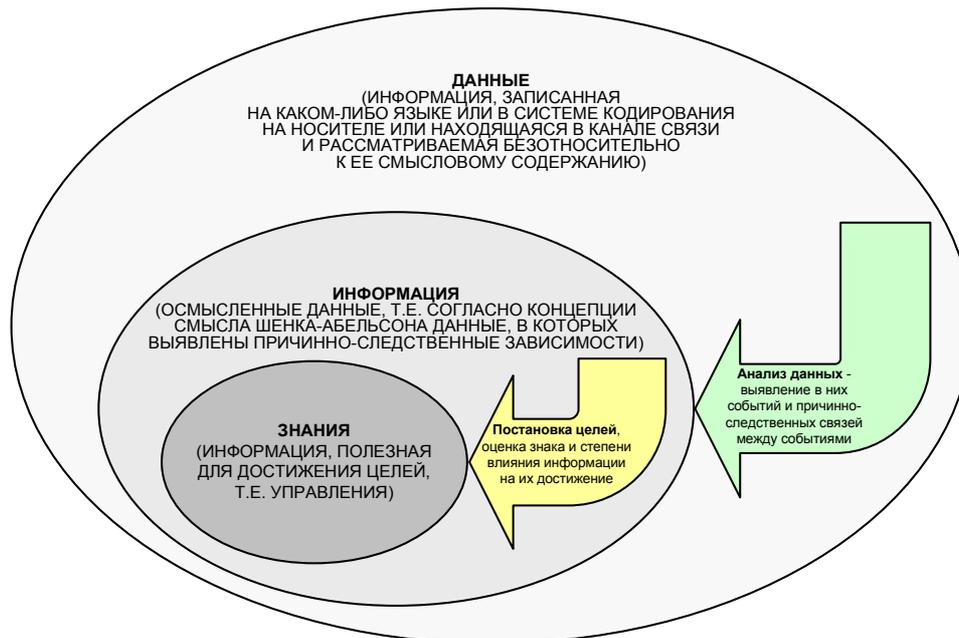


Рисунок 13. Экранная форма режима синтеза и верификации статистических и системно-когнитивных моделей системы «Эйдос» (режима 3.5)

При очень большом количестве объектов обучающей выборки для оценки достоверности моделей может быть использован бутстрэпный метод [18], параметры работы которого могут быть заданы в окне: «Параметры копирования обучающей выборки в распознаваемую». В результате работы данного режима создаются и верифицируются 3 статистических модели (корреляционная матрица, матрицы условных и безусловных процентных распределений) и 7 системно-когнитивных моделей (моделей знаний) (рисунки 14 и 15). Подробнее преобразование исходных данных в информацию, а ее в знания, и использование этих знаний для решения задач идентификации, принятия решений и исследования моделируемой предметной области путем исследования ее модели описано в ряде работ по АСК-анализу, например в [18], а также в режиме 6.4 системы «Эйдос».

О соотношении содержания понятий: «Данные», «Информация» и «Знания»



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

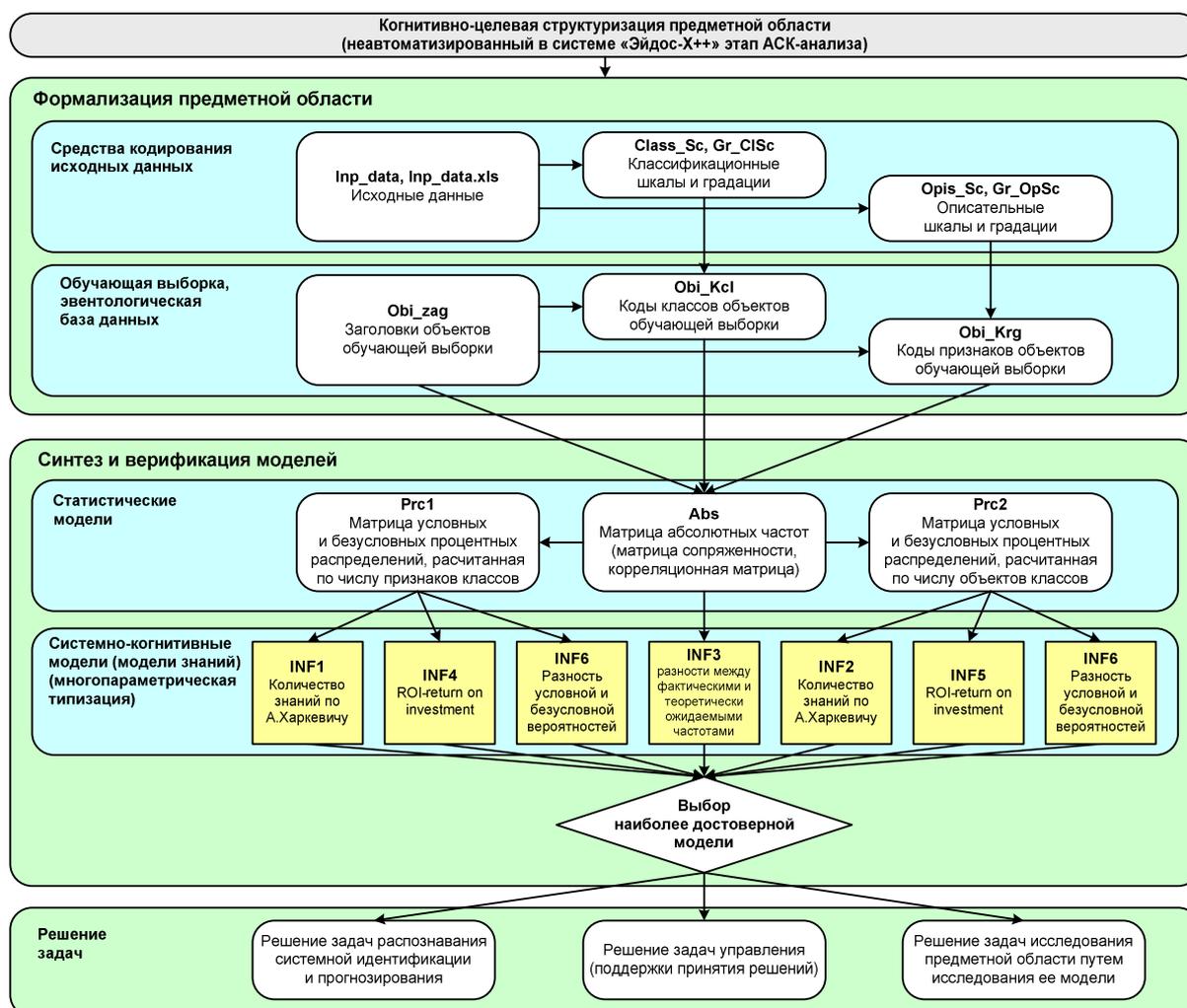


Рисунок 14. Этапы последовательного повышения степени формализации модели от данных к информации, а от нее к знаниям

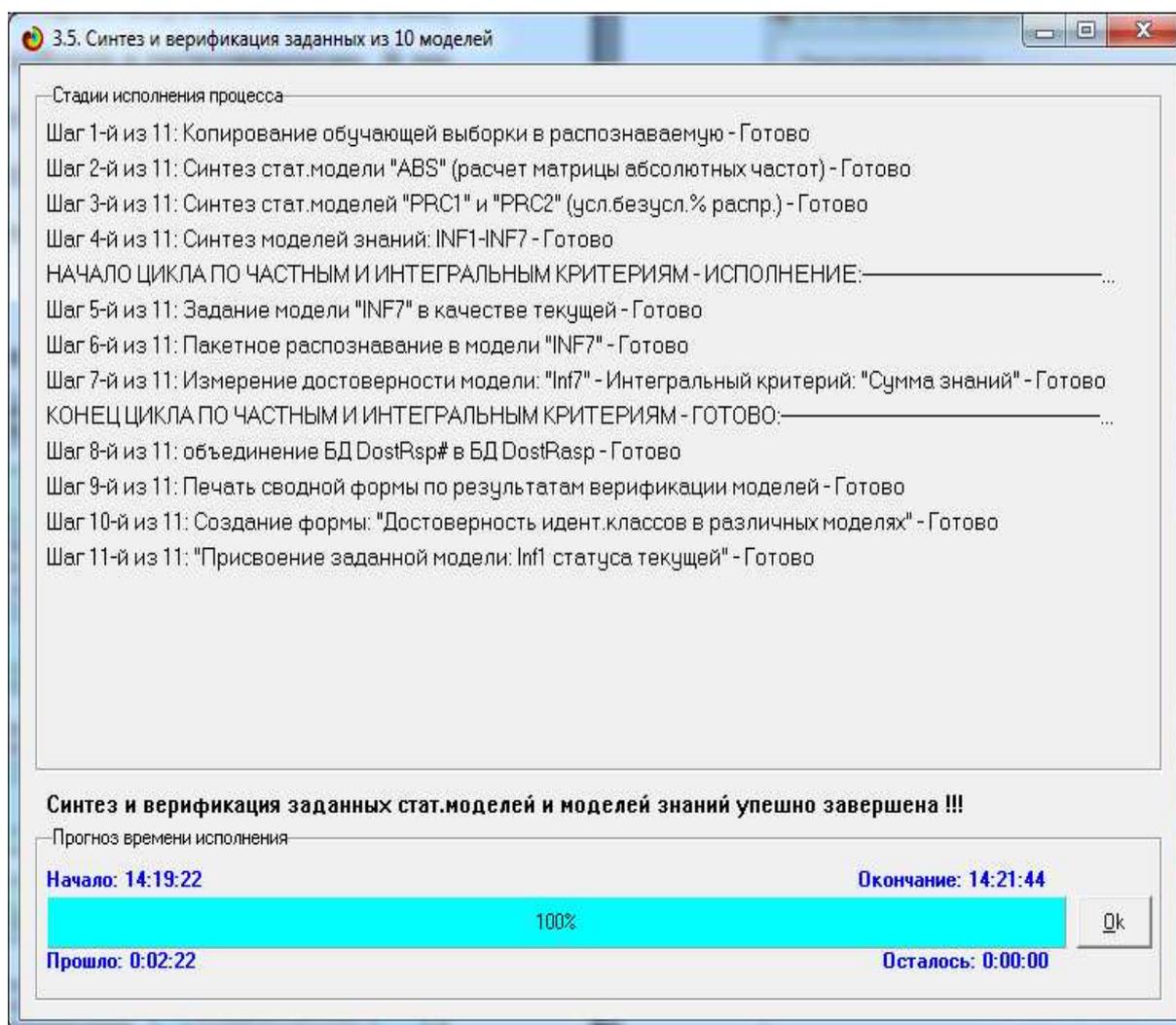


Рисунок 15. Экранная форма отображения стадии исполнения режима синтеза и верификации моделей

Из рисунка 15 видно, что процесс синтеза и верификации моделей занял 2 минуты 22 секунды.

В результате выполнения режима 3.5. «Синтез и верификация моделей», создано 3 статистических модели и 7 системно-когнитивных моделей исследуемой предметной области. Наименования этих моделей приведены на рисунке 18, а подробнее они описаны в работе [17] и других работах, посвященных АСК-анализу<sup>4</sup> и здесь их описывать нецелесообразно.

В таблице 2 приведен фрагмент базы знаний модели INF1:

<sup>4</sup> Ссылки на многие из них есть на сайте: <http://lc.kubagro.ru/>

Таблица 2 – Системно-когнитивная модель типов и моделей и самолетов INF1 (миллибиты) (фрагмент)

Код	Наименование шкалы и градации	Бомбардировщик	Истребитель	Штурмовик	Бомбардировщик А 20 G 20	Истребитель Buffalo F2A 2
1	000°1/10-{14.8908710, 30.8999315}		172			
2	000°2/10-{30.8999315, 46.9089920}		172			
3	000°3/10-{46.9089920, 62.9180524}		172			1068
4	000°4/10-{62.9180524, 78.9271129}	429	-162		734	
5	000°5/10-{78.9271129, 94.9361734}		172			
6	000°6/10-{94.9361734, 110.9452339}	935				
7	000°7/10-{110.9452339, 126.9542944}	521	-242			
8	000°8/10-{126.9542944, 142.9633548}			1896		
9	000°9/10-{142.9633548, 158.9724153}					
10	000°10/10-{158.9724153, 174.9814758}		172			
11	006°1/10-{15.0871391, 21.0177425}		172			
12	006°2/10-{21.0177425, 26.9483459}		172			935
13	006°3/10-{26.9483459, 32.8789493}	279	-70			
14	006°4/10-{32.8789493, 38.8095527}		172			
15	006°5/10-{38.8095527, 44.7401562}		172			
16	006°6/10-{44.7401562, 50.6707596}		172			
17	006°7/10-{50.6707596, 56.6013630}	763		1068	1068	
18	006°8/10-{56.6013630, 62.5319664}					
19	006°9/10-{62.5319664, 68.4625698}		172			
20	006°10/10-{68.4625698, 74.3931732}	521	-242			
21	012°1/10-{14.3107233, 20.1902360}	-135	63			826
22	012°2/10-{20.1902360, 26.0697487}		172			
23	012°3/10-{26.0697487, 31.9492614}					
24	012°4/10-{31.9492614, 37.8287741}		172			
25	012°5/10-{37.8287741, 43.7082868}	521		1482		
26	012°6/10-{43.7082868, 49.5877994}					
27	012°7/10-{49.5877994, 55.4673121}	935				
28	012°8/10-{55.4673121, 61.3468248}	521	-242		1482	
29	012°9/10-{61.3468248, 67.2263375}					
30	012°10/10-{67.2263375, 73.1058502}					
31	018°1/10-{13.6948805, 18.6011268}	-135	63			826
32	018°2/10-{18.6011268, 23.5073731}		172			
33	018°3/10-{23.5073731, 28.4136193}		172			
34	018°4/10-{28.4136193, 33.3198656}		-70	1240		
35	018°5/10-{33.3198656, 38.2261119}	935				
36	018°6/10-{38.2261119, 43.1323582}					
37	018°7/10-{43.1323582, 48.0386045}					
38	018°8/10-{48.0386045, 52.9448507}	935				
39	018°9/10-{52.9448507, 57.8510970}	935			1482	
40	018°10/10-{57.8510970, 62.7573433}		172			
41	024°1/10-{14.4171963, 19.4113020}	-307	93			654
42	024°2/10-{19.4113020, 24.4054077}		172			
43	024°3/10-{24.4054077, 29.3995135}	-135	-70	826		
44	024°4/10-{29.3995135, 34.3936192}	693	-484			
45	024°5/10-{34.3936192, 39.3877249}					
46	024°6/10-{39.3877249, 44.3818306}					
47	024°7/10-{44.3818306, 49.3759363}					
48	024°8/10-{49.3759363, 54.3700421}					
49	024°9/10-{54.3700421, 59.3641478}	935			1896	
50	024°10/10-{59.3641478, 64.3582535}		172			
51	030°1/10-{14.3007908, 20.4811228}	-227	80			320
52	030°2/10-{20.4811228, 26.6614548}	-26	-133	935		
53	030°3/10-{26.6614548, 32.8417868}	279	-70			
54	030°4/10-{32.8417868, 39.0221188}					
55	030°5/10-{39.0221188, 45.2024508}					
56	030°6/10-{45.2024508, 51.3827827}					
57	030°7/10-{51.3827827, 57.5631147}					
58	030°8/10-{57.5631147, 63.7434467}	935			1896	

Всего в этой базе знаний 600 записей, т.е. в таблице 2 приведено 9,7% ее объема.

**Колонки** приведенной базы знаний соответствуют классам, в данной работе это типы и модели самолетов.

**Строки** приведенной базы знаний представляют собой градации описательных шкал, в данной работе это интервальные значения расстояний от центра тяжести силуэта самолета до его контура в пикселях при различных углах поворота радиуса-вектора.

**Значения** на пересечениях строк и колонок в модели INF1 представляют собой количество информации по А.Харкевичу [17] в элементе контура о принадлежности конкретного самолета с данным элементом контура в силуэте к данному типу и модели самолета (классу). Это количество информации выражено в миллибитах, т.е. тысячных долях бита с целью экономии знакомест в таблице (т.к. все значения в ней начинаются с нуля и запятой). **Знак и модуль значения отражают степень характерности или не характерности соответствующего элемента контура для данного типа и модели самолета.** Положительные значения говорят о том, что данный элемент контура характерен для данного типа и модели самолета, а отрицательные – о том, что он не характерен. Степень характерности или не характерности выражается модулем значения. Пустые значения соответствуют случаю, когда данный элемент контура силуэта самолета никогда не встречался у самолетов данного типа и модели по данным обучающей выборки. Положительные значения получаются, если данный элемент контура встречается у данного типа и модели самолета с более высокой вероятностью, чем в среднем по выборке, а отрицательные – если реже, чем в среднем по выборке. Подробнее о способах расчета статистических и когнитивных моделей в АСК-анализе и системе «Эйдос» можно ознакомиться в работе [17] и других работах по этой проблематике.

