УДК 004.8; 595.762.12

05.00.00 Технические науки
03.00.00 Биологические науки

КЛАССИФИКАЦИЯ ЖУКОВ-ЖУЖЕЛИЦ (COLEOPTERA, CARABIDAE) ПО ВИДАМ И РОДАМ ПУТЕМ АСК-АНАЛИЗА ИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Луценко Евгений Вениаминович
д.э.н., к.т.н., профессор
РИНЦ SPIN-код: 9523-7101
prof.lutsenko@gmail.com
Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, Краснодар, Россия

Сердюк Владислав Юрьевич
аспирант
РИНЦ SPIN-код:8779-4695
vladislav-serdyuk@yandex.ru
Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, Краснодар, Россия

Из огромного количества организмов, населяющих нашу планету, насекомые составляют 70%, являясь самым многочисленным из беспозвоночных животных классов, насчитывающих более 2 млн. видов. Сложно отыскать такое место, где нельзя было бы встретить представителей этого огромного класса. Они полностью освоили все среды обитания - воду, сушу, воздух. Для них характерны сложные инстинкты, всеядность, высокая плодовитость, для некоторых - общественный образ жизни. Насекомых можно встретить на огромных высотах, доходящих до уровня 5000 метров, населяют они и безжизненные пустыни, где практически никогда не бывает дождей, не говоря уж об отсутствии какой – либо растительности. Глубокие пещеры, в которых нет ни солнечного света, ни условий для питания и существования живых организмов — это тоже места обитания насекомых, встретить их можно далеко за Полярным кругом, и даже — на многих островах Антарктики, где кроме безжизненных скал, казалось бы, нет ничего. Среди насекомых, одним из самых больших и многочисленных семейств – являются жужелицы (Carabidae). Они тонко реагируют на изменения почвенно-растительных, гидротермических и микроклиматических условий среды, что делает их удобным модельным объектом различных экологических и зоологических исследований. Жужелицам принадлежит большое число родов и видов, нередко трудно различимых, в связи с этим для диагностики используются много различных признаков: принимаются во внимание окраска, форма тела, наружное строение, структура поверхности, размеры, строение гениталий и хетотаксия. Вследствие того, что количество жужелиц огромно, а по внешнему виду очень трудно определить их родовую

UDC 004.8; 595.762.12

Technical sciences
Biology

CLASSIFICATION OF GROUND BEETLES (COLEOPTERA, CARABIDAE) IN SPECIES AND GENERA USING ASC-ANALYSIS OF THEIR IMAGES

Lutsenko Eugeny Veniaminovich
Dr.Sci.Econ., Cand.Tech.Sci., professor
RSCI SPIN-code: 9523-7101
prof.lutsenko@gmail.com
vladislav-serdyuk@yandex.ru

Serdyuk Vladislav Yurevich
postgraduate student
RSCI SPIN-code: 8779-4695
vladislav-serdyuk@yandex.ru
Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia

From a huge number of the organisms inhabiting our planet, insects make 70%, being the most numerous of the invertebrate animal classes numbering more than 2 million types. It is difficult to find such place where it would be impossible to meet representatives of this huge class. They completely took over the entire environment - water, the land, air. For them, it is the common characteristic: complex instincts, omnivorous, high fecundity, and for some of them – a public way of life. Insects can be found at tremendous heights, reaching the level of 5000 meters, and they inhabit the desert where it practically never rains, not to mention the absence of any vegetation. Deep caves where no sunlight, nor the conditions for food and existence of living organisms — it is also the habitat of insects, they can be found far beyond the Arctic circle, and even on many Islands of Antarctica, where in addition to lifeless rock, it would seem that there is nothing else. Among insects, one of the largest and most numerous families are the ground beetles (Carabidae). They subtly respond to changes in soil and vegetation, hydrothermal and micro-climatic conditions of the environment, which makes them a convenient model subject to various environmental and Zoological researches. Ground beetles belong to a large number of genera and species, often difficult to see, in this regard, we use many different signs to diagnose. We have taken into consideration the coloration, body shape, external structure, surface structure, size, and arrangement of the genitals and chaetotaxy. Due to the fact, that the number of ground beetles is enormous, and, using their appearance, it is very difficult to determine their generic identity, there is a need of automation of the identification process, due to which we require a special mechanism that would increase the accuracy of these insects. In the previous work of the authors

принадлежность, возникла потребность автоматизации процесса их идентификации, вследствие чего потребовался специальный механизм, который бы повысил точность определения этих насекомых. В предыдущей работе авторов (http://ej.kubagro.ru/2016/05/pdf/01.pdf) в перспективе рассматривалась возможность с помощью метода АСК-анализа классифицировать насекомых не только по видам, но и по родам, отрядам, тем самым повысив достоверность определения жужелиц, что и будет сделано в данной статье. Приводится численный пример. Имеется успешный опыт решения подобных задач в других предметных областях. Данная статья может рассматриваться, как продолжение серии работ, посвященных применению автоматизированного системно-когнитивного анализа (АСК-анализ) и его программного инструментария – системы «Эйдос»

(http://ej.kubagro.ru/2016/05/pdf/01.pdf) we considered the further possibility of using the method of ASC- analysis to classify insects, not only in species but also in genera, orders, thereby increasing the reliability of determination of ground beetles, which will be done in this article. A numerical example is given. We also have gained a successful experience of solving such problems in other subject areas. This article can be considered as a continuation of the series of works dedicated to governmental use of the automated system-cognitive analysis (ASC-analysis) and its software tools – the system of "Eidos"

Ключевые слова: АСК-АНАЛИЗ, АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ СИСТЕМНО-КОГНИТИВНЫЙ АНАЛИЗ, ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА «ЭЙДОС», МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ТИПИЗАЦИЯ, СИСТЕМНАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ИЗОБРАЖЕНИЙ, ЖУЖЕЛИЦ, ЖУКИ, ЖЕСТКОКРЫЛЫЕ, НАСЕКОМЫЕ, COLEOPTERA, CARABIDAE

Keywords: ASK-ANALYSIS, AUTOMATED SYSTEM - COGNITIVE ANALYSIS, "EIDOS" INTELLECTUAL SYSTEM, MULTIPARAMETER TYPING, SYSTEM IDENTIFICATION, INTELLIGENT IMAGE ANALYSIS, GROUND BEETLES, BEETLES, INSECTS, COLEOPTERA, CARABIDAE

Doi: 10.21515/1990-4665-121-004

СОДЕРЖАНИЕ

1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ... 3

2. НЕДОСТАТКИ ОБЩЕПРИНЯТОГО ПОДХОДА ... 3

3. ИДЕЯ РЕШЕНИЯ ... 4

4. ИМЕЮЩИЙСЯ ЗАДЕЛ ... 4

5. ЧИСЛЕННЫЙ ПРИМЕР ... 4

5.1. Исходные данные ... 4
5.2. Этапы АСК-анализа ... 6
5.3. Автоматический ввод изображений насекомых в систему «Эйдос» ... 6
5.4. Синтез и верификация моделей обобщенных образов насекомых по видам и родам (многопараметрическая типизация) ... 16
5.5. Задание наиболее достоверной модели в качестве текущей ... 20
5.6. Количественное определение сходства-различия конкретных насекомых с обобщенными образами насекомых различных видов и родов (системная идентификация) ... 21
5.7. Количественное определение сходства-различия обобщенных образов насекомых различных видов и родов друг с другом (кластерно-конструктивный анализ) ... 25
5.8. Исследование моделируемой предметной области путем исследования ее модели ... 26

6. ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ ... 31

7. ПЕРСПЕКТИВЫ ... 32

ЛИТЕРАТУРА ... 32

Бог, велик в малом!
(Ян Сваммердам)

1. Постановка задачи

В различных областях науки, существует актуальная задача определения изучаемых объектов. В частности в энтомологии, определение различных видов насекомых является очень трудоемким и не всегда точным, вследствие чего потребовался специальный механизм, который позволил бы классифицировать насекомых не только по видам, отрядам, но и родам, тем самым повысив достоверность определения изучаемых насекомых.

2. Недостатки общепринятого подхода

Традиционно установление вида насекомого осуществляется методом визуального сравнения особи с имеющимися в распоряжении эксперта справочными данными. В качестве таких данных используют различные книги-справочники, а также справочные коллекции насекомых, созданные на базе научных учреждений. К недостаткам традиционного подхода можно отнести следующее.

а) в случае ручного сравнения с использованием справочных и натурных фондов:

– значительные временные затраты;

– зависимость от опыта эксперта;

– зависимость от имеющихся в наличии специализированных книг и образцов насекомых;

– невозможность увеличения количества критериев для повышения достоверности модели сравнения;

– человеческий фактор (явные субъективные ошибки при определении);

– отсутствие возможности самостоятельно формировать, расширять и совершенствовать базы данных для принятия решений с учетом потребностей конкретного пользователя (эксперта);

– отсутствие возможности производства исследований в моделируемой области, например количественного сравнения различных видов жужелиц по их изображениям;

– невозможность увеличения количества критериев для повышения достоверности модели сравнении.