**Модели конкретных самолетов с применением теории информации** представляют собой структуры данных, содержащие количество информации в элементах их контуров о том, что эти самолеты относятся к определенным типам и моделям. В соответствии с подходом, развиваемым в АСК-анализе и реализованным в системе «Эйдос», считается, что самолет относится к тому типу и модели, о принадлежности к которым в элементах его контура суммарно содержится больше всего информации, т.е. используется аддитивный **интегральный критерий** [17].

**Достоверность моделей** оценивается в этом же режиме 3.5 в соответствии с предложенной проф. Е.В. Луценко метрикой, сходной по смыслу с известным F-критерием, но не основанной на предположении о нормальности распределения, независимости и аддитивности факторов и линейности объекта моделирования (рисунки 16 и 17).

Наименование модели и частного критерия	Интегральный критерий	Вероятность правильной идентифика...	Вероятность правильной не идентиф...	Средняя вероятност...	Дата получения результата	Время получения результ...
ABS - частный критерий: количество встреч сочетаний: "клас...	Корреляция абс. частот с обр...	100.000	10.603	55.301	20.12.2015	14:20:51
1. ABS - частный критерий: количество встреч сочетаний: "клас...	Сумма абс. частот по признак...	100.000	0.362	50.181	20.12.2015	14:20:51
2. PRC1 - частный критерий: усл. вероятность i-го признака сред...	Корреляция усл.отн. частот с о...	100.000	10.603	55.301	20.12.2015	14:20:56
2. PRC1 - частный критерий: усл. вероятность i-го признака сред...	Сумма усл.отн. частот по приз...	100.000	0.362	50.181	20.12.2015	14:20:56
3. PRC2 - частный критерий: условная вероятность i-го признака...	Корреляция усл.отн. частот с о...	100.000	10.603	55.301	20.12.2015	14:21:03
3. PRC2 - частный критерий: условная вероятность i-го признака...	Сумма усл.отн. частот по приз...	100.000	0.362	50.181	20.12.2015	14:21:03
4. INF1 - частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу; в...	Семантический резонанс зна...	95.833	69.198	82.516	20.12.2015	14:21:09
4. INF1 - частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу; в...	Сумма знаний	95.833	40.604	68.218	20.12.2015	14:21:09
5. INF2 - частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу; в...	Семантический резонанс зна...	95.833	69.108	82.470	20.12.2015	14:21:15
5. INF2 - частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу; в...	Сумма знаний	95.833	40.604	68.218	20.12.2015	14:21:15
6. INF3 - частный критерий: Хи-квадрат, разности между фактич...	Семантический резонанс зна...	95.833	83.414	89.624	20.12.2015	14:21:20
6. INF3 - частный критерий: Хи-квадрат, разности между фактич...	Сумма знаний	95.833	83.414	89.624	20.12.2015	14:21:21
7. INF4 - частный критерий: ROI (Return On Investment); вероятно...	Семантический резонанс зна...	95.833	82.513	89.173	20.12.2015	14:21:26
7. INF4 - частный критерий: ROI (Return On Investment); вероятно...	Сумма знаний	100.000	38.411	69.205	20.12.2015	14:21:26
8. INF5 - частный критерий: ROI (Return On Investment); вероятно...	Семантический резонанс зна...	95.833	82.513	89.173	20.12.2015	14:21:32
8. INF5 - частный критерий: ROI (Return On Investment); вероятно...	Сумма знаний	100.000	38.411	69.205	20.12.2015	14:21:32
9. INF6 - частный критерий: разн. усл. и безуслов. вероятностей; вер...	Семантический резонанс зна...	95.833	60.126	77.980	20.12.2015	14:21:38
9. INF6 - частный критерий: разн. усл. и безуслов. вероятностей; вер...	Сумма знаний	95.833	38.959	67.396	20.12.2015	14:21:38
10. INF7 - частный критерий: разн. усл. и безуслов. вероятностей; ве...	Семантический резонанс зна...	95.833	60.126	77.980	20.12.2015	14:21:44
10. INF7 - частный критерий: разн. усл. и безуслов. вероятностей; ве...	Сумма знаний	95.833	38.959	67.396	20.12.2015	14:21:44

Рисунок 16. Оценка достоверности моделей с помощью непараметрической метрики, сходной с F-критерием

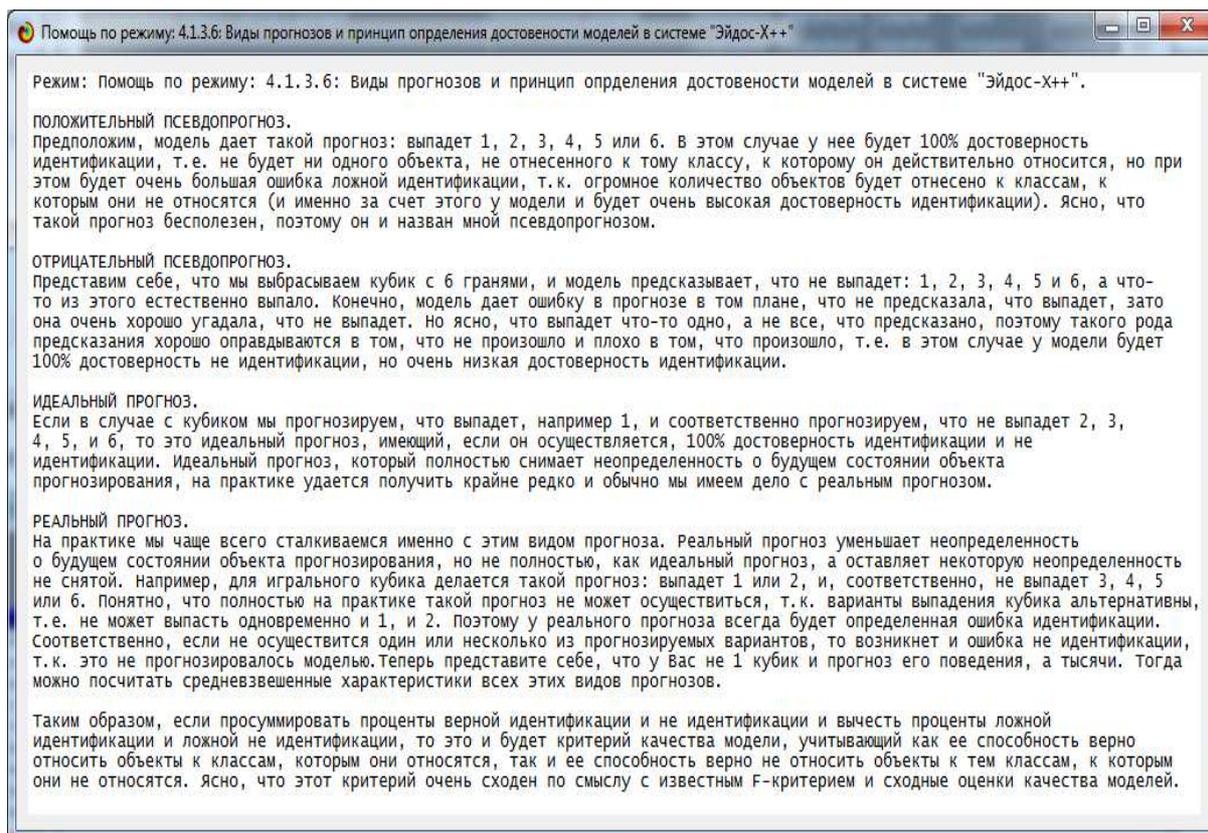


Рисунок 17. Help режима 4.1.3.6: пояснение смысла непараметрической метрики, сходной с F-критерием

Из рисунка 16 мы видим, что наиболее достоверная модель INF3, основанная на частном критерии хи-квадрат, дает среднюю достоверность определения типа и модели самолета по его силуэту около 90%, причем достоверность правильной идентификации составляет 96%, а правильной не идентификации – 83%.

Модели обобщенных образов типов и моделей самолетов содержатся в системно-когнитивных моделях INF1 – INF7, фрагмент одной из которых приведен в таблице 2. Такая модель представляет собой вектор, координатами которого являются *частные критерии*, в частности в моделях INF1 и INF2 – количество информации [17]. Синтез и верификация этих моделей осуществляется в режиме 3.5 и подробно описаны в данной работе выше.

Наименования этих моделей приведены на рисунке 18, а подробнее они описаны в работе [17] и других работах, посвященных АСК-анализу<sup>5</sup>.

В системе «Эйдос» реализован режим 4.7. «АСК-анализ изображений», в котором можно выполнить практически все операции по оцифровке и анализу изображений, описанные в данной работе (рисунок 18). Вместо описания возможностей данного режима приведем его Help (рисунок 19). Экранная форма режима задания параметров формируемых и отображаемых информационных портретов приведена на рисунке 20.

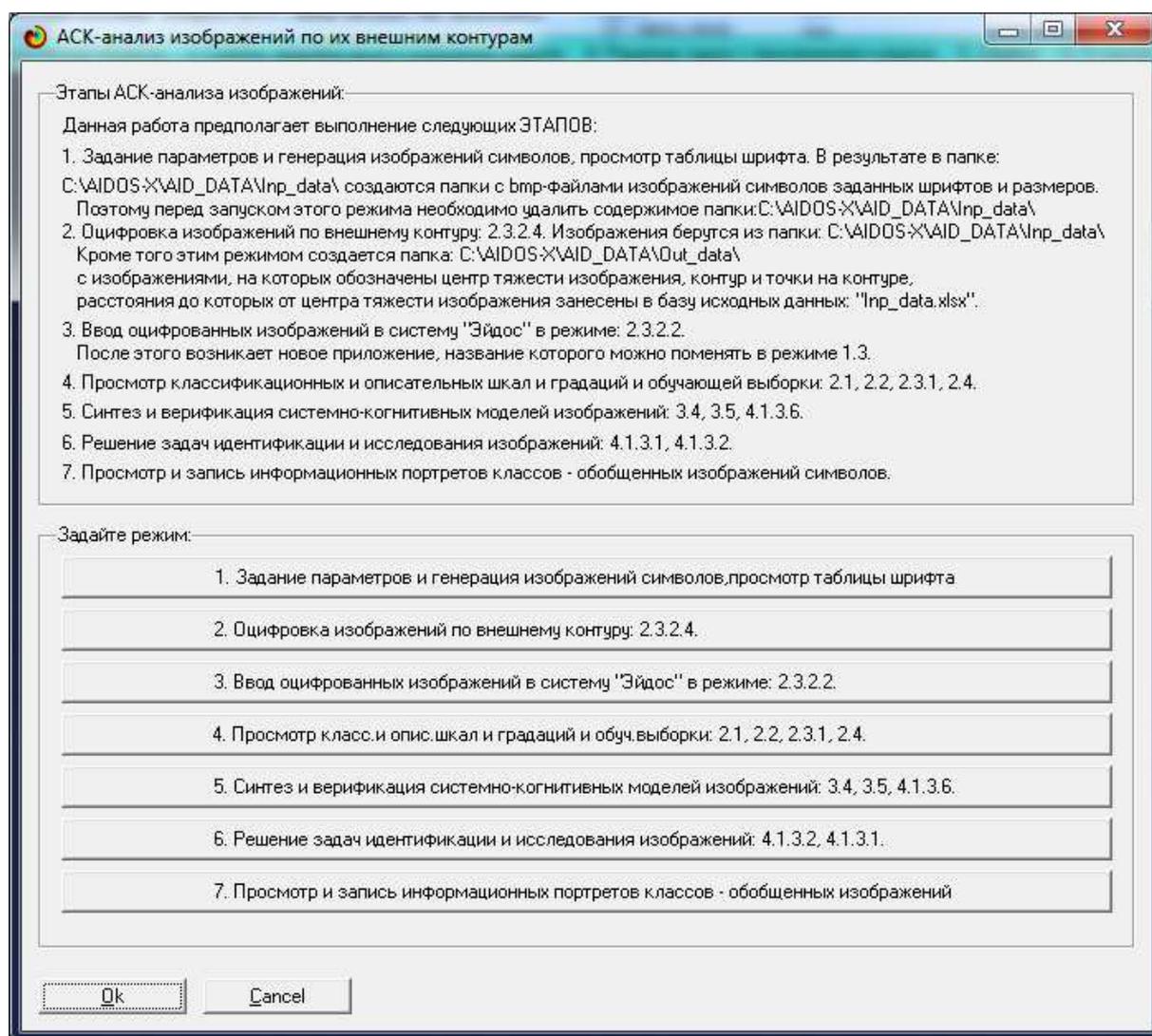


Рисунок 18. Экранная форма режима 4.7. АСК-анализ изображений

<sup>5</sup> Ссылки на многие из них есть на сайте: <http://lc.kubagro.ru/>

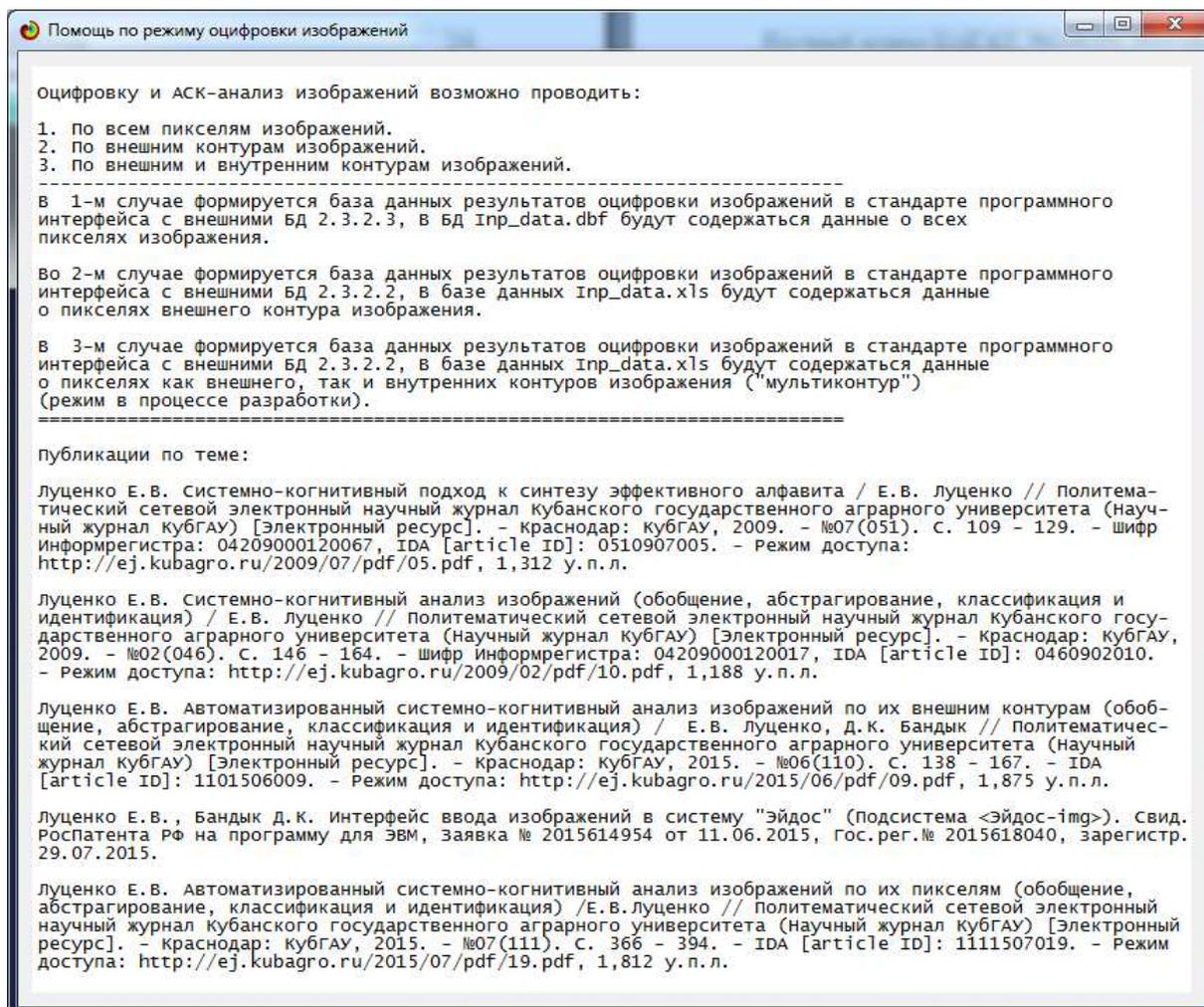


Рисунок 19. Help режима 4.7. АСК-анализ изображений

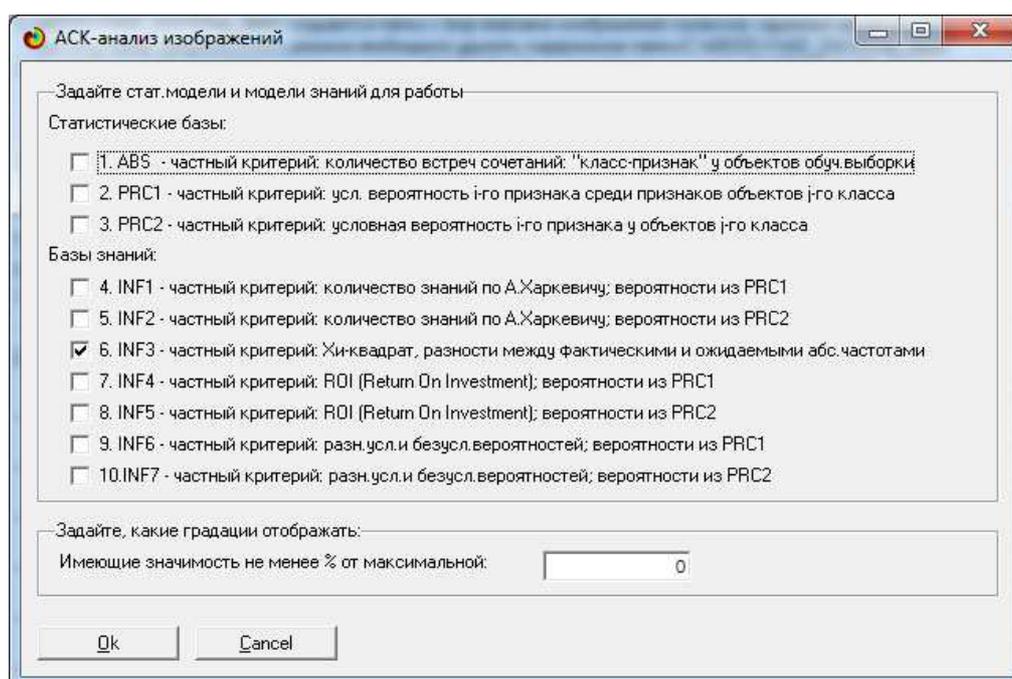


Рисунок 20. Экранная форма режима задания параметров формируемых и отображаемых информационных портретов обобщенных изображений

На рисунках 21 в наглядной графической форме приведена система описательных шкал и градаций, используемая для оцифровки оригинальных изображений силуэтов самолетов, причем цветом обозначена ценность градаций описательных шкал для решения задачи идентификации типа и модели самолета по элементам контура.

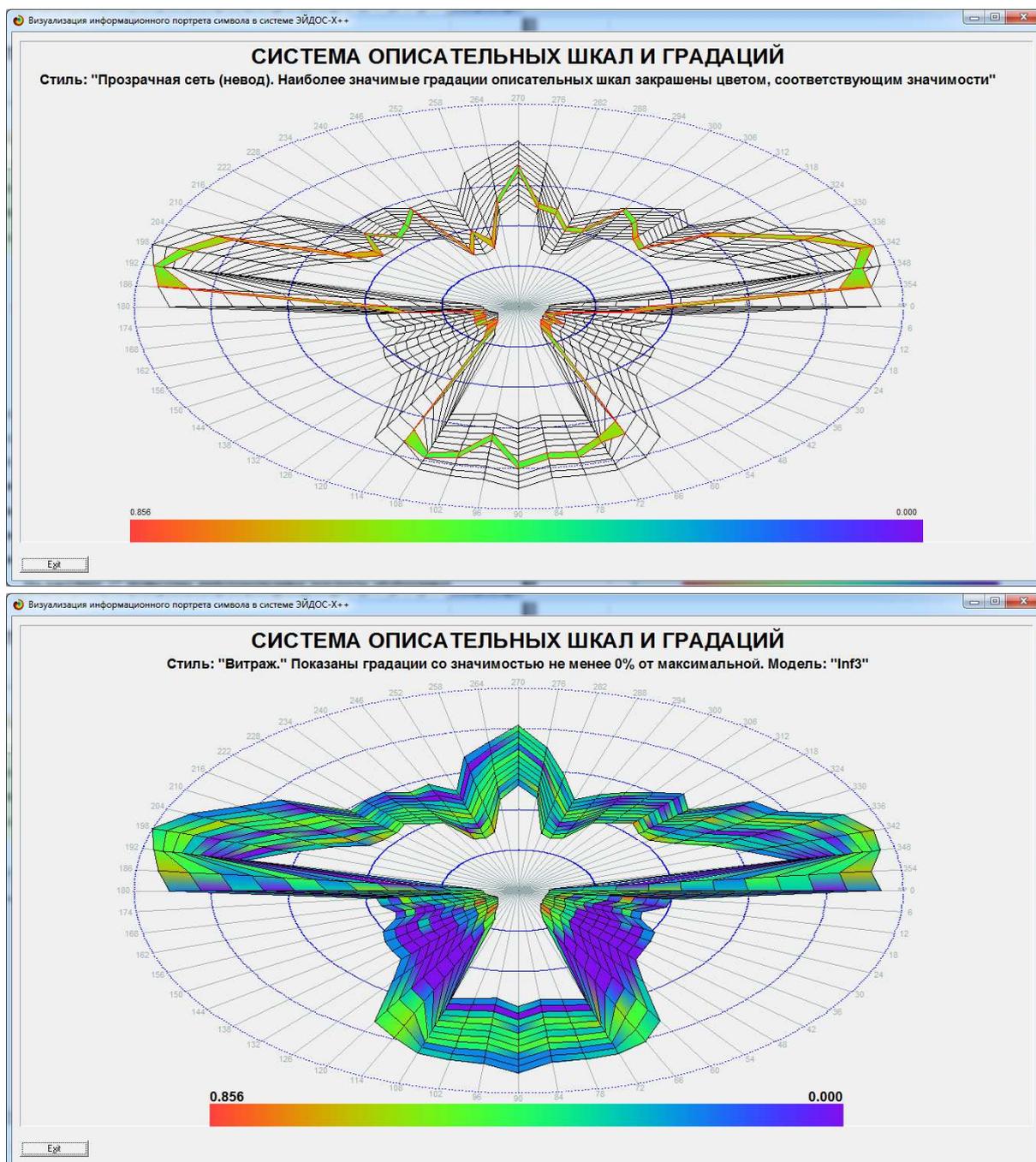
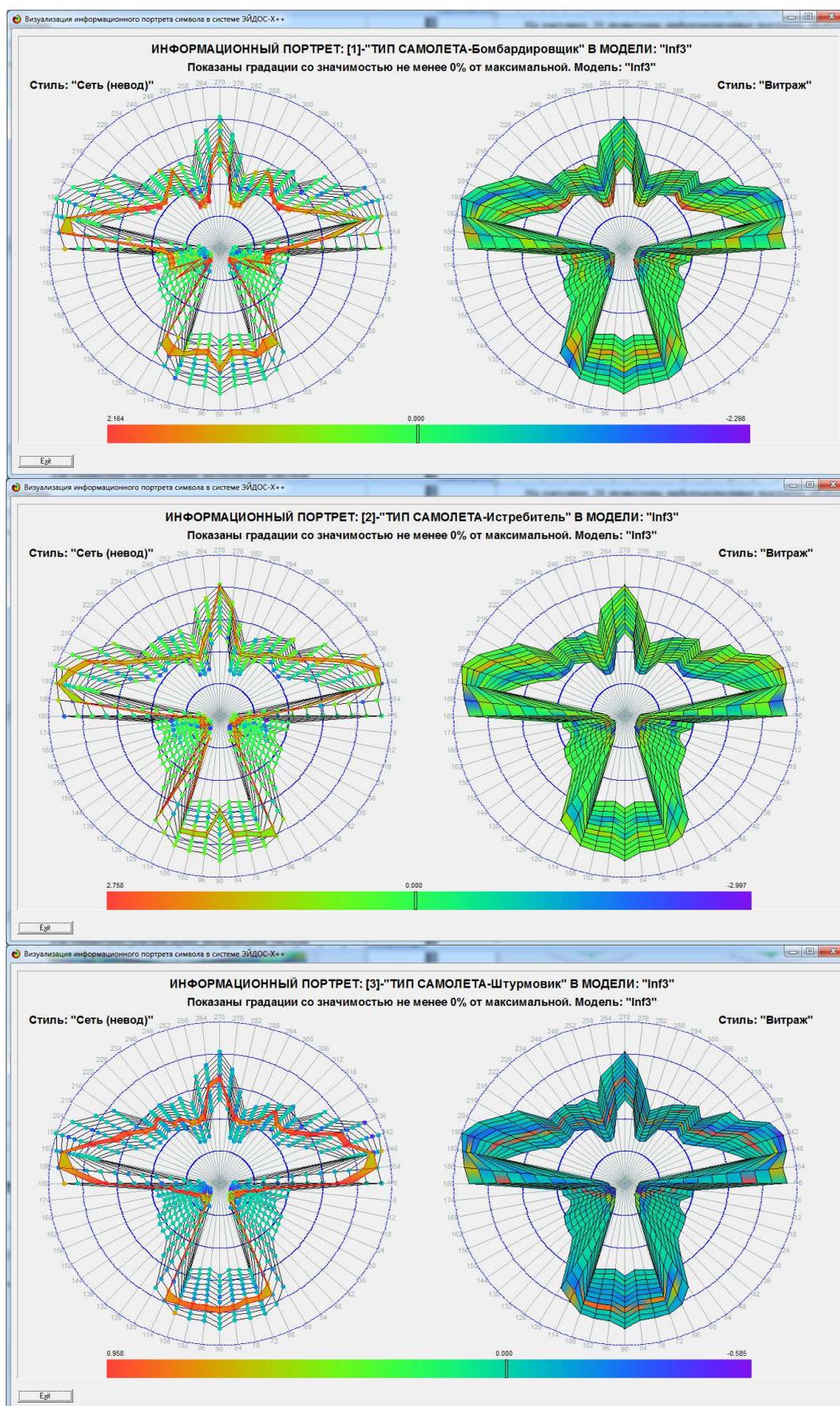


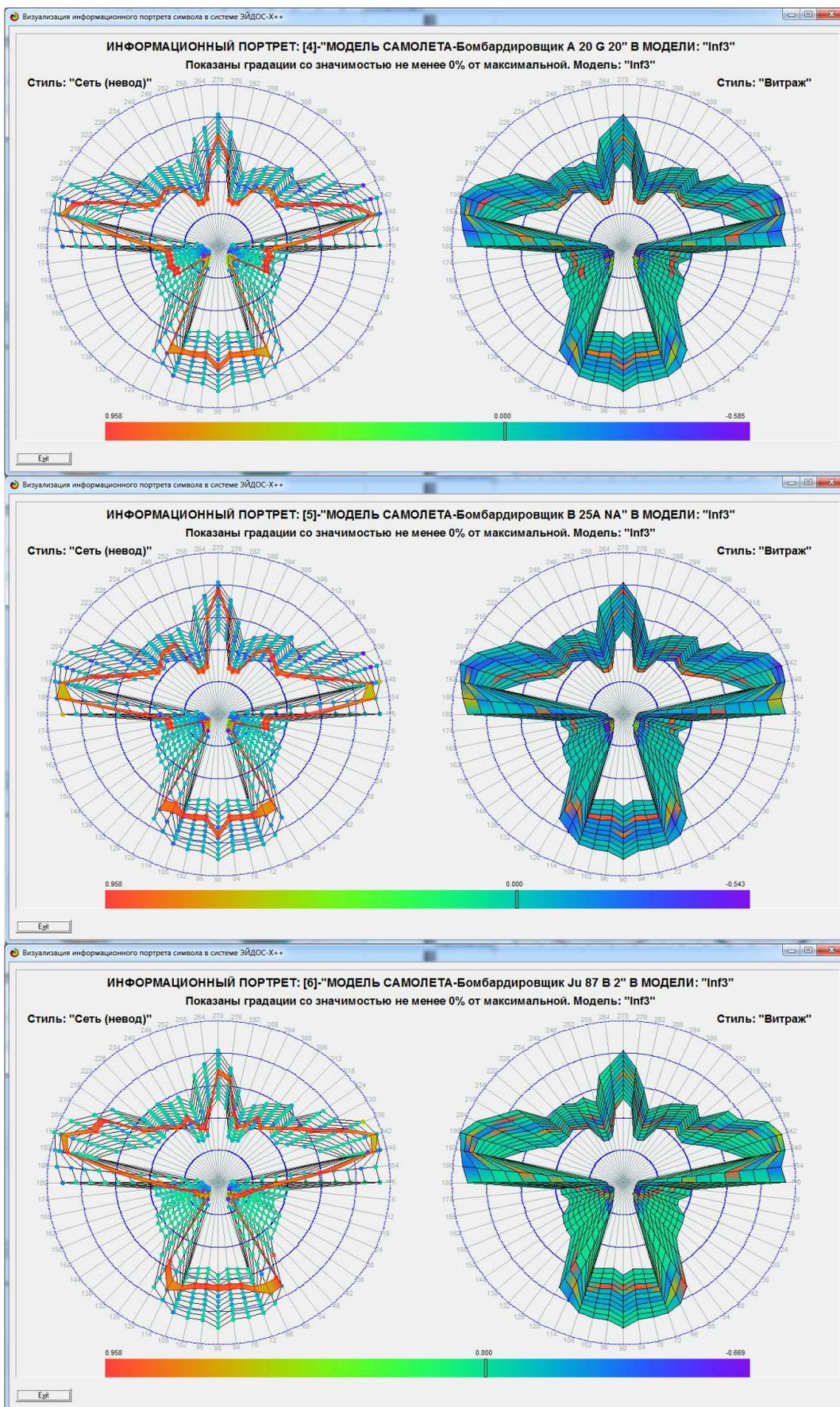
Рисунок 21. Система описательных шкал и градаций, используемая для оцифровки оригинальных изображений листьев

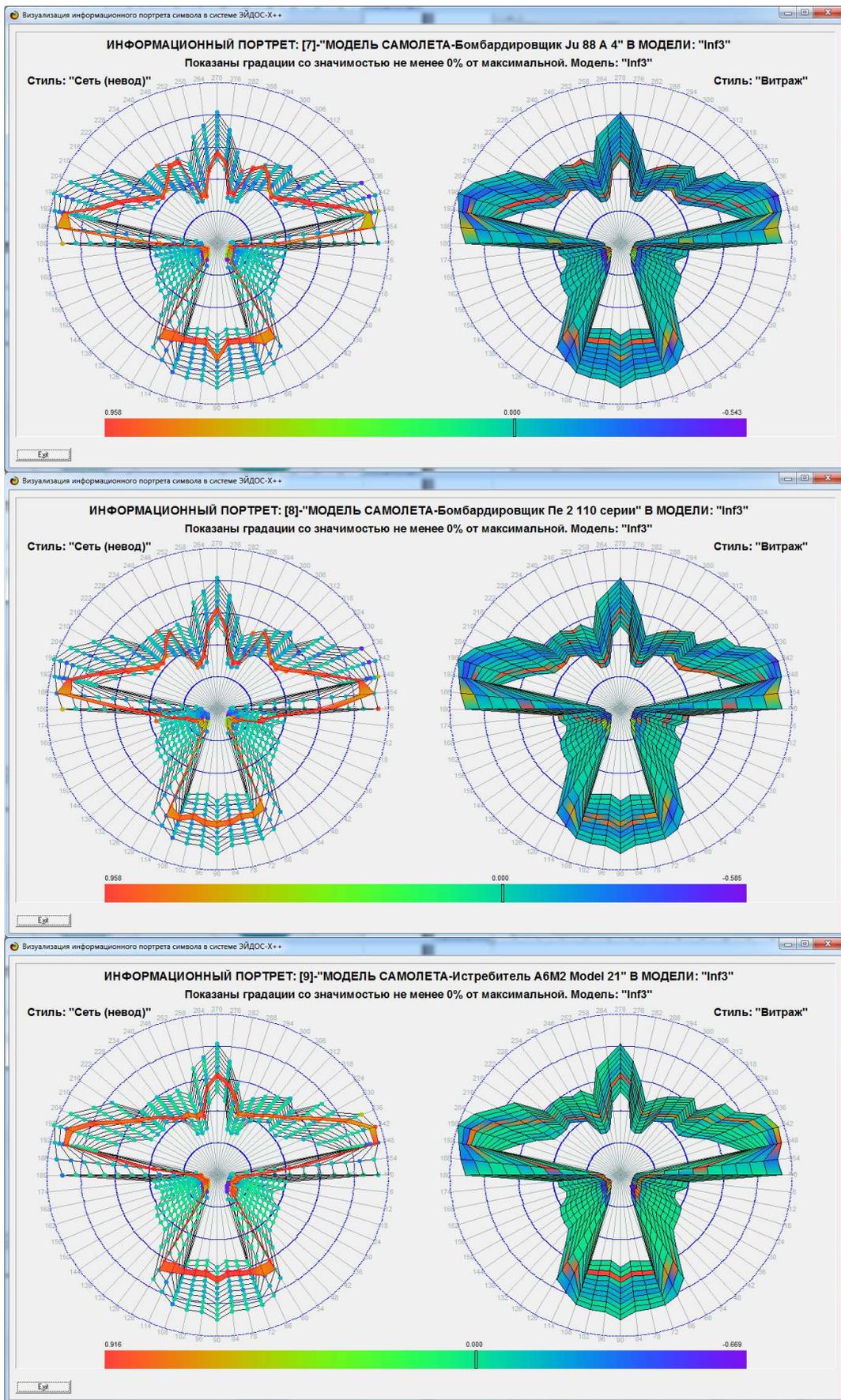
На верхнем рисунке 21 выделена область наиболее значимых элементов контура, на нижнем указаны они все. Для каждого угла поворота радиус-вектора диапазон от минимального до максимального его значений для конкретных самолетов обучающей выборки разделен на 10 интервальных значений – градаций (число интервальных значений задано в диалоге в режиме 2.3.2.2). Решение о количестве интервальных значений задается с учетом объема выборки таким образом, чтобы все они были достаточно широко представлены в ней (по крайней мере по 5 попаданий в каждое интервальное значение каждой шкалы) и не было вообще не представленных. Это значит, что при небольшом объеме выборки корректно выбирать небольшое количество интервальных значений и соответственно точность модели будет не очень высока, а при увеличении объема выборки есть возможность повысить точность модели. Это одно из следствий известной теоремы Котельникова об отсчетах.