Данная статья посвящена преодолению этих недостатков.

3. Идея решения

Предлагается решение этой задачи с применением нового инновационного метода искусственного интеллекта: автоматизированного системно-когнитивного анализа (АСК-анализ) [2] и его программного инструментария – универсальной когнитивной аналитической системы «Эйдос» [3]. Математическая модель системы «Эйдос» основана на системной нечеткой интервальной математике [4]. Система обеспечивает построение информационно-измерительных систем в различных предметных областях [7, 8], в частности АСК-анализ изображений [9-16]. В системе «Эйдос» реализован программный интерфейс, обеспечивающий ввод в систему изображений, и выявление их внешних контуров [11]. Путем многопараметрической типизации в системе создается системно-когнитивная модель, с применением которой, если модель окажется достаточно достоверной, могут решаться задачи системной идентификации, прогнозирования, классификации, поддержки принятия решений и исследования моделируемого объекта путем исследования его модели [9-16].

4. Имеющийся задел

У авторов имеется научный задел и опыт успешного решения подобных задач в других предметных областях [12-16].

5. Численный пример

5.1. Исходные данные

В качестве исходных данных для решения поставленной задачи ис-

пользовались сканированные на светлом фоне с одинаковым разрешением изображения видов жуков-жужелиц различных родов (рисунок 1)

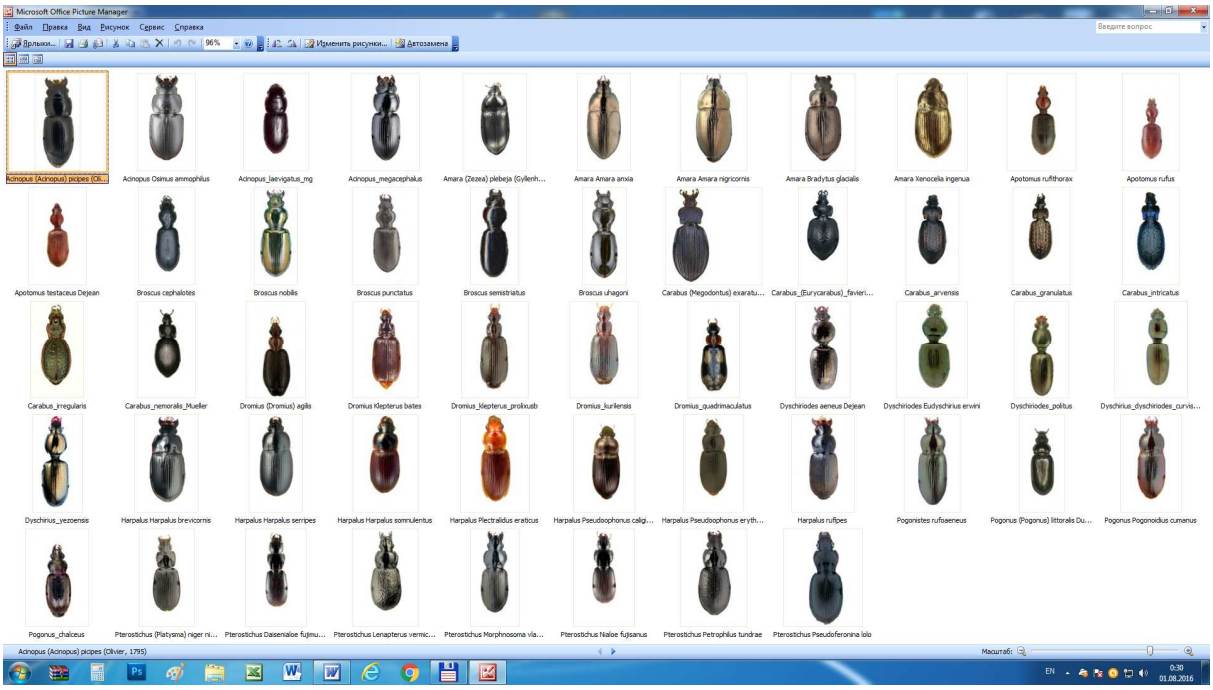


Рисунок 1. Жужелицы разных видов

При этом изображение каждого насекомого приведено в виде двух файлов:

– в папке: ..\Aidos-X\AID_DATA\Inp_data\Виды жужелиц\ с именем, в качестве которого используется наименование вида жужелиц после которого идет тире и номер изображения насекомого этого вида в папке (если по каждому виду приводится одно изображение, то тире и его номер можно не указывать);

– в папках вида: ..\Aidos-X\AID_DATA\Inp_data\род Acinopus\ с именами, в качестве которых используются имена родов жужелиц после которого через тире указывается номер изображения насекомого этого рода в папке.

Это сделано для того, чтобы в созданной модели были сформированы обобщенные образы насекомых не только различных видов, как в модели [2], но и конкретных родов насекомых.

5.2. Этапы АСК-анализа

Для решения поставленной в работе задачи выполняются следующие этапы АСК-анализа [2]:

– автоматический ввод в систему «Эйдос» изображений насекомых и создание математических моделей их контуров;

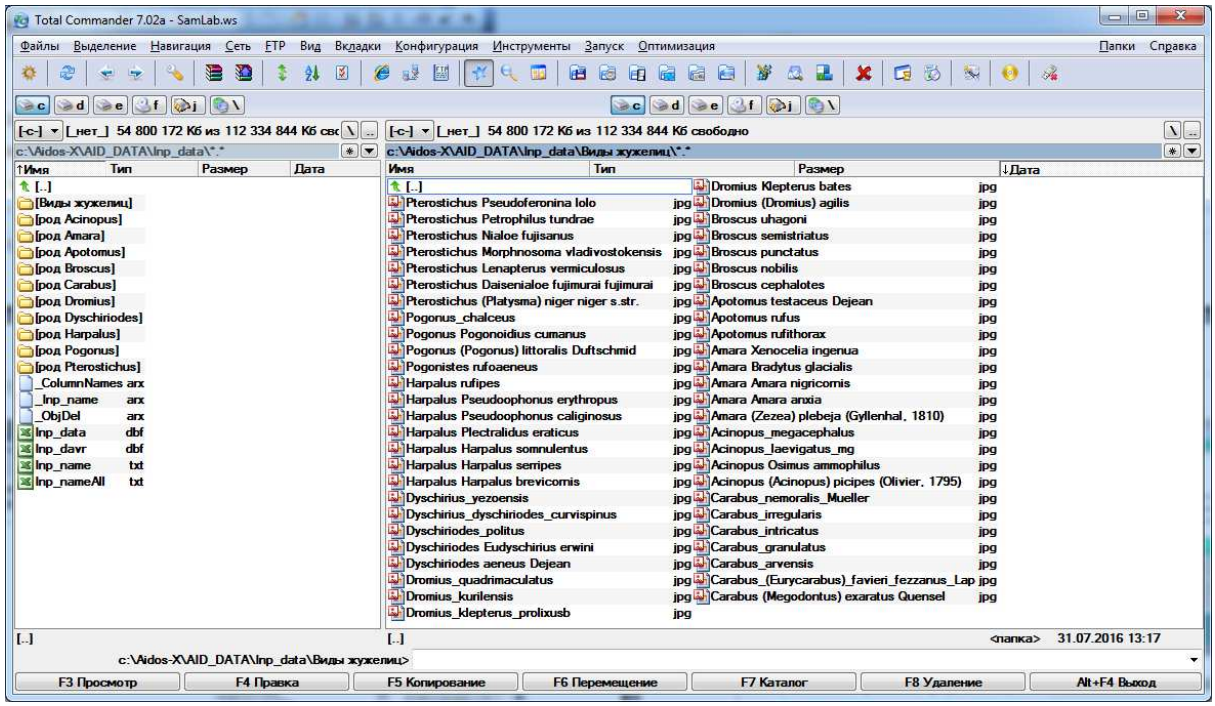
– синтез и верификация моделей обобщенных образов жесткокрылых по видам и родам на основе контурных изображений конкретных насекомых (многопараметрическая типизация);

– количественное определение сходства-различия конкретных жужелиц с обобщенными образами жужелиц различных видов и родов (системная идентификация);

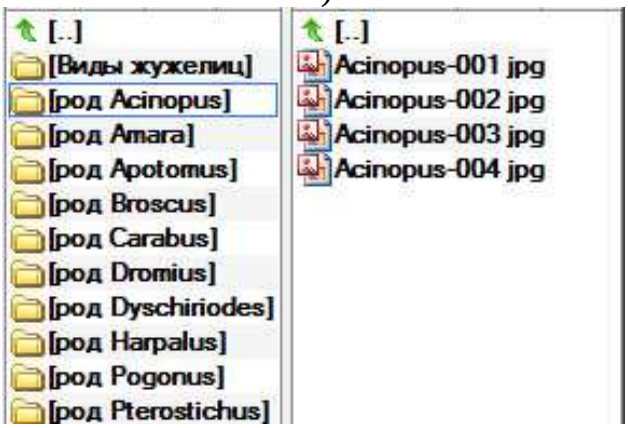
– количественное определение сходства-различия видов насекомых друг с другом и родов друг с другом, т.е. кластерно-конструктивный анализ обобщенных образов видов и родов жужелиц.

5.3. Автоматический ввод изображений насекомых в систему «Эйдос»

Изображения насекомых помещены в папки с именами: «Виды жужелиц» и «Род: название рода жужелиц». Внутри 1-й папки «Виды жужелиц» содержатся файлы сканированных изображений жужелиц разных видов, всего 52 изображения. Может быть приведено несколько изображений насекомых одно вида, тогда после наименования вида в имени файла должно идти тире и порядковый номер файла с изображением насекомого этого вида внутри папки. Внутри каждой папки с наименованием рода содержатся изображения всех видов насекомых из 1-й папки, относящихся к этому роду, но с именами, состоящими из названия рода насекомых после которого идет тире и порядковый номер изображения насекомого этого рода внутри папки.



А)



Б)

Рисунок 2. Структура папок с исходными данными
А) Файлы с изображениями жужелиц различных видов и родов из папки «Виды жужелиц»,
Б) Файлы изображений жужелиц рода: «Acinopus» в папке: «род Acinopus»

Всего в данной обучающей выборке использовано 52 видов жужелиц, которые относятся к 10 различным родам.

Для ввода изображений жужелиц в систему «Эйдос» запускаем в геокогнитивной подсистеме 4.8 [14] режим «Оконтуривание» (рисунок 3):

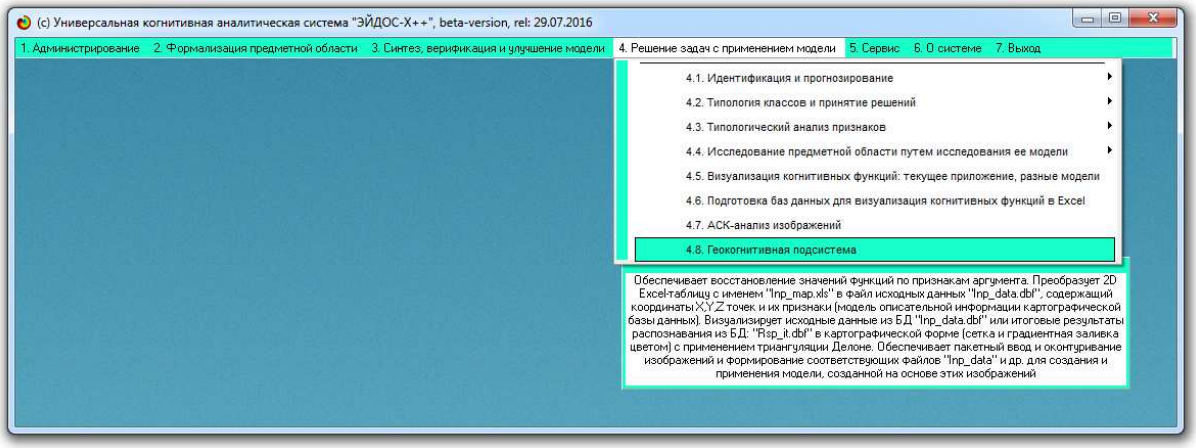


Рисунок 3. Экранная форма запуска геокогнитивной подсистемы 4.8 [14]

Вместо описания данной подсистемы приведем ее Help (рисунок 4):

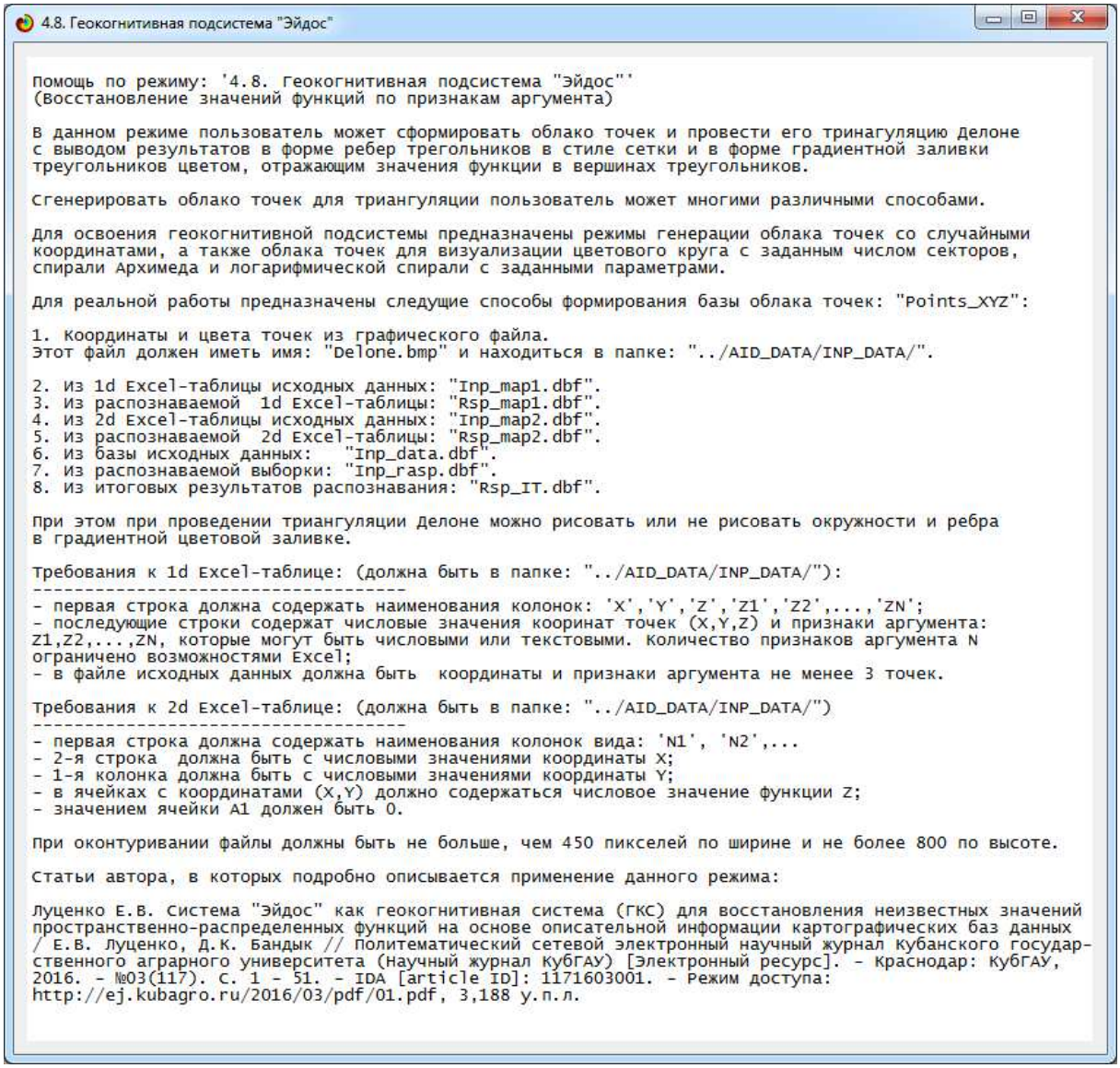


Рисунок 4. Help геокогнитивной подсистемы 4.8 [14]

На главной экранной форме геокогнитивной подсистемы 4.8 кликаем на кнопке «Оконтуривание». В результате появляются экранные формы:

– задания параметров ввода изображений (рисунок 5);

– поиска центра тяжести изображения и первичных контуров и отображения исходного изображения в лучах Red, Green, Blue с указанием найденных точек первичного контура в дополнительных цветах (в динамике) (рисунок 6);

– визуализации изображения с найденными точками внешнего контура и самим внешним контуром в динамике (рисунок 6):