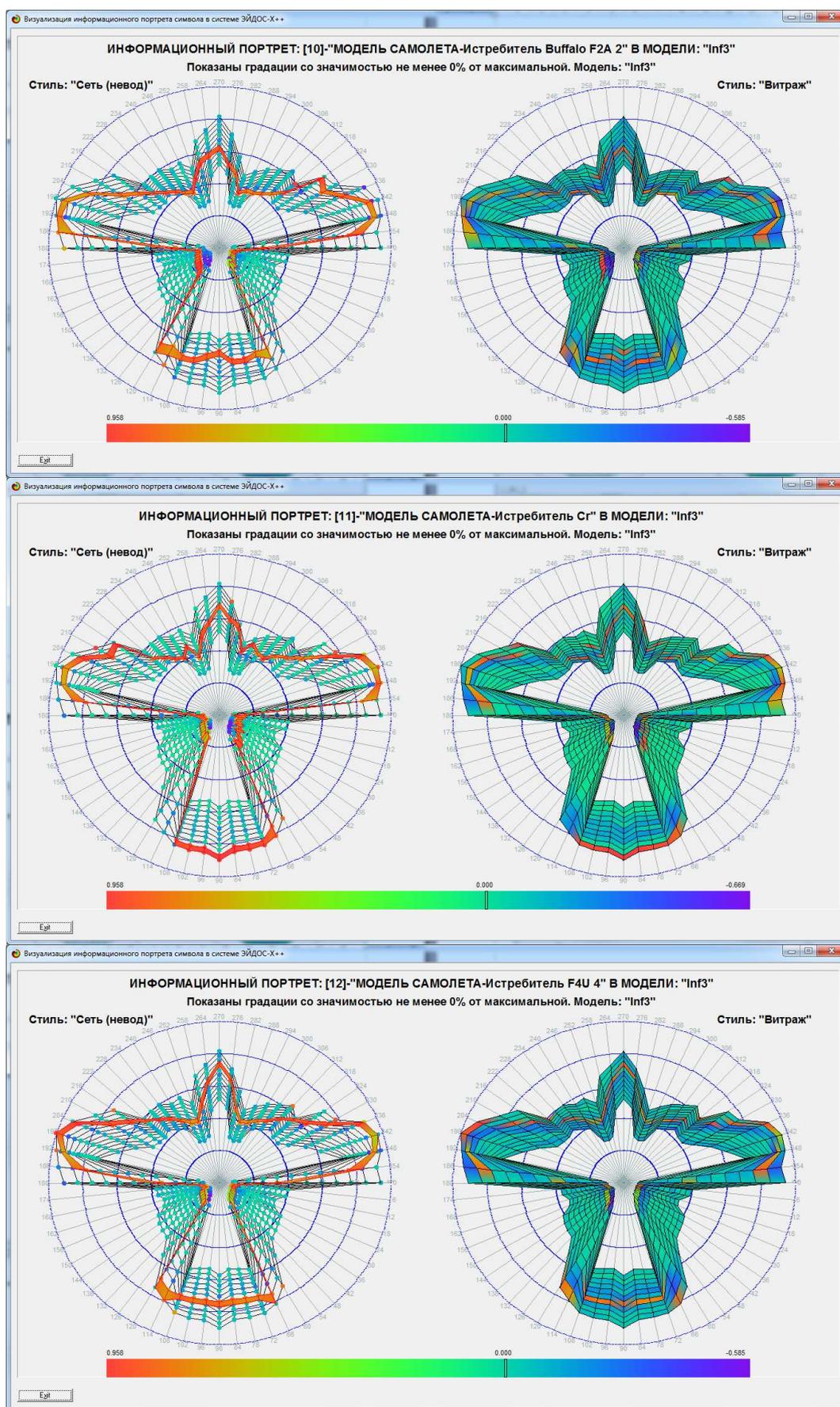
Из сравнения шкал и градаций на рисунке 21 хорошо видно, на сколько в действительности различаются изображения самолетов различных типов и моделей и на сколько велик уровень вариабельности их формы.

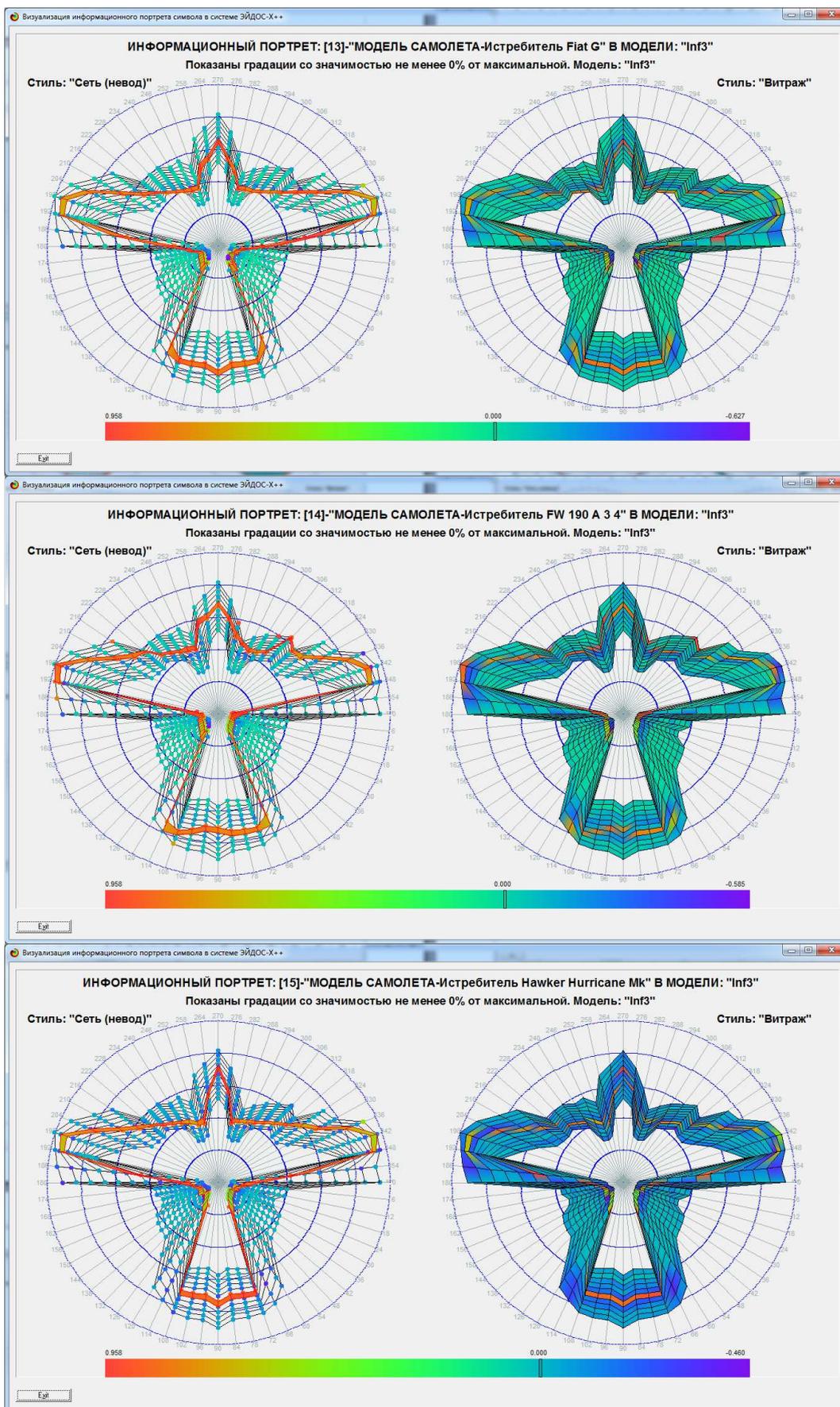
На рисунках 22 приведена наглядная визуализация (средствами системы «Эйдос») информационных портретов обобщенных образов самолетов различных типов и моделей с указанием количества информации в элементах контура о том, что самолет с данным элементом принадлежит определенному типу и модели. Количество информации в элементе контура кодируется цветом спектра: максимальное количество информации отображается красным цветом, а минимальное – фиолетовым.