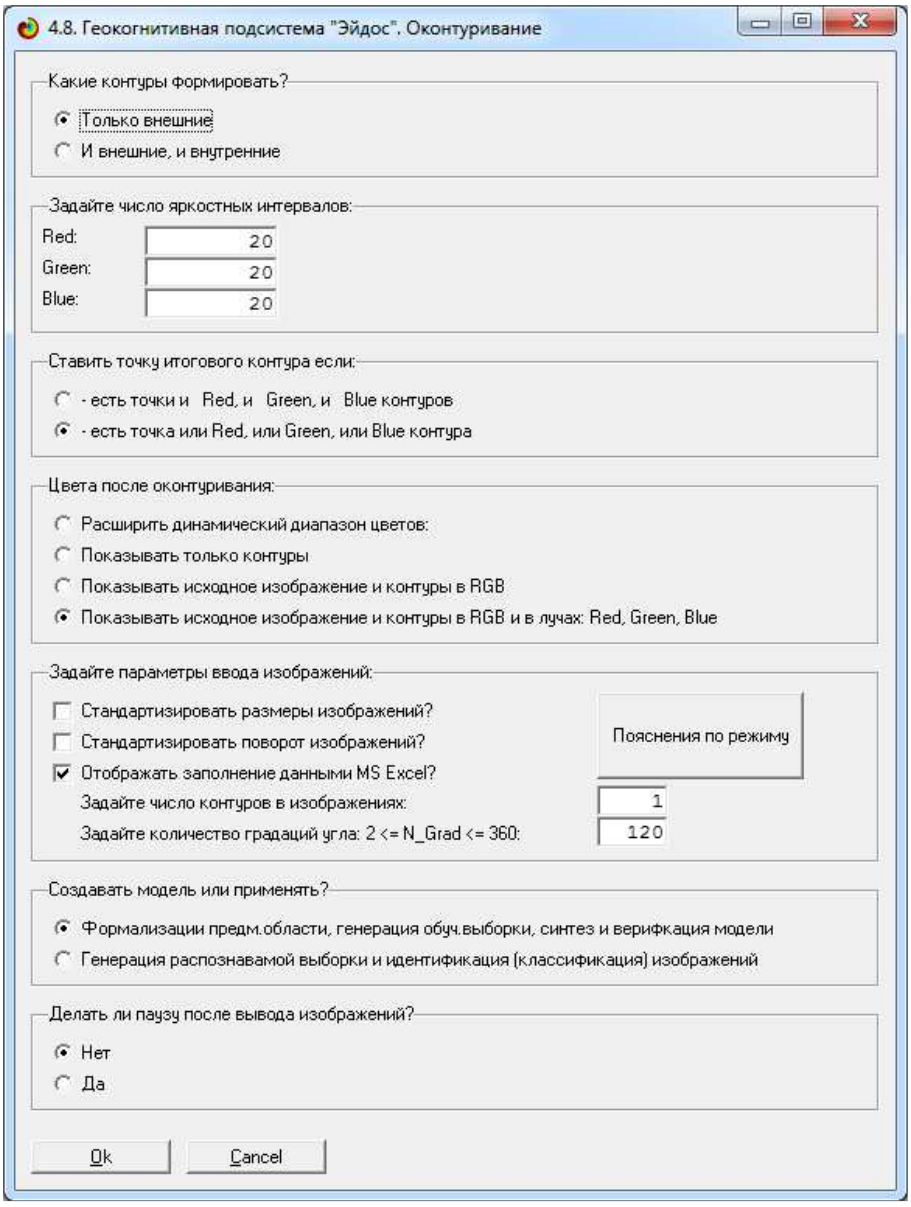


Рисунок 5. Экранная форма задания параметров ввода изображений (с параметрами «по умолчанию»)

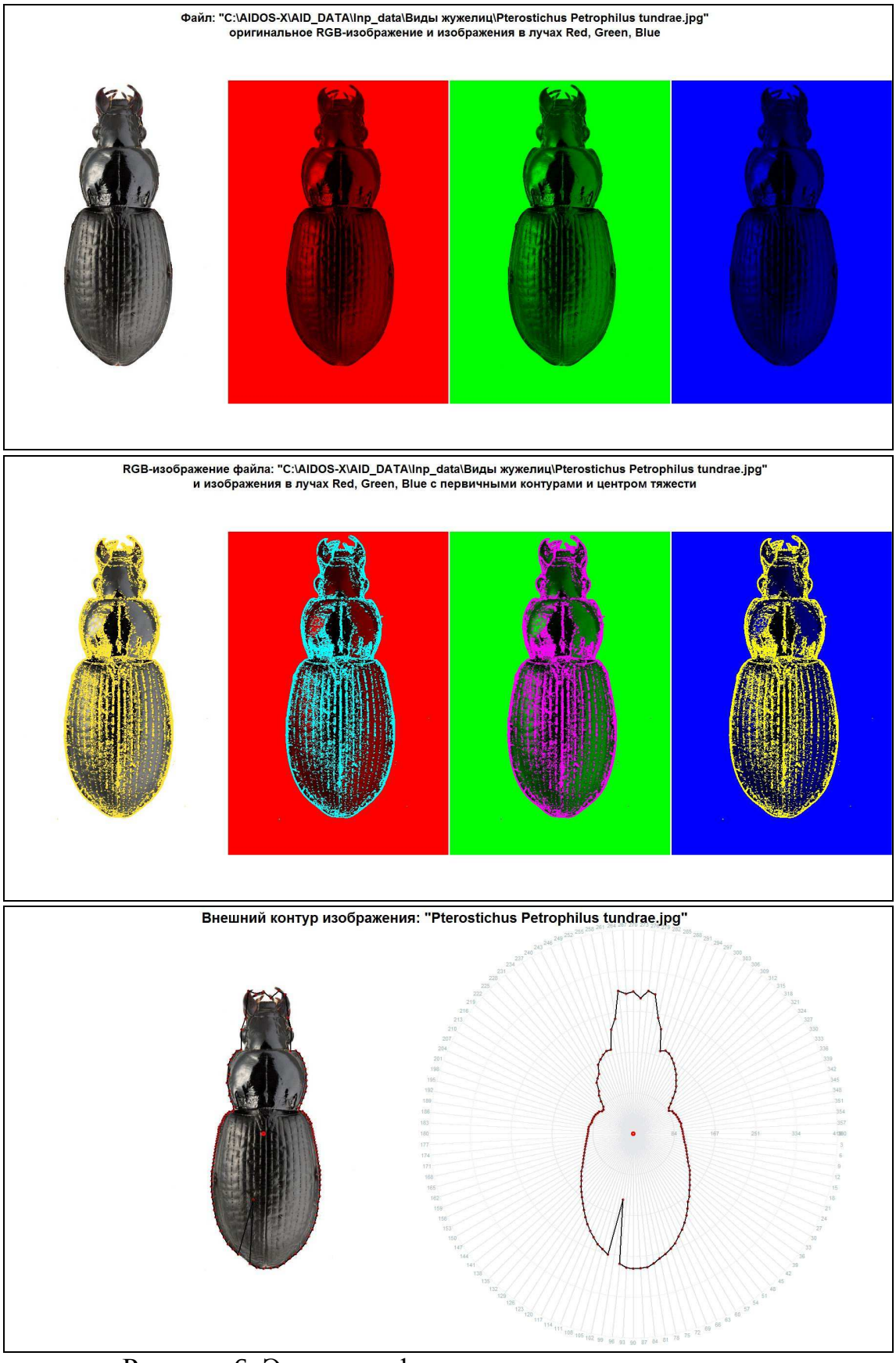


Рисунок 6. Экранные формы поиска центра тяжести
и контура изображения жужелицы

Данный режим:

1. Находит все поддиректории в папке: ..\AID_DATA\Inp_data\ и все графические файлы jpg и bmp в поддиректориях.

2. Находит в этих графических файлах предварительные контуры и центры тяжести. Если система не может их найти, то информация об этом заносится в файл ошибок: ErrorImage.txt.

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, лежащих на радиус-векторах, при различных углах поворота радиуса-вектора. В статье [17] описывается идея использования полярной системы координат для описания внешних контуров изображений и приводится математическая модель. В 2014 году проф.Е.В.Луценко предложены методики численных расчетов (структуры данных и алгоритмы), расчетов соответствии с этой математической моделью на компьютерах, а затем в 2015-2016 годах эти методики численных расчетов реализованы в модуле 2.3.2.4 и режимах 4.7, 4.8 системы «Эйдос».

4. Затем режим «Оконтуривание» геокогнитивной подсистемы 4.8 формирует Excel-таблицу с именем: ..\AID_DATA\Inp_data\inp_data.dbf, в которой содержатся результаты оцифровки изображений. После окончания работы режима выводится сообщение, приведенное на рисунке 7:

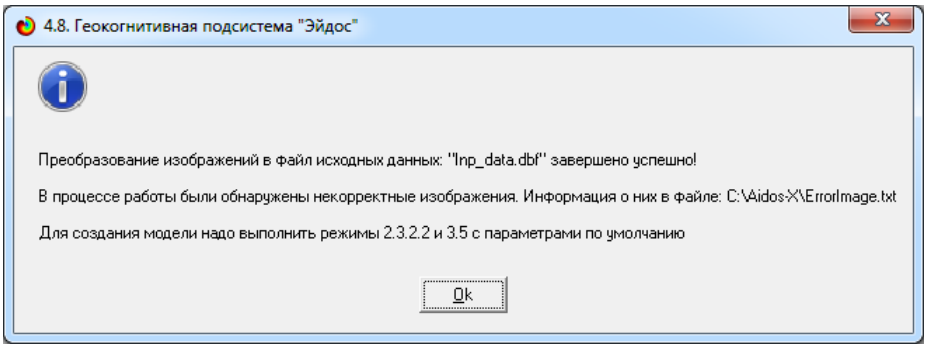


Рисунок 7. Сообщение о завершении режима: «Оконтуривание» геокогнитивной подсистемы 4.8 [14]

Структура этой таблицы ..\AID_DATA\Inp_data\inp_data.dbf полностью соответствует требованиям универсального программного интерфейса системы «Эйдос» с внешними базами данных (режим 2.3.2.2), которые приведены в Help этого режима и представлены на рисунке 8.

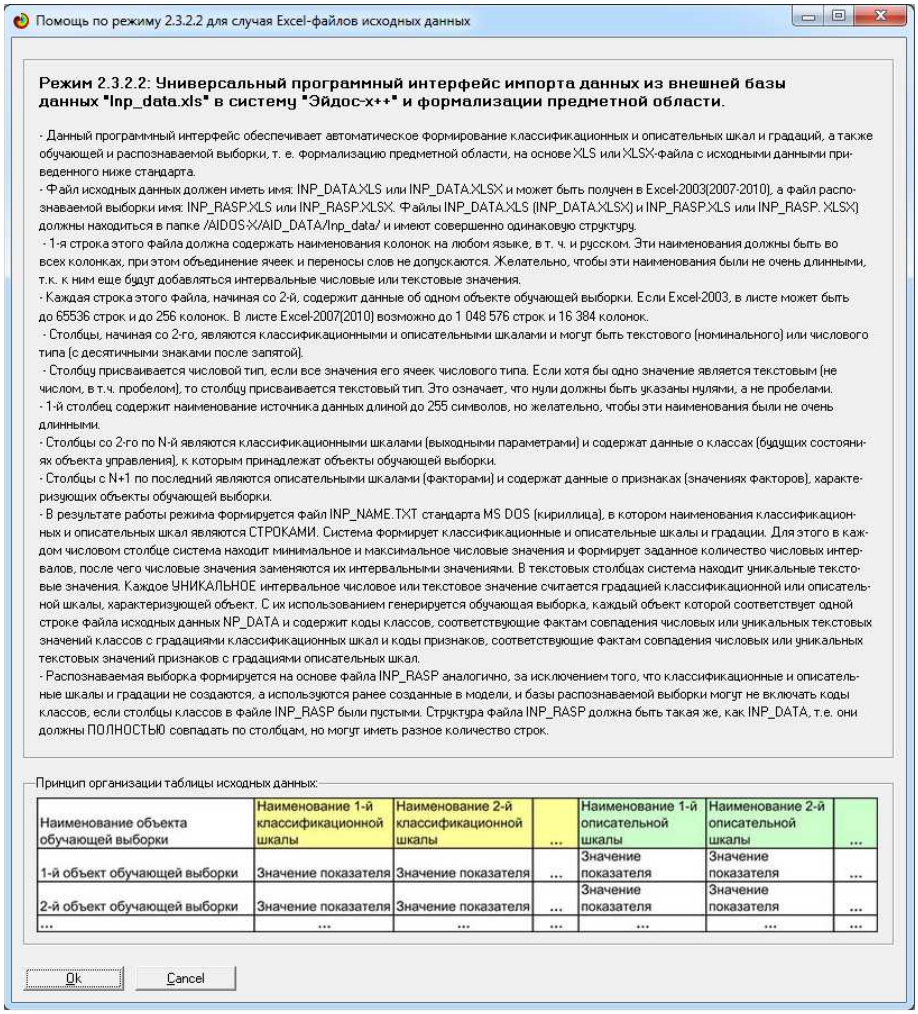
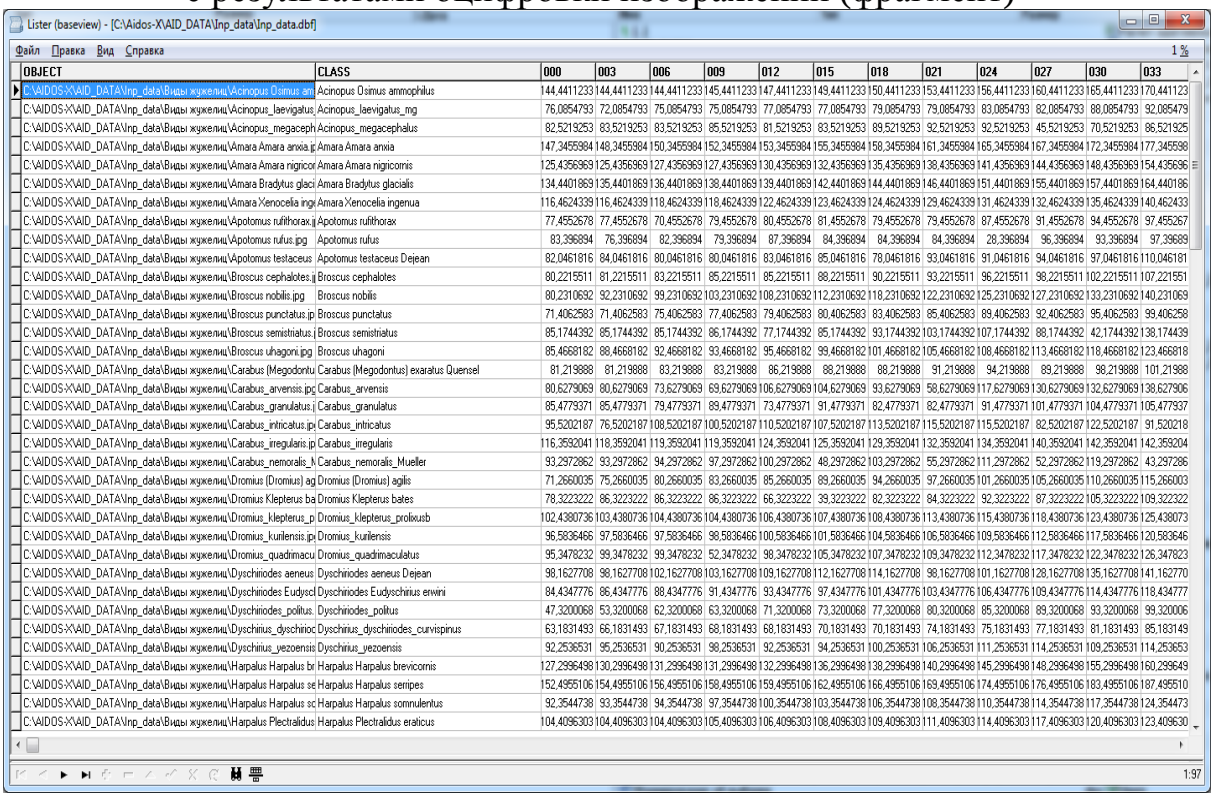


Рисунок 8. Help универсального программного интерфейса системы «Эйдос» с внешними базами данных (режим 2.3.2.2)

В таблице 1 приведен фрагмент сформированного режимом 2.3.2.4 файла .. \AID_DATA\Inp_data\inp_data.dbf с результатами оцифровки изображений:

Таблица 1 – Файл c:\Aidos-X\AID_DATA\Inp_data\inp_data.dbf с результатами оцифровки изображений (фрагмент)[1]


Lister (baseview) - [C:\Aidos-X\AID_DATA\Inp_data\Inp_data.dbf]