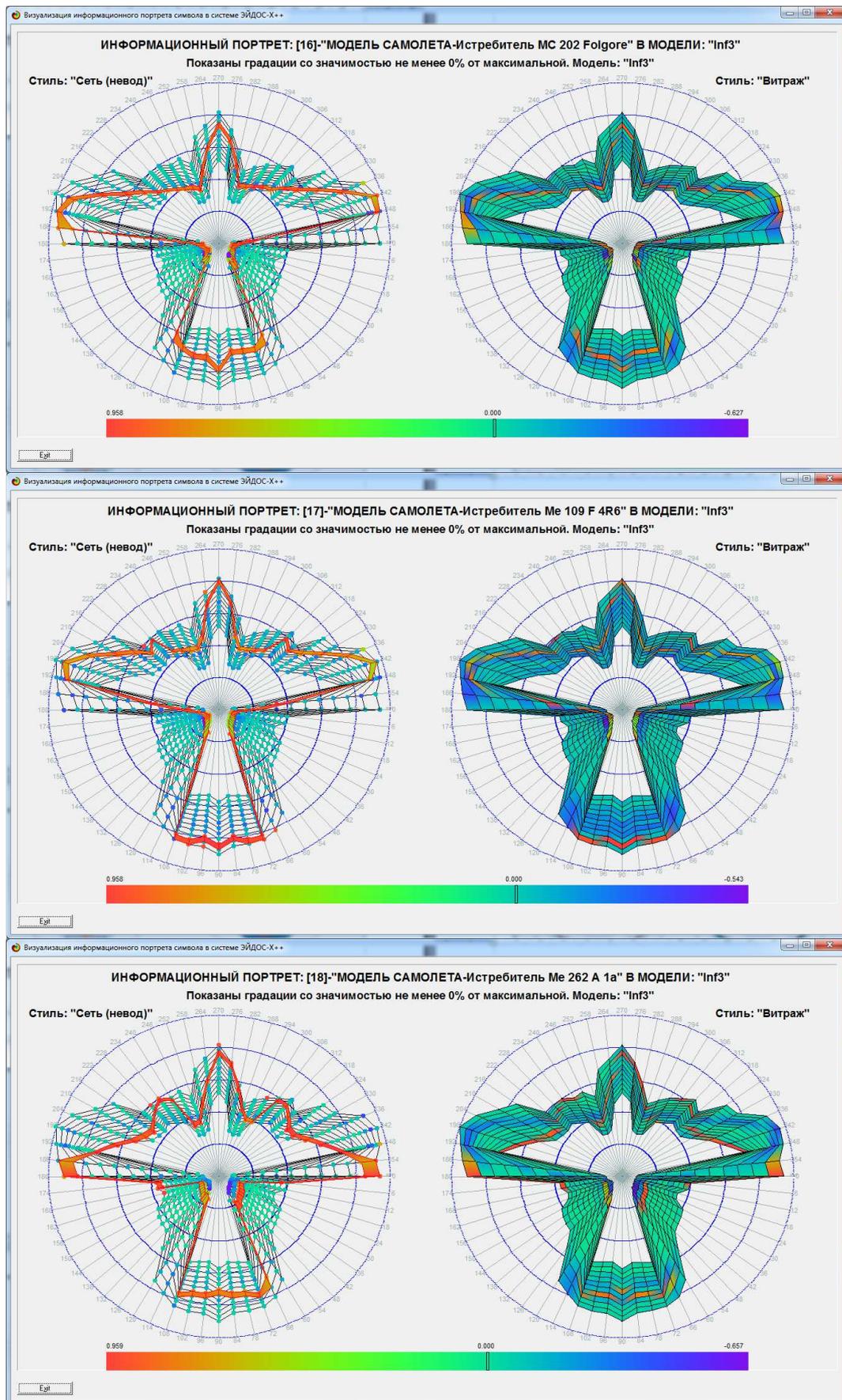


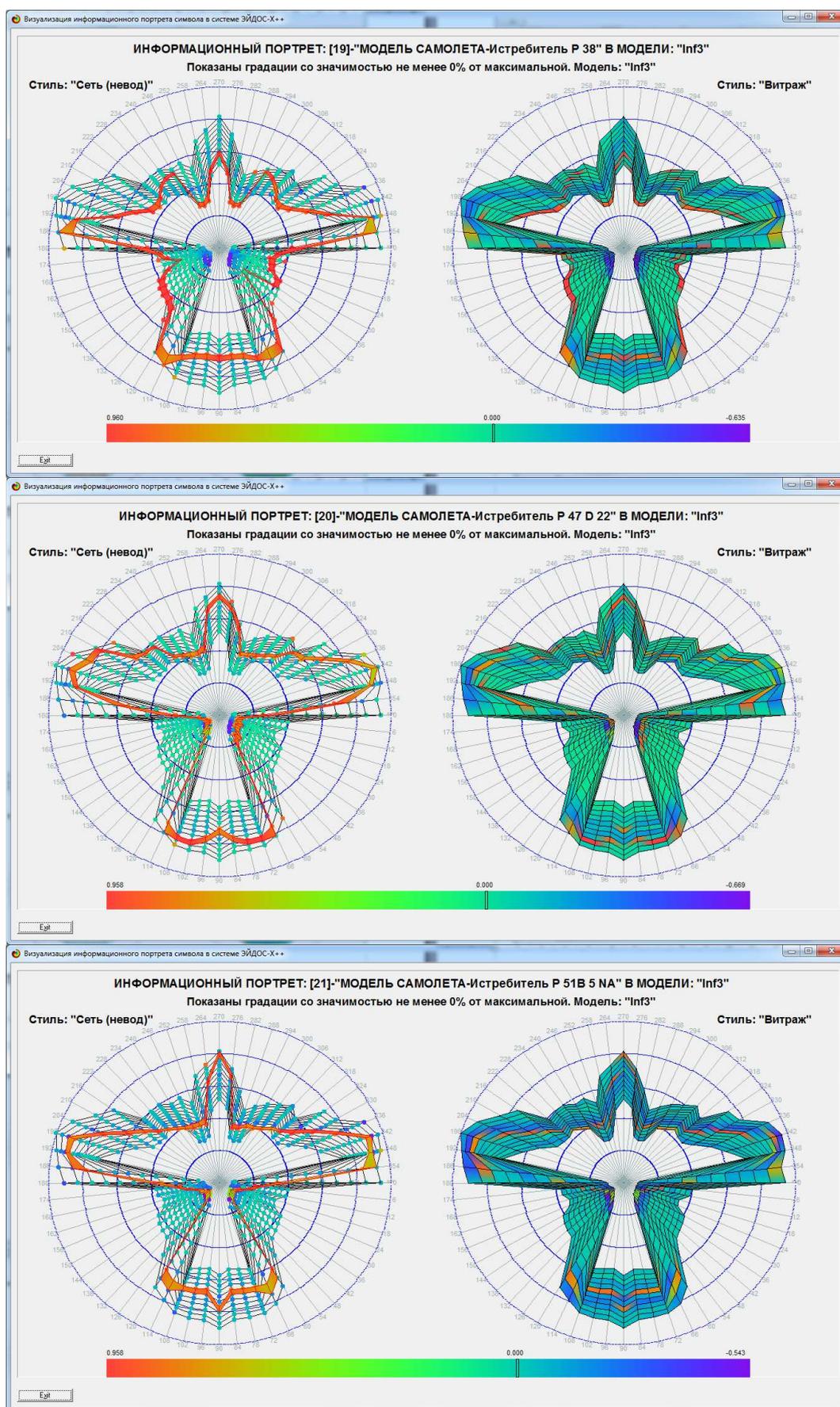


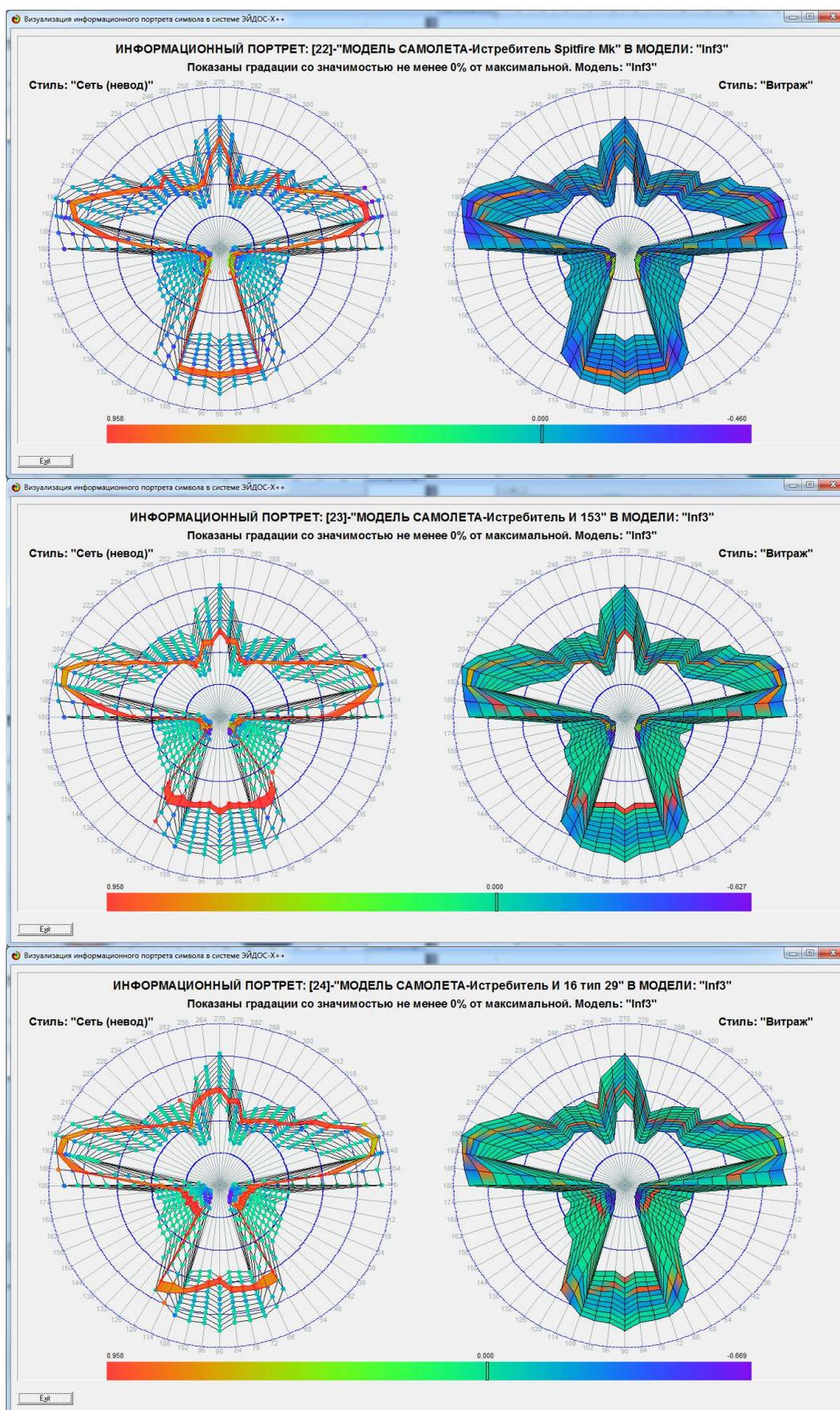












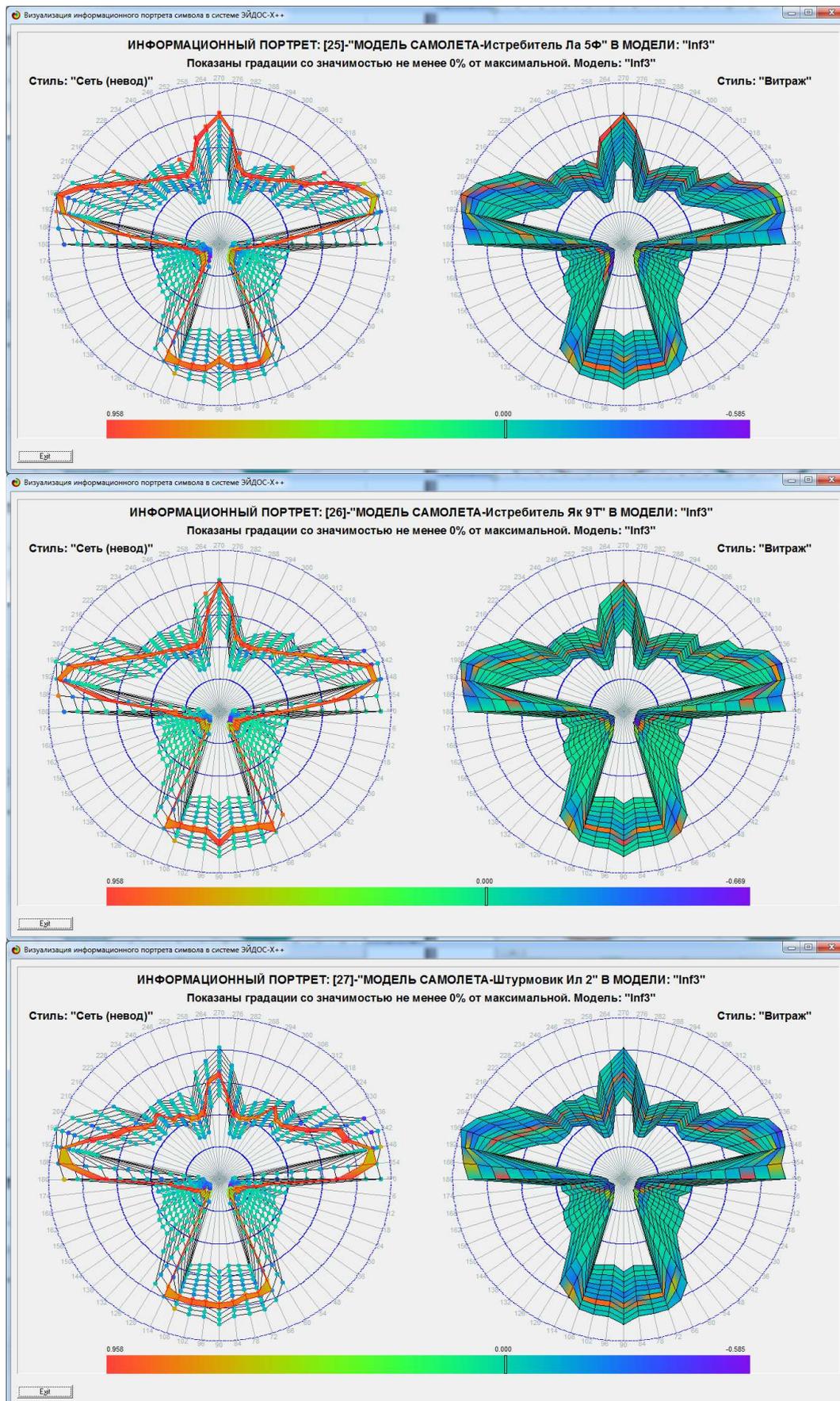


Рисунок 22. Информационные портреты обобщенных образов листьев различных сортов (классов)

*Из портретов на рисунках 22 видно какое количество информации о принадлежности самолета к каждому из типов и моделей содержат различные элементы контура, а из рисунков 21 видно в какой степени эти элементы контура вносят различие между различными типами и моделями самолетов, т.е. в какой степени они вообще полезны для дифференциации самолетов по типам и моделям.*

По сути это означает, что на рисунках 22 приведены редуцированные и нередуцированные когнитивные функции, причем редуцированные когнитивные функции по сути представляют нам вид идеального, т.е. не зашумленного средствами противодействия и случайным воздействием окружающей среды, контура самолета каждого типа и модели [21].

Различные варианты частных и интегральных критериев, применяемых в системе «Эйдос», описаны в работе [17] и других работах по АСК-анализу [7, 8]. По-видимому, *при решении задачи идентификации типа и модели самолета по его силуэту есть смысл обращать основное внимание именно на эти наиболее информативные и значимые элементы контуров.* В системе «Эйдос» реализован фильтр, в результате действия которого на изображениях будут показаны лишь те элементы контуров изображений, которые имеют значимость не менее заданной пользователем величины. Примеры изображений шкал и информационных портретов с фильтром, ограничивающим отображение градаций шкал с низким уровнем значимости, в данной работе не приводятся из-за ограниченности ее объема, но подобные изображения приведены в статье [5].

**Задача 4: сравнение образа конкретного самолета с обобщенными образами самолетов различных типов и моделей и определение количественной степени сходства-различия между ними, т.е. идентификация типа и модели самолета по его силуэту (контур) снизу.**

В соответствии со схемой, приведенной на рисунке 14, и информацией по достоверности моделей, приведенной на рисунке 16, в режиме 5.6 системы «Эйдос» зададим системно-когнитивную модель INF3 в качестве текущей (рисунок 23) и проведем в ней пакетную идентификацию в режиме 4.1.2 (рисунок 24):

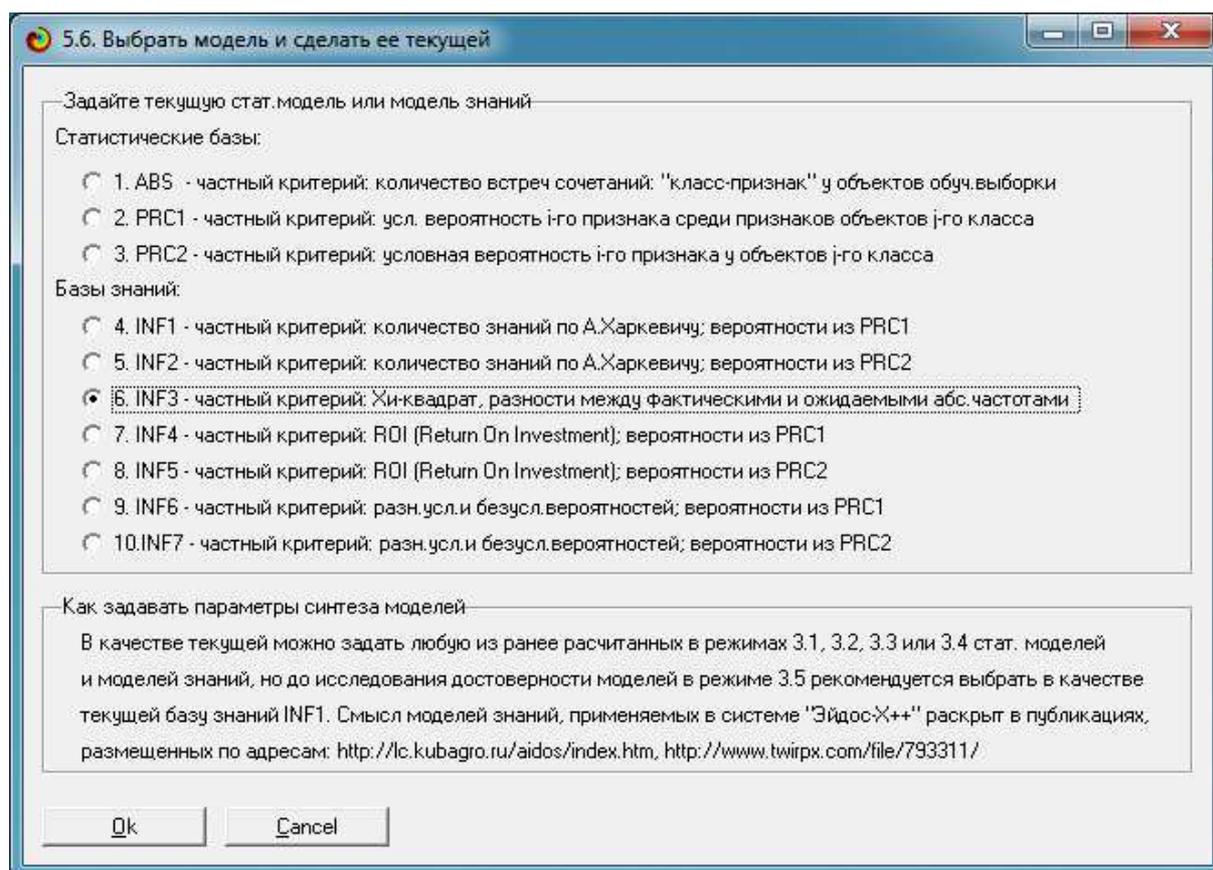


Рисунок 23. Экранная форма, позволяющая задать любую модель (но обычно наиболее достоверную) в качестве текущей

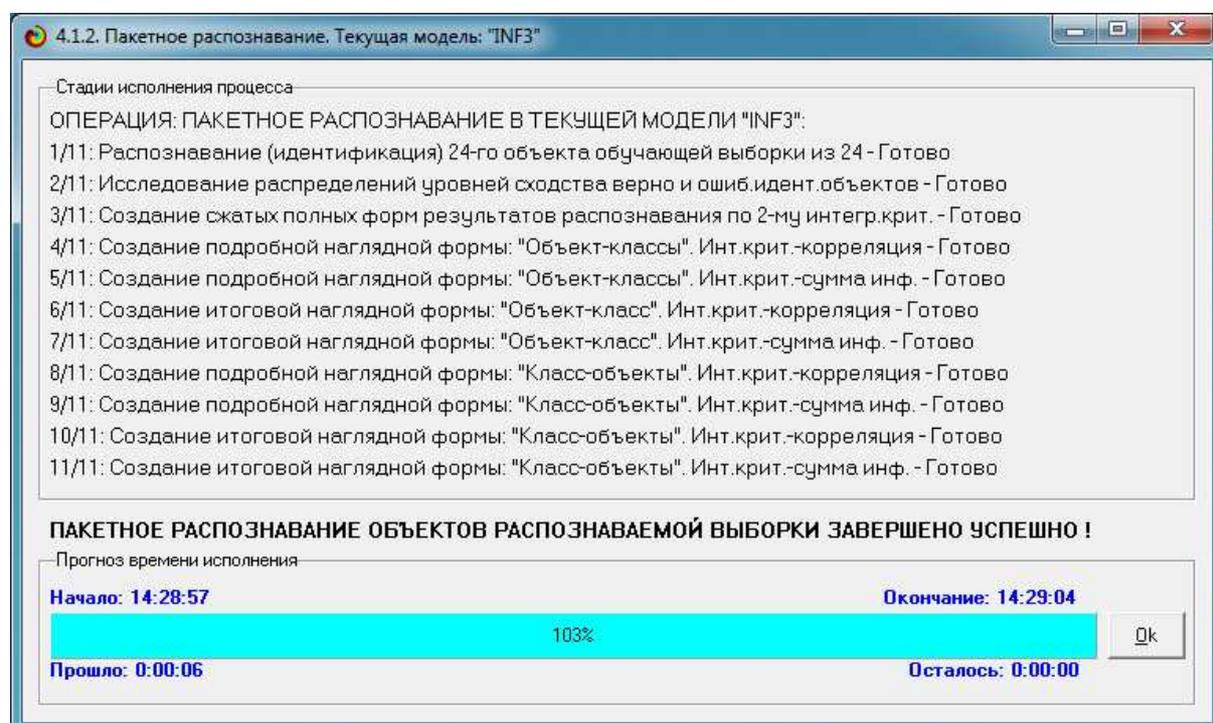


Рисунок 24. Экранная форма с отображением этапов и стадии решения задачи идентификации типа и модели самолета

Из данной экранной формы видно, что идентификация 24 самолета выполнена за 6 секунд.