Файл Правка Вид Справка

OBJECT	CLASS	000	003	006	009	012	015	018	021	024	027	030	033
C:\AIDOS-X\AID_DATA\Inp_data\Виды жужелиц\Acinopus Osmus am	Acinopus Osmus ammophilus	144,4411233	144,4411233	144,4411233	145,4411233	147,4411233	149,4411233	150,4411233	153,4411233	156,4411233	160,4411233	165,4411233	170,441123
C:\AIDOS-X\AID_DATA\Inp_data\Виды жужелиц\Acinopus_laevigatus_	Acinopus_laevigatus_mg	76,0854793	72,0854793	75,0854793	75,0854793	77,0854793	77,0854793	79,0854793	79,0854793	83,0854793	82,0854793	88,0854793	92,085479
C:\AIDOS-X\AID_DATA\Inp_data\Виды жужелиц\Acinopus_megaceph	Acinopus_megacephalus	82,5219253	83,5219253	83,5219253	85,5219253	81,5219253	83,5219253	89,5219253	92,5219253	92,5219253	45,5219253	70,5219253	86,521925
C:\AIDOS-X\AID_DATA\Inp_data\Виды жужелиц\Amara Amara anxia.jp	Amara Amara anxia	147,3455984	148,3455984	150,3455984	152,3455984	153,3455984	155,3455984	158,3455984	161,3455984	165,3455984	167,3455984	172,3455984	177,345598
C:\AIDOS-X\AID_DATA\Inp_data\Виды жужелиц\Amara Amara nigricor	Amara Amara nigricornis	125,4356969	125,4356969	127,4356969	127,4356969	130,4356969	132,4356969	135,4356969	138,4356969	141,4356969	144,4356969	148,4356969	154,435696
C:\AIDOS-X\AID_DATA\Inp_data\Виды жужелиц\Amara Bradytus glaci	Amara Bradytus glacialis	134,4401869	135,4401869	136,4401869	138,4401869	139,4401869	142,4401869	144,4401869	146,4401869	151,4401869	155,4401869	157,4401869	164,440186
C:\AIDOS-X\AID_DATA\Inp_data\Виды жужелиц\Amara Xenocelia ingr	Amara Xenocelia ingenua	116,4624339	116,4624339	118,4624339	118,4624339	122,4624339	123,4624339	124,4624339	129,4624339	131,4624339	132,4624339	135,4624339	140,462433
C:\AIDOS-X\AID_DATA\Inp_data\Виды жужелиц\Apotomus rufithorax.j	Apotomus rufithorax	77,4552678	77,4552678	70,4552678	79,4552678	80,4552678	81,4552678	79,4552678	79,4552678	87,4552678	91,4552678	94,4552678	97,455267
C:\AIDOS-X\AID_DATA\Inp_data\Виды жужелиц\Apotomus rufus.jpg	Apotomus rufus	83,396894	76,396894	82,396894	79,396894	87,396894	84,396894	84,396894	84,396894	28,396894	96,396894	93,396894	97,39689
C:\AIDOS-X\AID_DATA\Inp_data\Виды жужелиц\Apotomus testaceus	Apotomus testaceus Dejean	82,0461816	84,0461816	80,0461816	80,0461816	83,0461816	85,0461816	78,0461816	93,0461816	91,0461816	94,0461816	97,0461816	110,046181
C:\AIDOS-X\AID_DATA\Inp_data\Виды жужелиц\Broscus cephalotes.j	Broscus cephalotes	80,2215511	81,2215511	83,2215511	85,2215511	85,2215511	88,2215511	90,2215511	93,2215511	96,2215511	98,2215511	102,2215511	107,221551
C:\AIDOS-X\AID_DATA\Inp_data\Виды жужелиц\Broscus nobilis.jpg	Broscus nobilis	80,2310692	92,2310692	99,2310692	103,2310692	108,2310692	112,2310692	118,2310692	122,2310692	125,2310692	127,2310692	133,2310692	140,231069
C:\AIDOS-X\AID_DATA\Inp_data\Виды жужелиц\Broscus punctatus.jp	Broscus punctatus	71,4062583	71,4062583	75,4062583	77,4062583	79,4062583	80,4062583	83,4062583	85,4062583	89,4062583	92,4062583	95,4062583	99,406258
C:\AIDOS-X\AID_DATA\Inp_data\Виды жужелиц\Broscus semistriatus.j	Broscus semistriatus	85,1744392	85,1744392	85,1744392	86,1744392	77,1744392	85,1744392	93,1744392	103,1744392	107,1744392	88,1744392	42,1744392	138,174439
C:\AIDOS-X\AID_DATA\Inp_data\Виды жужелиц\Broscus uhagoni.jpg	Broscus uhagoni	85,4668182	88,4668182	92,4668182	93,4668182	95,4668182	99,4668182	101,4668182	105,4668182	108,4668182	113,4668182	118,4668182	123,466818
C:\AIDOS-X\AID_DATA\Inp_data\Виды жужелиц\Carabus (Megodontu	Carabus (Megodontus) exaratus Quensel	81,219888	81,219888	83,219888	83,219888	86,219888	88,219888	88,219888	91,219888	94,219888	89,219888	98,219888	101,21988
C:\AIDOS-X\AID_DATA\Inp_data\Виды жужелиц\Carabus_arvensis.jpg	Carabus_arvensis	80,6279069	80,6279069	73,6279069	69,6279069	106,6279069	104,6279069	93,6279069	58,6279069	117,6279069	130,6279069	132,6279069	138,627906
C:\AIDOS-X\AID_DATA\Inp_data\Виды жужелиц\Carabus_granulatus.j	Carabus_granulatus	85,4779371	85,4779371	79,4779371	89,4779371	73,479371	91,4779371	82,4779371	82,4779371	91,4779371	101,4779371	104,4779371	105,477937
C:\AIDOS-X\AID_DATA\Inp_data\Виды жужелиц\Carabus_intricatus.jp	Carabus_intricatus	95,5202187	76,5202187	108,5202187	100,5202187	110,5202187	107,5202187	113,5202187	115,5202187	115,5202187	82,5202187	122,5202187	91,520218
C:\AIDOS-X\AID_DATA\Inp_data\Виды жужелиц\Carabus_irregularis.jp	Carabus_irregularis	116,3592041	118,3592041	119,3592041	119,3592041	124,3592041	125,3592041	129,3592041	132,3592041	134,3592041	140,3592041	142,3592041	142,359204
C:\AIDOS-X\AID_DATA\Inp_data\Виды жужелиц\Carabus_nemoralis_N	Carabus_nemoralis_Mueller	93,2972862	93,2972862	94,2972862	97,2972862	100,2972862	48,2972862	103,2972862	55,2972862	111,2972862	52,2972862	119,2972862	43,297286
C:\AIDOS-X\AID_DATA\Inp_data\Виды жужелиц\Dromius (Dromius) ag	Dromius (Dromius) agilis	71,2660035	75,2660035	80,2660035	83,2660035	85,2660035	89,2660035	94,2660035	97,2660035	101,2660035	105,2660035	110,2660035	115,266003
C:\AIDOS-X\AID_DATA\Inp_data\Виды жужелиц\Dromius Klepterus ba	Dromius Klepterus bates	78,3223222	86,3223222	86,3223222	86,3223222	66,3223222	39,3223222	82,3223222	84,3223222	92,3223222	87,3223222	105,3223222	109,322322
C:\AIDOS-X\AID_DATA\Inp_data\Виды жужелиц\Dromius_klepterus_p	Dromius_klepterus_prolixusb	102,4380736	103,4380736	104,4380736	104,4380736	106,4380736	107,4380736	108,4380736	113,4380736	115,4380736	118,4380736	123,4380736	125,438073
C:\AIDOS-X\AID_DATA\Inp_data\Виды жужелиц\Dromius_kurilensis.jp	Dromius_kurilensis	96,5836466	97,5836466	97,5836466	98,5836466	100,5836466	101,5836466	104,5836466	106,5836466	109,5836466	112,5836466	117,5836466	120,583646
C:\AIDOS-X\AID_DATA\Inp_data\Виды жужелиц\Dromius_quadrimacu	Dromius_quadrimaculatus	95,3478232	99,3478232	99,3478232	52,3478232	98,3478232	105,3478232	107,3478232	109,3478232	112,3478232	117,3478232	122,3478232	126,347823
C:\AIDOS-X\AID_DATA\Inp_data\Виды жужелиц\Dyschiriodes aeneus	Dyschiriodes aeneus Dejean	98,1627708	98,1627708	102,1627708	103,1627708	109,1627708	112,1627708	114,1627708	98,1627708	101,1627708	128,1627708	135,1627708	141,162770
C:\AIDOS-X\AID_DATA\Inp_data\Виды жужелиц\Dyschiriodes Eudysc	Dyschiriodes Eudyschirius erwini	84,4347776	86,4347776	88,4347776	91,4347776	93,4347776	97,4347776	101,4347776	103,4347776	106,4347776	109,4347776	114,4347776	118,434777
C:\AIDOS-X\AID_DATA\Inp_data\Виды жужелиц\Dyschiriodes_politus.	Dyschiriodes_politus	47,3200068	53,3200068	62,3200068	63,3200068	71,3200068	73,3200068	77,3200068	80,3200068	85,3200068	89,3200068	93,3200068	99,320006
C:\AIDOS-X\AID_DATA\Inp_data\Виды жужелиц\Dyschirius_dyschirioc	Dyschirius_dyschiriodes_curvispinus	63,1831493	66,1831493	67,1831493	68,1831493	68,1831493	70,1831493	70,1831493	74,1831493	75,1831493	77,1831493	81,1831493	85,183149
C:\AIDOS-X\AID_DATA\Inp_data\Виды жужелиц\Dyschirius_yezoensis	Dyschirius_yezoensis	92,2536531	95,2536531	90,2536531	98,2536531	92,2536531	94,2536531	100,2536531	106,2536531	111,2536531	114,2536531	109,2536531	114,253653
C:\AIDOS-X\AID_DATA\Inp_data\Виды жужелиц\Harpalus Harpalus br	Harpalus Harpalus brevicornis	127,2996498	130,2996498	131,2996498	131,2996498	132,2996498	136,2996498	138,2996498	140,2996498	145,2996498	148,2996498	155,2996498	160,299649
C:\AIDOS-X\AID_DATA\Inp_data\Виды жужелиц\Harpalus Harpalus se	Harpalus Harpalus serripes	152,4955106	154,4955106	156,4955106	158,4955106	159,4955106	162,4955106	166,4955106	169,4955106	174,4955106	176,4955106	183,4955106	187,495510
C:\AIDOS-X\AID_DATA\Inp_data\Виды жужелиц\Harpalus Harpalus sc	Harpalus Harpalus somnulentus	92,3544738	93,3544738	94,3544738	97,3544738	100,3544738	103,3544738	106,3544738	108,3544738	110,3544738	114,3544738	117,3544738	124,354473
C:\AIDOS-X\AID_DATA\Inp_data\Виды жужелиц\Harpalus Plectralidus	Harpalus Plectralidus eraticus	104,4096303	104,4096303	104,4096303	105,4096303	106,4096303	108,4096303	109,4096303	111,4096303	114,4096303	117,4096303	120,4096303	123,409630

1:97

Сам этот программный интерфейс вызывается из главного меню системы «Эйдос» (режим 2.3.2.2), либо из режима: 4.7. «АСК-анализ изображений», либо из режима 4.8. «Геокогнитивная подсистема».

Главная экранная форма режима 2.3.2.2 приведена на рисунке 9, причем на ней показаны нужные параметры, которые формируются режимом оконтуривания как параметры по умолчанию. Единственное что изменено, так это задана опция: «Разные интервалы с равным числом наблюдений», т.к., как показали численные эксперименты, это обеспечеивает более высокую достоверность модели.

[1] Это изображение сделано с высоким разрешением и четко просматривается при масштабе 200% и более. Полный файл исходных данных не приводится из-за большой размерности.

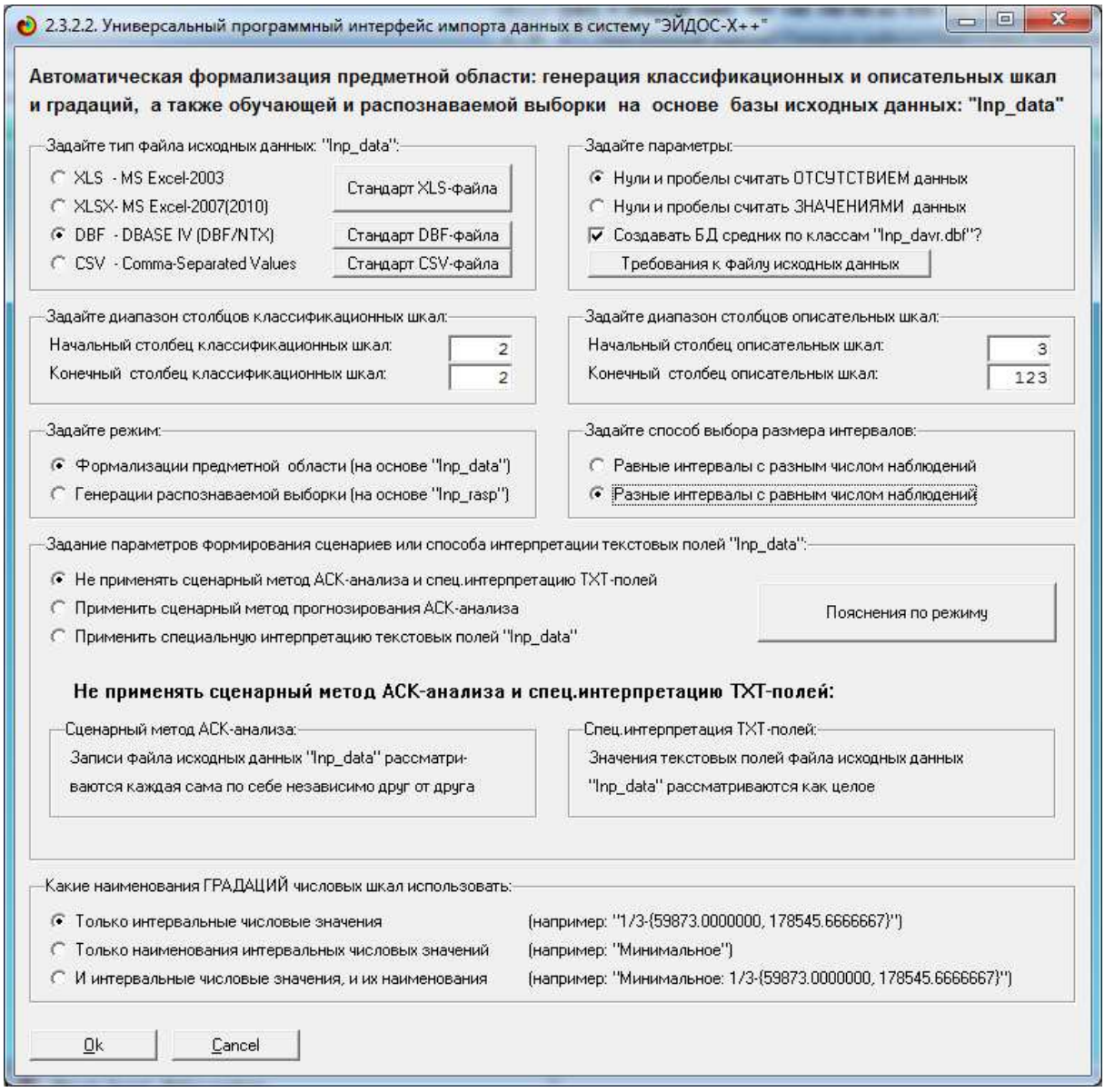


Рисунок 9. Экранная форма задания параметров работы универсального программного интерфейса системы «Эйдос» с внешними базами данных (режим 2.3.2.2)

После запуска процесса ввода данных из файла: ..\AID_DATA\Inp_data\inp_data.dbf в базы данных системы «Эйдос» определяется количество заданных текстовых и числовых классификационных и описательных шкал и градаций [7] и выводится окно внутреннего калькулятора данного режима, в котором мы можем задать число интервальных значений в числовых шкалах (рисунок 10):

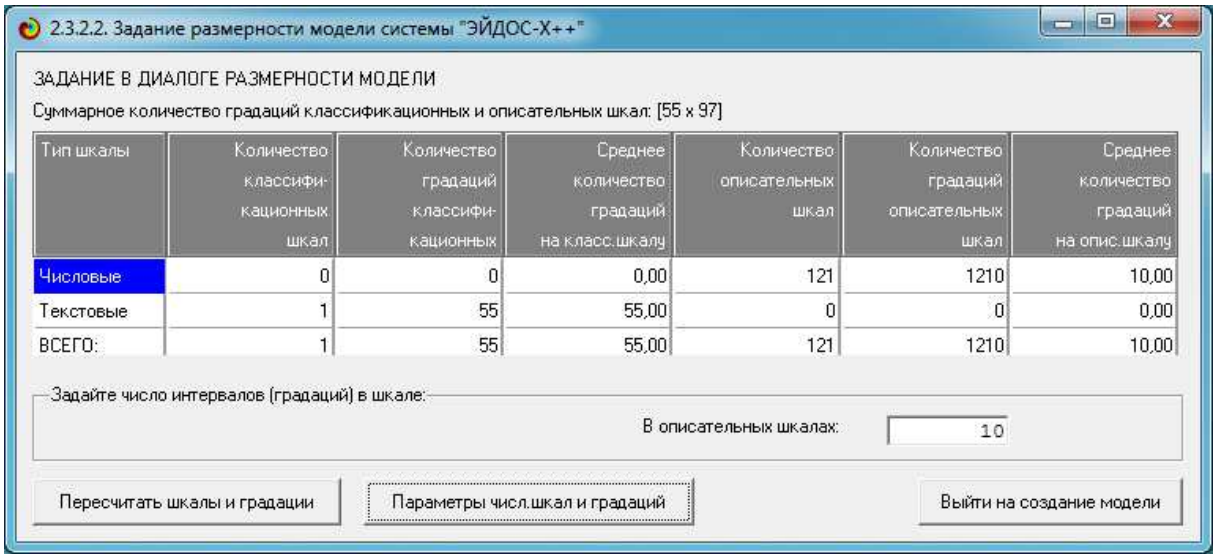


Рисунок 10. Экранная форма внутреннего калькулятора универсального программного интерфейса системы «Эйдос» с внешними базами данных

В это форме задано 10 интервальных значений (градаций) в описательных шкалах, а затем пересчитаны шкалы и градации. После клика по кнопке «Выйти на создание модели» начинается процесс импорта данных оцифровки изображений из файла ..\AID_DATA\Inp_data\inp_data.dbf 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 11). Этот процесс завершается за 7 секунд.

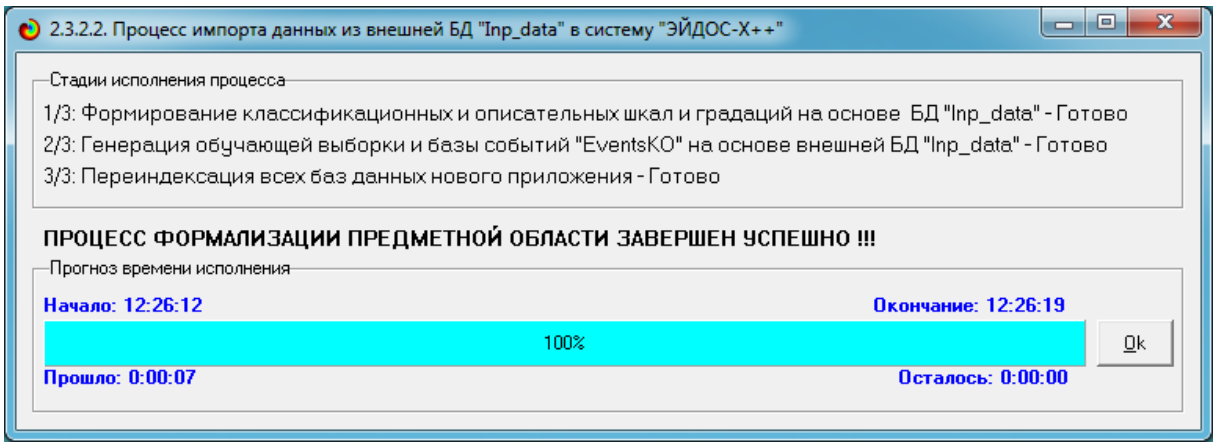


Рисунок 11. Экранная форма, отображающая этапы импорта данных из внешней базы данных в систему «Эйдос»

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_davr.dbf с усредненными данными по классам.