Результаты идентификации самолетов с обобщенными образами типов и моделей самолетов приводятся в многочисленных выходных формах (рисунок 25), из которых мы в связи с ограниченностью объема работы приведем лишь первые 2 (рисунки 26 и 27):

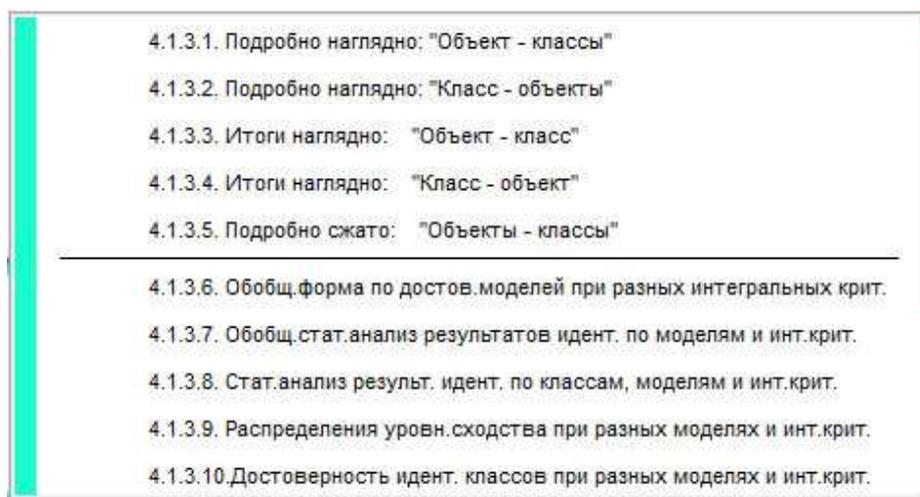


Рисунок 25. Выходные формы системы «Эйдос» с результатами идентификации (распознавания и прогнозирования)

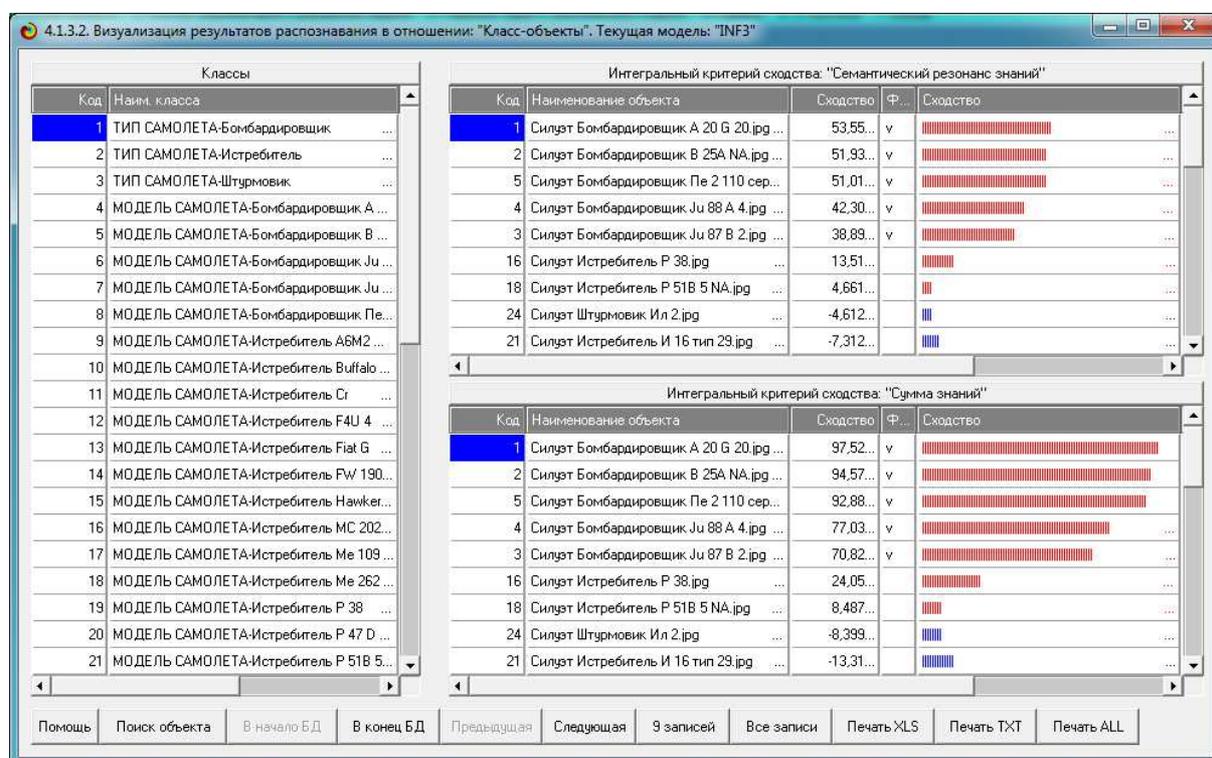


Рисунок 26. Экранная форма с результатами идентификации типа самолетов с силуэтами конкретных самолетов

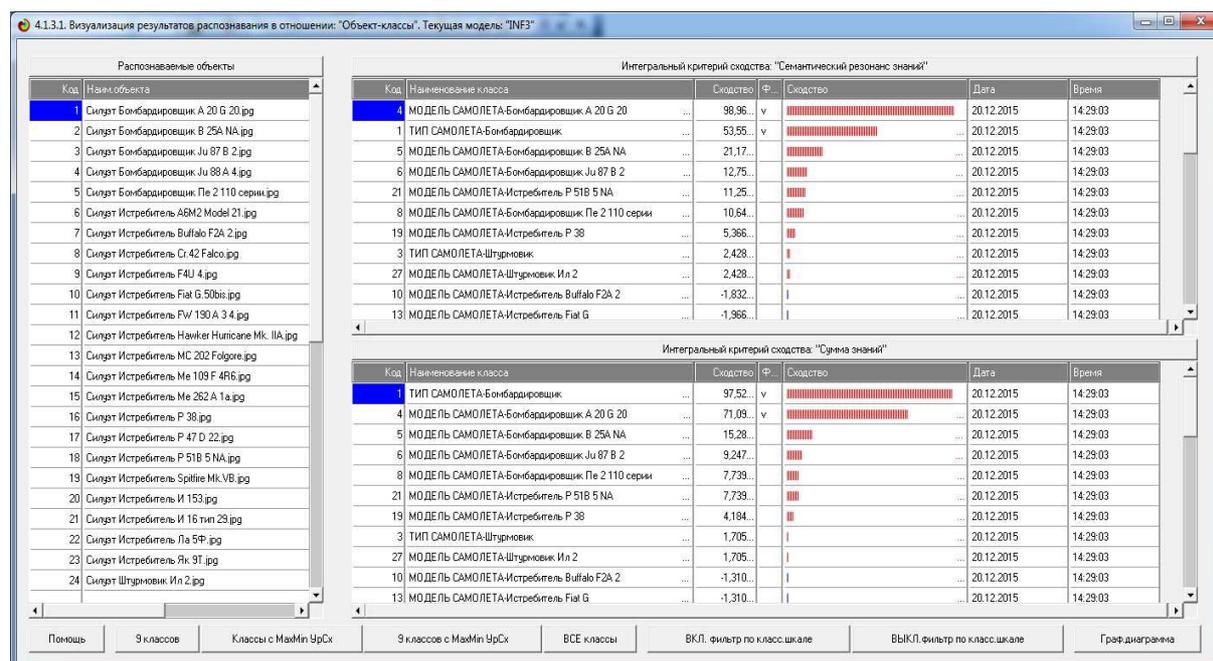


Рисунок 27. Экранная форма с результатами идентификации конкретного самолета с обобщенными образами различных типов и моделей самолетов

«Птичками» отмечены результаты достоверной идентификации. Из рисунков 26 и 27 видно, что в результатах идентификации есть ошибки ложного срабатывания (и не идентификации), но объект, относящийся к классу, практически всегда имеет максимальный уровень сходства с ним, по сравнению с другими объектами. Мы видим, что эти *результаты весьма разумные и по своей достоверности соответствуют уровню эксперта в данной предметной области.*

При идентификации возникают ошибки неидентификации и ложной идентификации, снижающие достоверность модели. В системе «Эйдос» есть много различных средств повышения качества моделей, в частности за счет улучшения качества обучающей выборки. Для этого может быть применен режим: 3.7.6. Разделение классов на типичную и нетипичную части. Этот режим был реализован еще в DOS-версии системы «Эйдос» [19, 20], а недавно в несколько усовершенствованном виде и в новой версии системы «Эйдос-Х++» [9, 10, 11]. На рисунке 28 приведена экранная форма этого режима:

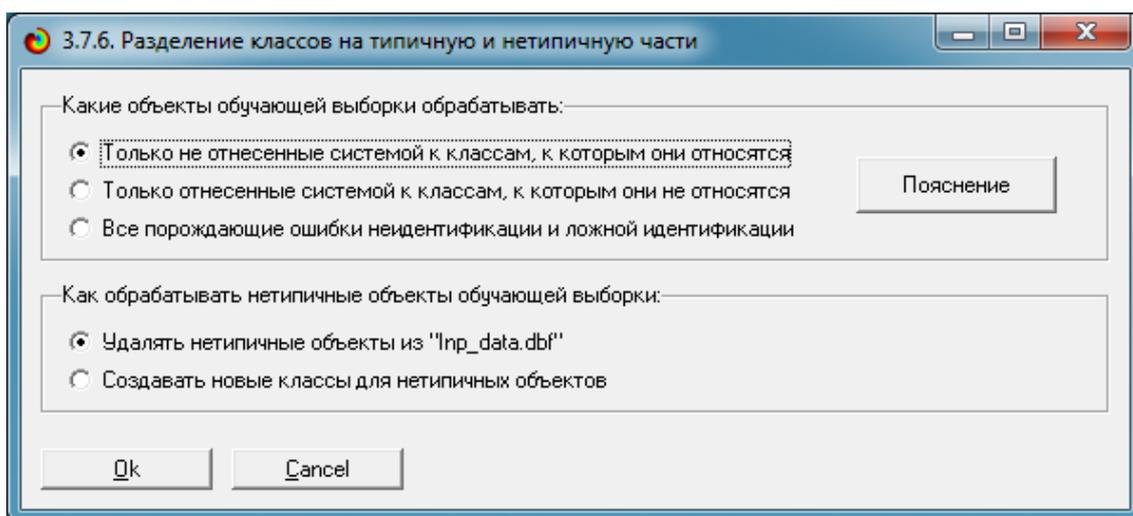


Рисунок 28. Экранная форма режима: 3.7.6. Разделение классов на типичную и нетипичную части

Вместо описания данного режима приведем его Help (рисунок 29):

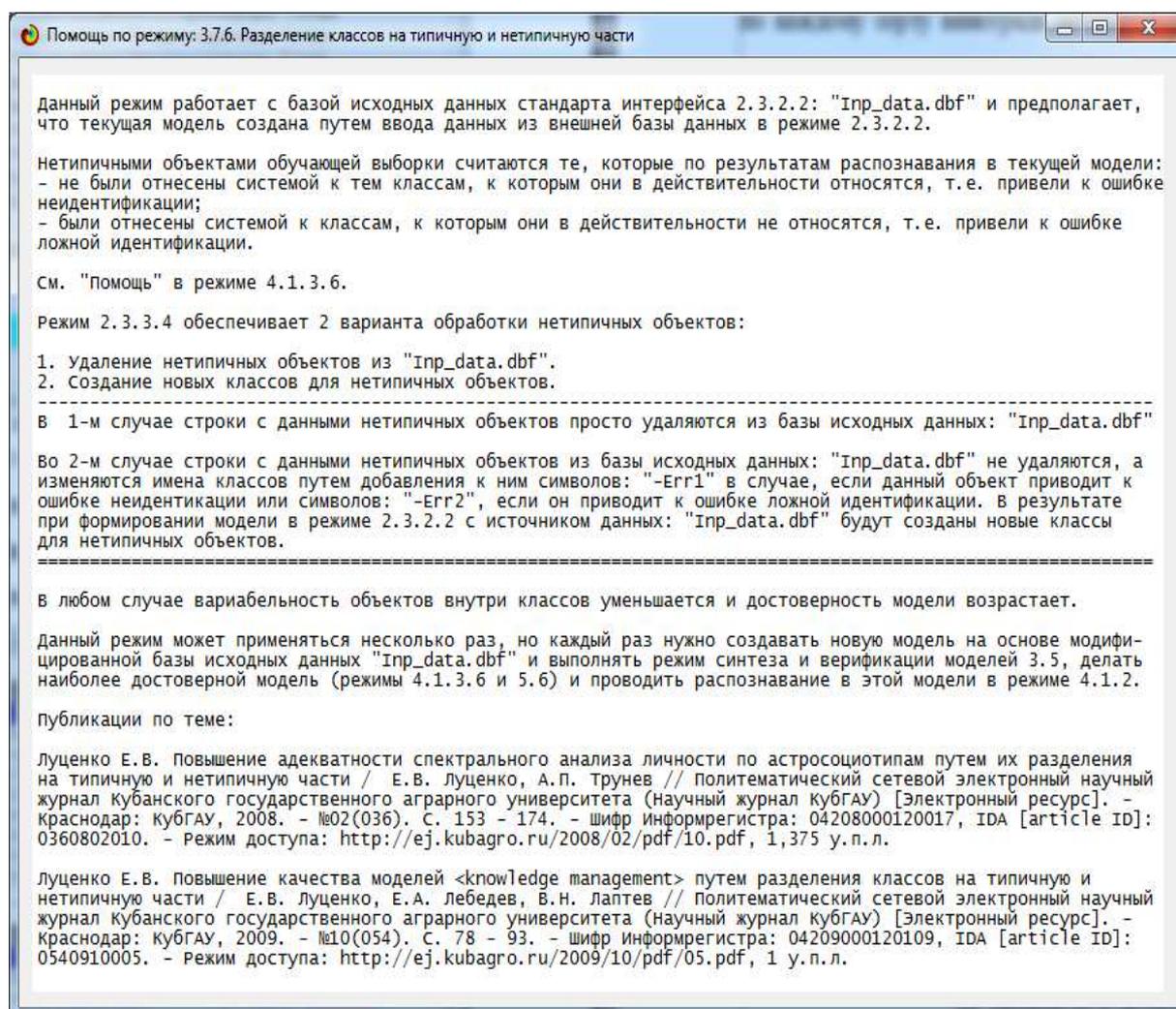


Рисунок 29. Help режима: 3.7.6. Разделение классов на типичную и нетипичную части

Но в данной статье мы этот режим применять не будем из-за того, в что в обучающей выборке очень мало объектов. Подробнее его применение описано в работе [3].

**Задача 5: количественное определение сходства-различия обобщенных образов самолетов друг с другом, т.е. кластерно-конструктивный анализ обобщенных образов самолетов различных типов и моделей.**

Для решения этой задачи необходимо запустить режим 4.2.2.1, а затем 4.2.2.2 (рисунки 30 и 31):

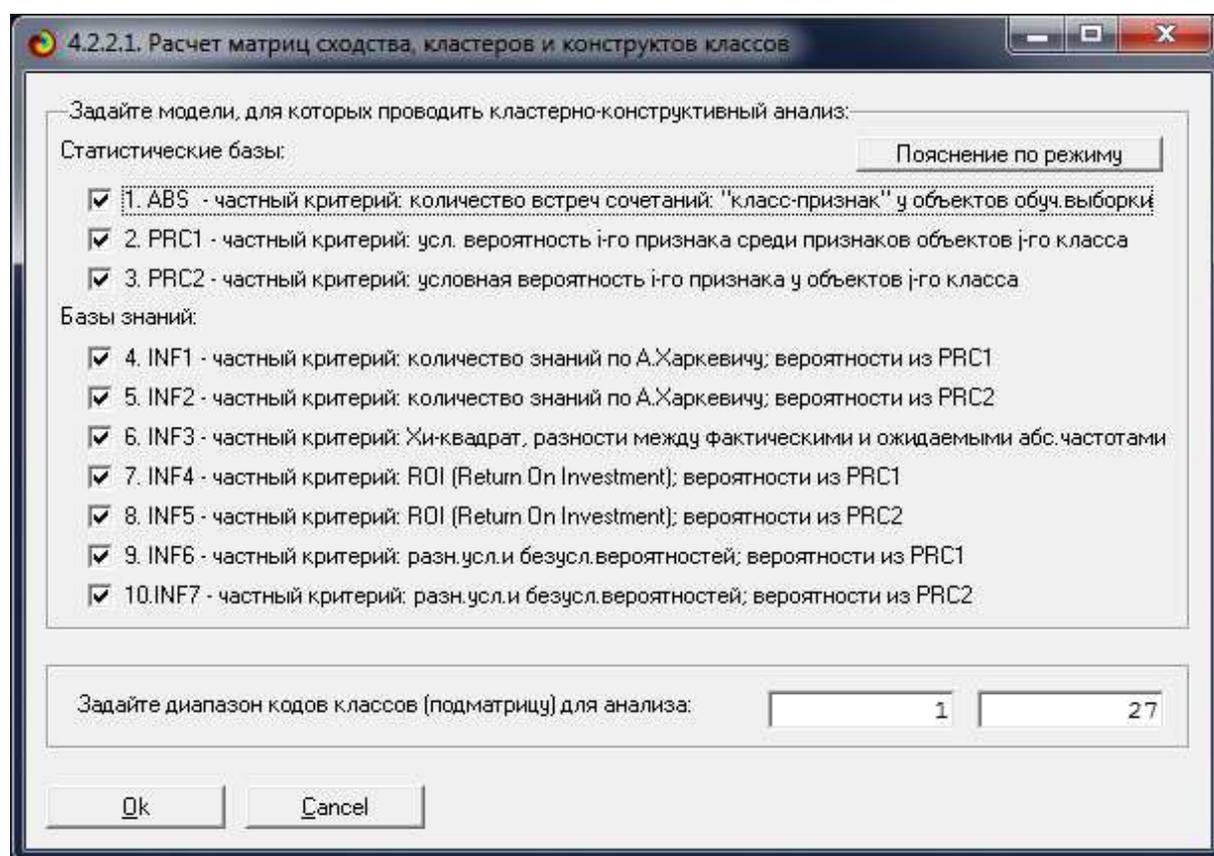


Рисунок 30. Экранная форма запуска режима кластерно-конструктивного анализа

При кластерном анализе наиболее сходные классы объединяются в группы, которые называются кластерами. При конструктивном анализе наиболее сильно отличающиеся кластеры рассматриваются как смысловые

полюса конструкта, а другие классы и кластеры с промежуточными смысловыми градациями образуют смысловой спектр между полюсами. Кластерно-конструктивный анализ предложен проф. Е.В. Луценко в 2002 году как одна из возможностей АСК-анализа и реализован в системе «Эйдос» [7, 9]. На рисунке 31 приведена табличная экранная форма с результатами кластерно-конструктивного анализа типов и моделей самолетов в системно-когнитивной модели INF3:

Код	Наименование класса	№	Код класса	Наименование класса	Сходство
1	ТИП САМОЛЕТА-Бомбардировщик	1	1	ТИП САМОЛЕТА-Бомбардировщик	100.000
2	ТИП САМОЛЕТА-Истребитель	2	4	МОДЕЛЬ САМОЛЕТА-Бомбардировщик А 20 G 20	56.711
3	ТИП САМОЛЕТА-Штурмовик	3	5	МОДЕЛЬ САМОЛЕТА-Бомбардировщик В 25А NA	54.851
4	МОДЕЛЬ САМОЛЕТА-Бомбардировщик А 20 G ...	4	8	МОДЕЛЬ САМОЛЕТА-Бомбардировщик Пе 2 110 серии	53.510
5	МОДЕЛЬ САМОЛЕТА-Бомбардировщик В 25А ...	5	7	МОДЕЛЬ САМОЛЕТА-Бомбардировщик Ju 88 А 4	45.380
6	МОДЕЛЬ САМОЛЕТА-Бомбардировщик Ju 87 В...	6	6	МОДЕЛЬ САМОЛЕТА-Бомбардировщик Ju 87 В 2	41.647
7	МОДЕЛЬ САМОЛЕТА-Бомбардировщик Ju 88 А...	7	19	МОДЕЛЬ САМОЛЕТА-Истребитель Р 38	14.927
8	МОДЕЛЬ САМОЛЕТА-Бомбардировщик Пе 2 1...	8	21	МОДЕЛЬ САМОЛЕТА-Истребитель Р 51В 5 NA	8.163
9	МОДЕЛЬ САМОЛЕТА-Истребитель А6М2 Model...	9	3	ТИП САМОЛЕТА-Штурмовик	-1.495
10	МОДЕЛЬ САМОЛЕТА-Истребитель Buffalo F2A ...	10	27	МОДЕЛЬ САМОЛЕТА-Штурмовик Ил 2	-1.495
11	МОДЕЛЬ САМОЛЕТА-Истребитель Сг	11	24	МОДЕЛЬ САМОЛЕТА-Истребитель И 16 тип 29	-3.830
12	МОДЕЛЬ САМОЛЕТА-Истребитель F4U 4	12	16	МОДЕЛЬ САМОЛЕТА-Истребитель MC 202 Folgore	-6.180
13	МОДЕЛЬ САМОЛЕТА-Истребитель Fiat G	17	25	МОДЕЛЬ САМОЛЕТА-Истребитель Ла 5Ф	-18.270
14	МОДЕЛЬ САМОЛЕТА-Истребитель Fw 190 А 3 ...	18	17	МОДЕЛЬ САМОЛЕТА-Истребитель Me 109 F 4R6	-19.335
15	МОДЕЛЬ САМОЛЕТА-Истребитель Hawker Hurricane	19	22	МОДЕЛЬ САМОЛЕТА-Истребитель Spitfire Mk	-19.806
16	МОДЕЛЬ САМОЛЕТА-Истребитель MC 202 Folg...	20	12	МОДЕЛЬ САМОЛЕТА-Истребитель F4U 4	-22.936
17	МОДЕЛЬ САМОЛЕТА-Истребитель Me 109 F 4...	21	15	МОДЕЛЬ САМОЛЕТА-Истребитель Hawker Hurricane Mk	-23.196
18	МОДЕЛЬ САМОЛЕТА-Истребитель Me 262 А 1a...	22	13	МОДЕЛЬ САМОЛЕТА-Истребитель Fiat G	-24.141
19	МОДЕЛЬ САМОЛЕТА-Истребитель Р 38	23	26	МОДЕЛЬ САМОЛЕТА-Истребитель Як 9Т	-24.419
20	МОДЕЛЬ САМОЛЕТА-Истребитель Р 47 D 22 ...	24	14	МОДЕЛЬ САМОЛЕТА-Истребитель Fw 190 А 3 4	-25.755
21	МОДЕЛЬ САМОЛЕТА-Истребитель Р 51В 5 NA ...	25	11	МОДЕЛЬ САМОЛЕТА-Истребитель Сг	-26.069
22	МОДЕЛЬ САМОЛЕТА-Истребитель Spitfire Mk ...	26	20	МОДЕЛЬ САМОЛЕТА-Истребитель Р 47 D 22	-27.193
23	МОДЕЛЬ САМОЛЕТА-Истребитель И 153	27	2	ТИП САМОЛЕТА-Истребитель	-93.229

Рисунок 31. Табличная экранная форма с результатами кластерно-конструктивного анализа типов и моделей самолетов в системно-когнитивной модели INF3

На рисунке 32 результаты сравнения друг с другом обобщенных образов самолетов различных типов и моделей приведены в графической форме когнитивной диаграммы. Из рисунков 31 и 32 видно, что:

- бомбардировщики похожи друг на друга значительно больше, чем истребители друг на друга;

- бомбардировщики образуют один кластер, а истребители второй кластер;
- кластеры бомбардировщиков и истребителей образуют полюса конструкта;
- штурмовики находятся вблизи середины конструкта и не имеют ярко выраженного сходства ни с бомбардировщиками, ни с истребителями.

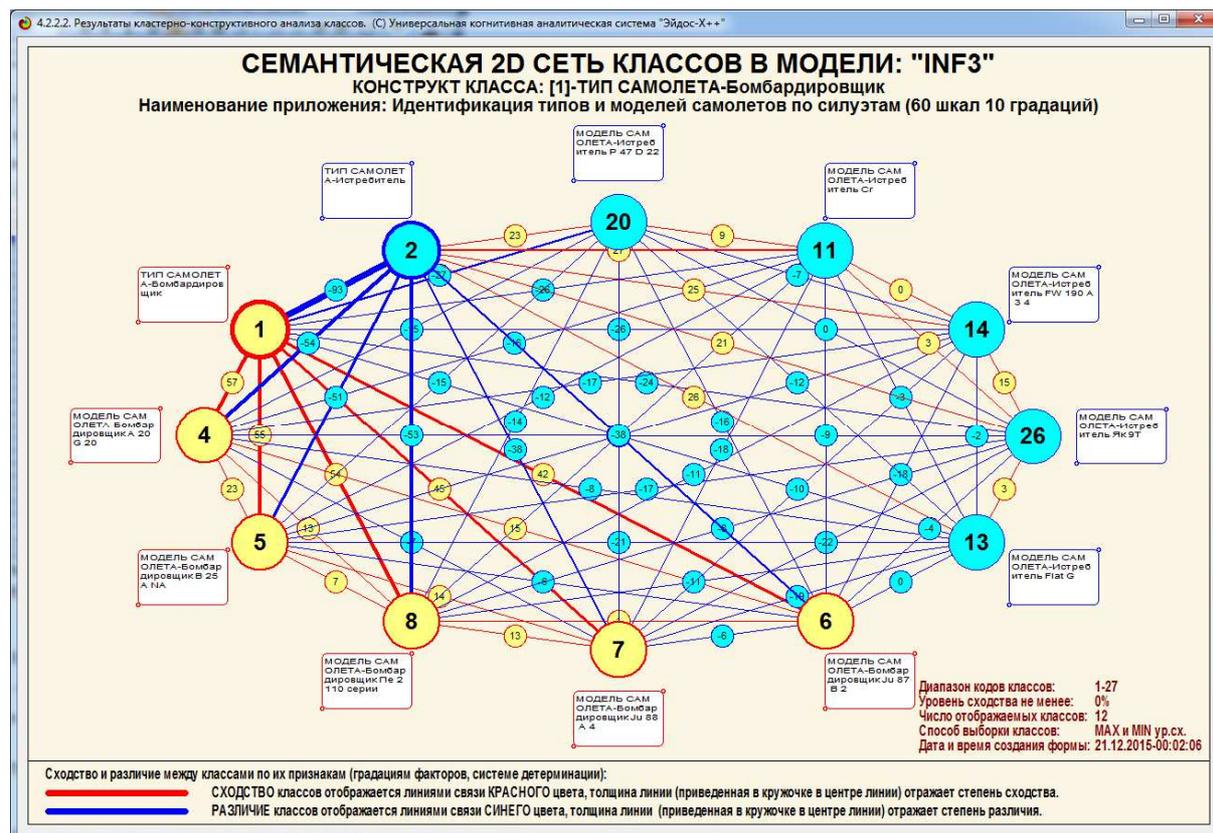


Рисунок 32. Результаты сравнения друг с другом обобщенных образов классов (самолетов различных типов и моделей)

Все эти результаты кластерно-конструктивного анализа разумны и соответствуют ожиданиям экспертов, основанных на их интуиции, опыте и профессиональной компетентности.

**Парето-оптимизация (абстрагирование).** Не все описательные шкалы и градации имеют одинаковую ценность для идентификации изображений самолетов. Наиболее ценные могут использоваться для решения задач, а наименее ценные вообще могут не учитываться в моделях практически без ущерба для их достоверности (рисунок 33).

Расшифровка наименований градаций описательных шкал, ранжированных в порядке убывания их ценности, дается в дополнительных таблицах, которые в данной статье приводить нецелесообразно. Отметим лишь, что в системе «Эйдос» есть выходные формы, в которых градации описательных шкал и сами описательные шкалы расположены в порядке убывания их ценности для дифференциации объектов обучающей выборки по классам.

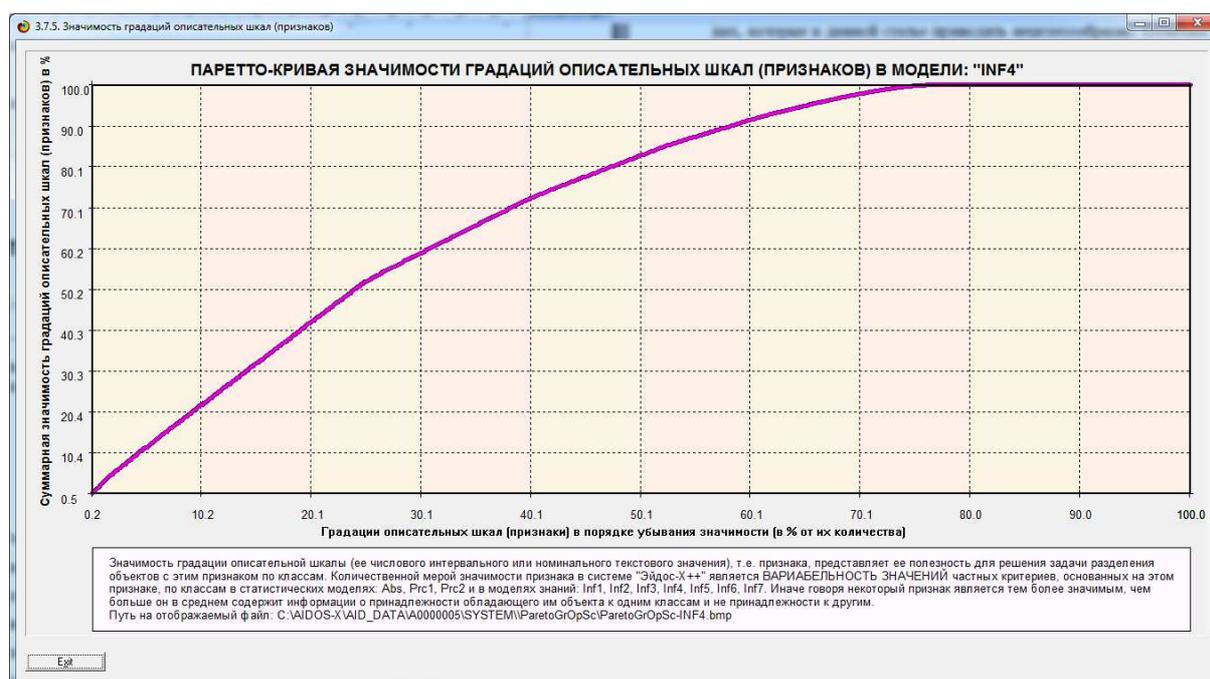


Рисунок 33. Общий вид Парето-кривой ценности градаций описательных шкал (элементов контуров изображений) для идентификации конкретных изображений с обобщенными образами классов

Отметим, что 50% градаций описательных шкал содержат более 80% суммарной ценности всех градаций для дифференциации объектов по классам.

### Выводы.

В статье рассматривается применение автоматизированного системно-когнитивного анализа (АСК-анализ), его математической модели – системной теории информации и программного инструментария – интеллек-

туальной системы «Эйдос» для решения задач, связанных с идентификацией типов и моделей самолетов по их силуэтам снизу, точнее, по внешним контурам: 1) оцифровка сканированных изображений самолетов и создание их математических моделей; 2) формирование математических моделей конкретных самолетов с применением теории информации; 3) формирование моделей обобщенных образов самолетов различных типов и моделей; 4) сравнение образа конкретного самолета с обобщенными образами самолетов различных типов и моделей и определение количественной степени сходства -различия между ними, т.е. идентификация типа и модели самолета по его силуэту (контур) снизу; 5) количественное определение сходства-различия обобщенных образов самолетов друг с другом, т.е. кластерно-конструктивный анализ обобщенных образов самолетов различных типов и моделей. Предлагается новый подход к оцифровке изображений самолетов, основанный на использовании полярной системы координат, центра тяжести изображения и его внешнего контура. Перед оцифровкой изображений могут применяться их преобразования, стандартизирующие положение изображений, их размеры (разрешение, расстояние) и угол поворота (ракурс) в трех плоскостях. Поэтому результаты оцифровки и АСК-анализа изображений могут быть инвариантны (независимы) относительно их положения, размеров и поворотов. Форма контура конкретного самолета рассматривается как зашумленное информационное сообщение о типе и модели самолета, включающее как информацию об истинной форме самолета данного типа и модели (чистый сигнал), так и шум, искажающий эту истинную форму, обусловленный зашумляющими воздействиями как средств противодействия обнаружению и идентификации, так и окружающей среды. *Программный инструментарий АСК-анализа – интеллектуальная система «Эйдос» обеспечивает идентификацию типа и модели самолета по его силуэту, что продемонстрировано на упрощенном численном примере.*

Материалы данной статьи могут быть использованы при преподавании дисциплин: интеллектуальные системы; инженерия знаний и интеллектуальные системы; интеллектуальные технологии и представление знаний; представление знаний в интеллектуальных системах; основы интеллектуальных систем; введение в нейроматематику и методы нейронных сетей; основы искусственного интеллекта; интеллектуальные технологии в науке и образовании; управление знаниями; автоматизированный системно-когнитивный анализ и интеллектуальная система «Эйдос»; которые автор ведет в настоящее время<sup>6</sup>, а также и в других дисциплинах, связанных с преобразованием данных в информацию, а ее – в знания и применением этих знаний для решения задач идентификации, прогнозирования, принятия решений и исследования моделируемой предметной области (а это практически все дисциплины во всех областях науки). В частности с применением предложенной технологии АСК-анализа изображений по их контурам могут быть модифицированы лабораторные работы 1 и 3 [15, 16].

Этим и другим применениям должно способствовать и то, что система «Эйдос» находится в полном открытом бесплатном доступе (причем с подробно комментированными открытыми исходными текстами) на сайте автора по адресу: [http://lc.kubagro.ru/aidos/\\_Aidos-X.htm](http://lc.kubagro.ru/aidos/_Aidos-X.htm).

Запланировано совершенствование методологии, технологии, методики и программного инструментария АСК-анализа изображений путем развития, применения и обобщения описанного в данной работе подхода.

### Литература

1. Луценко Е.В. Системно-когнитивный анализ изображений (обобщение, абстрагирование, классификация и идентификация) / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2009. – №02(046). С. 146 – 164. – Шифр Информрегистра: 0420900012\0017, IDA [article ID]: 0460902010. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2009/02/pdf/10.pdf>, 1,188 у.п.л.

---

<sup>6</sup> [http://lc.kubagro.ru/My\\_training\\_schedule.doc](http://lc.kubagro.ru/My_training_schedule.doc)

2. Луценко Е.В. Системно-когнитивный подход к синтезу эффективного алфавита / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2009. – №07(051). С. 109 – 129. – Шифр Информрегистра: 0420900012\0067, IDA [article ID]: 0510907005. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2009/07/pdf/05.pdf>, 1,312 у.п.л.

3. Луценко Е.В. Автоматизированный системно-когнитивный анализ изображений по их пикселям (обобщение, абстрагирование, классификация и идентификация) / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2015. – №07(111). С. 334 – 362. – IDA [article ID]: 1111507019. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2015/07/pdf/19.pdf>, 1,812 у.п.л.

4. Луценко Е.В. Автоматизированный системно-когнитивный анализ изображений по их внешним контурам (обобщение, абстрагирование, классификация и идентификация) / Е.В. Луценко, Д.К. Бандык // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2015. – №06(110). С. 138 – 167. – IDA [article ID]: 1101506009. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2015/06/pdf/09.pdf>, 1,875 у.п.л.

5. Луценко Е.В. Решение задач ампелографии с применением АСК-анализа изображений листьев по их внешним контурам (обобщение, абстрагирование, классификация и идентификация) / Е.В. Луценко, Д.К. Бандык, Л.П. Трошин // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2015. – №08(112). С. 862 – 910. – IDA [article ID]: 1121508064. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2015/08/pdf/64.pdf>, 3,062 у.п.л.

6. Луценко Е.В., Бандык Д.К. Интерфейс ввода изображений в систему "Эйдос" (Подсистема «Эйдос-img»). Свид. Роспатента РФ на программу для ЭВМ, Заявка № 2015614954 от 11.06.2015, Гос.рег.№ 2015618040, зарегистр. 29.07.2015. – Режим доступа: <http://lc.kubagro.ru/aidos/2015618040.jpg>.

7. 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. – Режим доступа: <http://elibrary.ru/item.asp?id=18632909>.

8. Луценко Е.В. Теоретические основы, технология и инструментарий автоматизированного системно-когнитивного анализа и возможности его применения для сопоставимой оценки эффективности вузов / Е.В. Луценко, В.Е. Коржаков // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2013. – №04(088). С. 340 – 359. – IDA [article ID]: 0881304022. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2013/04/pdf/22.pdf>, 1,25 у.п.л.

9. Луценко Е.В. Универсальная когнитивная аналитическая система «Эйдос». Монография (научное издание). – Краснодар, КубГАУ. 2014. – 600 с. ISBN 978-5-94672-830-0. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://elibrary.ru/item.asp?id=18271217>.

10. Луценко Е.В. 30 лет системе «Эйдос» – одной из старейших отечественных универсальных систем искусственного интеллекта, широко применяемых и развивающихся и в настоящее время / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный жур-

нал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2009. – №10(054). С. 48 – 77. – Шифр Информрегистра: 0420900012\0110, IDA [article ID]: 0540910004. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2009/10/pdf/04.pdf>, 1,875 у.п.л.

11. Луценко Е.В. Универсальная когнитивная аналитическая система «Эйдос-Х++» / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2012. – №09(083). С. 328 – 356. – IDA [article ID]: 0831209025. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2012/09/pdf/25.pdf>, 1,812 у.п.л.

12. Луценко Е.В. СК-анализ и система "Эйдос" в свете философии Платона / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2009. – №01(045). С. 91 – 100. – Шифр Информрегистра: 0420900012\0010, IDA [article ID]: 0450901008. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2009/01/pdf/08.pdf>, 0,625 у.п.л.

13. Юнг К.Г. Человек и его символы. М., 1997.

14. Луценко Е.В. Формирование субъективных (виртуальных) моделей физической и социальной реальности сознанием человека и неоправданное придание им онтологического статуса (гипостазирование) / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2015. – №09(113). С. 1 – 32. – IDA [article ID]: 1131509001. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2015/09/pdf/01.pdf>, 2 у.п.л.

15. Луценко Е.В. Интеллектуальные информационные системы: Учебное пособие для студентов специальности "Прикладная информатика (по областям)" и другим экономическим специальностям. 2-е изд., перераб. и доп.– Краснодар: КубГАУ, 2006. – 615 с. – Режим доступа: <http://elibrary.ru/item.asp?id=18632602>

16. Луценко Е.В. Лабораторный практикум по интеллектуальным информационным системам: Учебное пособие для студентов специальности "Прикладная информатика (по областям)" и другим экономическим специальностям. 2-е изд., перераб. и доп. – Краснодар: КубГАУ, 2006. – 318с. – Режим доступа: <http://elibrary.ru/item.asp?id=21683721>

17. 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.

18. Луценко Е.В. Методологические аспекты выявления, представления и использования знаний в АСК-анализе и интеллектуальной системе «Эйдос» / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2011. – №06(070). С. 233 – 280. – Шифр Информрегистра: 0421100012\0197, IDA [article ID]: 0701106018. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2011/06/pdf/18.pdf>, 3 у.п.л.

19. Луценко Е.В. Повышение адекватности спектрального анализа личности по астросоциотипам путем их разделения на типичную и нетипичную части / Е.В. Луценко, А.П. Трунев // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2008. – №02(036). С. 153 – 174. – Шифр

Информрегистра: 0420800012\0017, IDA [article ID]: 0360802010. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2008/02/pdf/10.pdf>, 1,375 у.п.л.

20. Луценко Е.В. Повышение качества моделей «knowledge management» путем разделения классов на типичную и нетипичную части / Е.В. Луценко, Е.А. Лебедев, В.Н. Лаптев // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2009. – №10(054). С. 78 – 93. – Шифр Информрегистра: 0420900012\0109, IDA [article ID]: 0540910005. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2009/10/pdf/05.pdf>, 1 у.п.л.

21. Луценко Е.В. Когнитивные функции как обобщение классического понятия функциональной зависимости на основе теории информации в системной нечеткой интервальной математике / Е.В. Луценко, А.И. Орлов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – №01(095). С. 122 – 183. – IDA [article ID]: 0951401007. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2014/01/pdf/07.pdf>, 3,875 у.п.л.

## References

1. Lucenko E.V. Sistemno-kognitivnyj analiz izobrazhenij (obobshhenie, abstragirovanie, klassifikacija i identifikacija) / E.V. Lucenko // Politematicheskij setевой jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2009. – №02(046). S. 146 – 164. – Shifr Informregistra: 0420900012\0017, IDA [article ID]: 0460902010. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2009/02/pdf/10.pdf>, 1,188 u.p.l.

2. Lucenko E.V. Sistemno-kognitivnyj podhod k sintezu jeffektivnogo alfavita / E.V. Lucenko // Politematicheskij setевой jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2009. – №07(051). S. 109 – 129. – Shifr Informregistra: 0420900012\0067, IDA [article ID]: 0510907005. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2009/07/pdf/05.pdf>, 1,312 u.p.l.

3. Lucenko E.V. Avtomatizirovannyj sistemno-kognitivnyj analiz izobrazhenij po ih pikseljam (obobshhenie, abstragirovanie, klassifikacija i identifikacija) / E.V. Lucenko // Politematicheskij setевой jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2015. – №07(111). S. 334 – 362. – IDA [article ID]: 1111507019. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2015/07/pdf/19.pdf>, 1,812 u.p.l.

4. Lucenko E.V. Avtomatizirovannyj sistemno-kognitivnyj analiz izobrazhenij po ih vneshnim konturam (obobshhenie, abstragirovanie, klassifikacija i identifikacija) / E.V. Lucenko, D.K. Bandyk // Politematicheskij setевой jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2015. – №06(110). S. 138 – 167. – IDA [article ID]: 1101506009. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2015/06/pdf/09.pdf>, 1,875 u.p.l.

5. Lucenko E.V. Reshenie zadach ampelografii s primeneniem ASK-analiza izobrazhenij list'ev po ih vneshnim konturam (obobshhenie, abstragirovanie, klassifikacija i identifikacija) / E.V. Lucenko, D.K. Bandyk, L.P. Troshin // Politematicheskij setевой jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2015. – №08(112). S. 862 – 910. – IDA [article ID]: 1121508064. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2015/08/pdf/64.pdf>, 3,062 u.p.l.

6. Lucenko E.V., Bandyk D.K. Interfejs vvoda izobrazhenij v sistemu "Jejdos" (Podсистема «Jejdos-img»). Svid. RosPatenta RF na programmju dlja JeVM, Zajavka № 2015614954 ot 11.06.2015, Gos.reg.№ 2015618040, zaregistr. 29.07.2015. – Rezhim dostupa: <http://lc.kubagro.ru/aidos/2015618040.jpg>.

7. Lucenko E.V. Avtomatizirovannyj sistemno-kognitivnyj analiz v upravlenii aktivnymi ob#ektami (sistemnaja teorija informacii i ee primenenie v issledovanii jekonomicheskikh, social'no-psihologicheskikh, tehnologicheskikh i organizacionno-tehnicheskikh sistem): Monografija (nauchnoe izdanie). – Krasnodar: KubGAU. 2002. – 605 s. – Rezhim dostupa: <http://elibrary.ru/item.asp?id=18632909>.

8. Lucenko E.V. Teoreticheskie osnovy, tehnologija i instrumentarij avtomatizirovannogo sistemno-kognitivnogo analiza i vozmozhnosti ego primenenija dlja sopostavimoj ocenki jeffektivnosti vuzov / E.V. Lucenko, V.E. Korzhakov // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2013. – №04(088). S. 340 – 359. – IDA [article ID]: 0881304022. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2013/04/pdf/22.pdf>, 1,25 u.p.l.

9. Lucenko E.V. Universal'naja kognitivnaja analiticheskaja sistema «Jejdos». Monografija (nauchnoe izdanie). – Krasnodar, KubGAU. 2014. – 600 s. ISBN 978-5-94672-830-0. [Jelektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <http://elibrary.ru/item.asp?id=18271217>.

10. Lucenko E.V. 30 let sisteme «Jejdos» – odnoj iz starejsih otechestvennyh universal'nyh sistem iskusstvennogo intellekta, shiroko primenjaemyh i razvivajushhihsja i v nastojashhee vremja / E.V. Lucenko // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2009. – №10(054). S. 48 – 77. – Shifr Informregistra: 0420900012\0110, IDA [article ID]: 0540910004. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2009/10/pdf/04.pdf>, 1,875 u.p.l.

11. Lucenko E.V. Universal'naja kognitivnaja analiticheskaja sistema «Jejdos-H++» / E.V. Lucenko // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2012. – №09(083). S. 328 – 356. – IDA [article ID]: 0831209025. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2012/09/pdf/25.pdf>, 1,812 u.p.l.

12. Lucenko E.V. SK-analiz i sistema "Jejdos" v svete filosofii Platona / E.V. Lucenko // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2009. – №01(045). S. 91 – 100. – Shifr Informregistra: 0420900012\0010, IDA [article ID]: 0450901008. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2009/01/pdf/08.pdf>, 0,625 u.p.l.

13. Jung K.G. Chelovek i ego simvoly. M., 1997.

14. Lucenko E.V. Formirovanie sub#ektivnyh (virtual'nyh) modelej fizicheskoy i social'noj real'nosti soznaniem cheloveka i neopravdannoe pridanie im ontologicheskogo statusa (gipostazirovanie) / E.V. Lucenko // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2015. – №09(113). S. 1 – 32. – IDA [article ID]: 1131509001. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2015/09/pdf/01.pdf>, 2 u.p.l.

15. Lucenko E.V. Intellektual'nye informacionnye sistemy: Uchebnoe posobie dlja studentov special'nosti "Prikladnaja informatika (po oblastjam)" i drugim jekonomicheskim special'nostjam. 2-e izd., pererab. i dop.– Krasnodar: KubGAU, 2006. – 615 s. – Rezhim dostupa: <http://elibrary.ru/item.asp?id=18632602>

16. Lucenko E.V. Laboratornyj praktikum po intellektual'nym informacionnym sistemam: Uchebnoe posobie dlja studentov special'nosti "Prikladnaja informatika (po oblastjam)"

i drugim jekonomicheskim special'nostjam. 2-e izd., pererab. i dop. – Krasnodar: KubGAU, 2006. – 318s. – Rezhim dostupa: <http://elibrary.ru/item.asp?id=21683721>

17. Lucenko E.V. Metrizacija izmeritel'nyh shkal razlichnyh tipov i sovmestnaja sopostavimaja kolichestvennaja obrabotka raznorodnyh faktorov v sistemno-kognitivnom analize i sisteme «Jejdos» / E.V. Lucenko // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj 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 u.p.l.

18. Lucenko E.V. Metodologicheskie aspekty vyjavlenija, predstavlenija i ispol'zovanija znaniy v ASK-analize i intellektual'noj sisteme «Jejdos» / E.V. Lucenko // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2011. – №06(070). S. 233 – 280. – Shifr Informregistra: 0421100012\0197, IDA [article ID]: 0701106018. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2011/06/pdf/18.pdf>, 3 u.p.l.

19. Lucenko E.V. Povyshenie adekvatnosti spektral'nogo analiza lichnosti po astro-sociotipam putem ih razdelenija na tipichnuju i netipichnuju chasti / E.V. Lucenko, A.P. Trunev // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2008. – №02(036). S. 153 – 174. – Shifr Informregistra: 0420800012\0017, IDA [article ID]: 0360802010. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2008/02/pdf/10.pdf>, 1,375 u.p.l.

20. Lucenko E.V. Povyshenie kachestva modelej «knowledge management» putem razdelenija klassov na tipichnuju i netipichnuju chasti / E.V. Lucenko, E.A. Lebedev, V.N. Laptev // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2009. – №10(054). S. 78 – 93. – Shifr Informregistra: 0420900012\0109, IDA [article ID]: 0540910005. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2009/10/pdf/05.pdf>, 1 u.p.l.

21. Lucenko E.V. Kognitivnye funkicii kak obobshhenie klassicheskogo ponjatija funkcional'noj zavisimosti na osnove teorii informacii v sistemnoj nechetkoj interval'noj matematike / E.V. Lucenko, A.I. Orlov // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2014. – №01(095). S. 122 – 183. – IDA [article ID]: 0951401007. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2014/01/pdf/07.pdf>, 3,875 u.p.l.