Таким образом подготавливаются все исходные базы данных для синтеза и верификации модели.

5.4. Синтез и верификация моделей обобщенных образов насекомых по видам и родам (многопараметрическая типизация)

Далее автоматически запускается режим 3.5, обеспечивающий синтез и верификацию (оценку достоверности) моделей (рисунок 12):

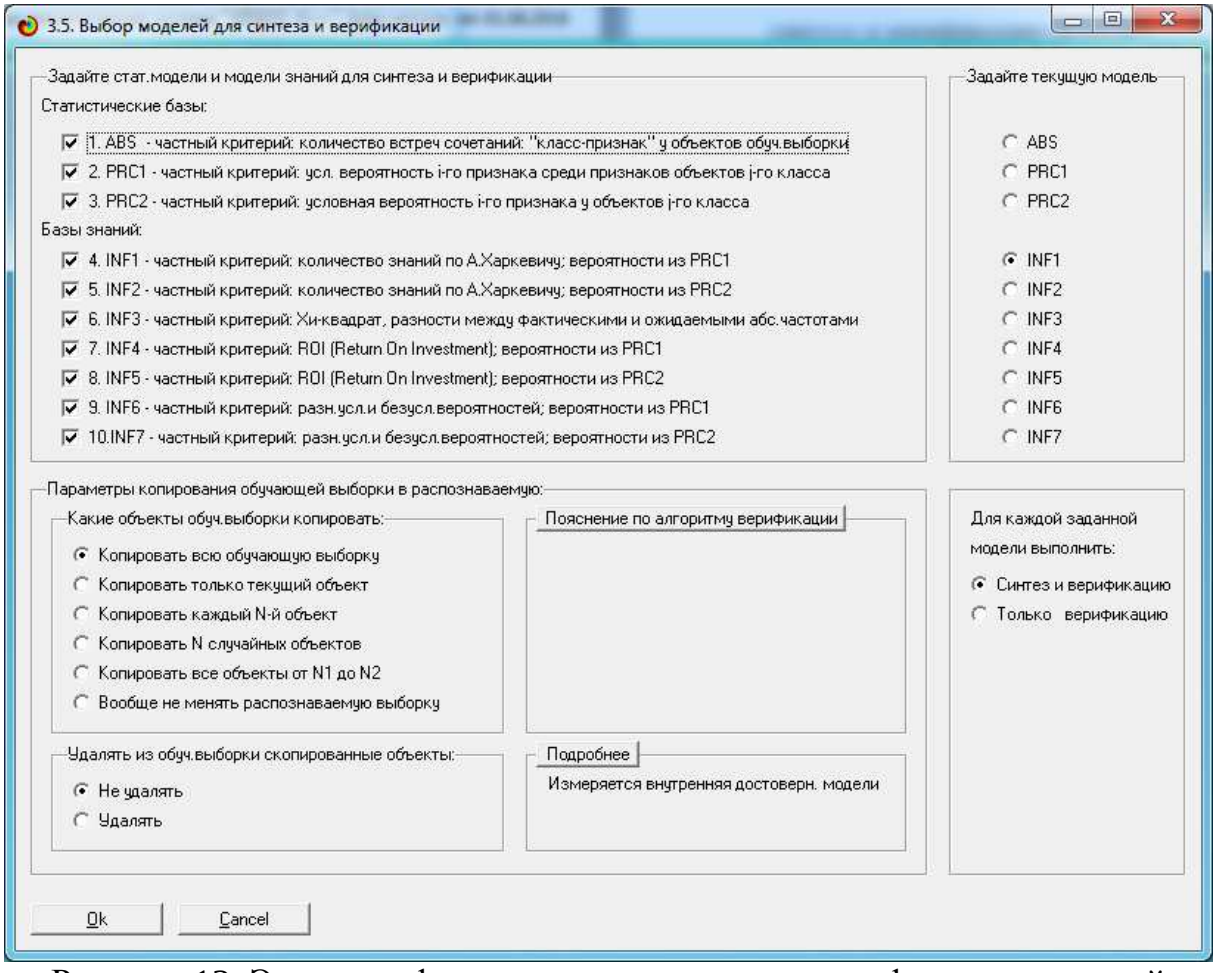


Рисунок 12. Экранная форма режима синтеза и верификации моделей системы «Эйдос» (режима 3.5)

Запускаем этот режим с параметрами по умолчанию, сформированными в режиме «Оконтуривание». 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 13 и 14) [7]:

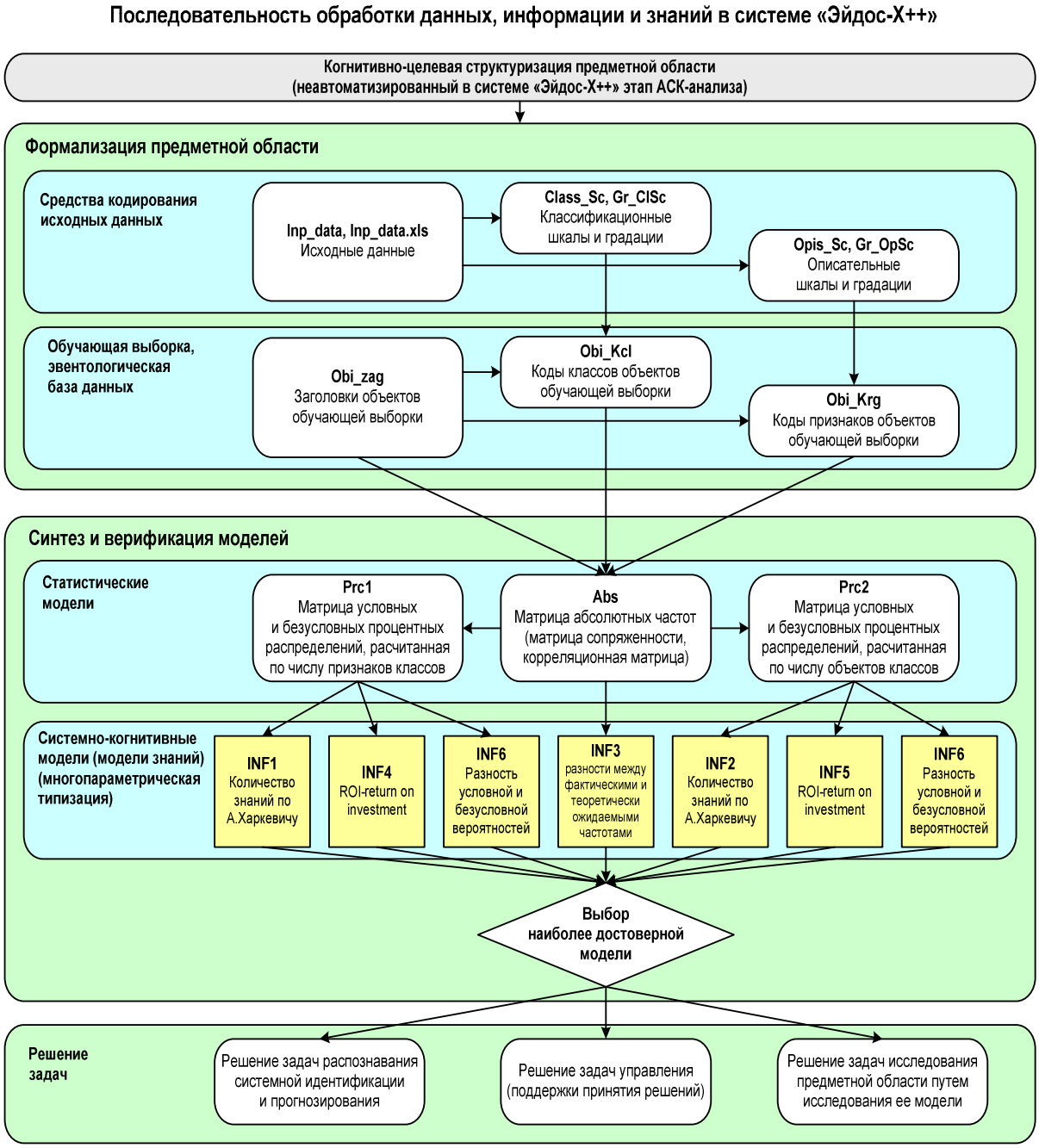


Рисунок 13. Этапы последовательного повышения степени формализации модели от данных к информации, а от нее к знаниям[2]

[2] Подробнее об этом можно прочитать в работе [7] и других работах, посвященных АСК-анализу

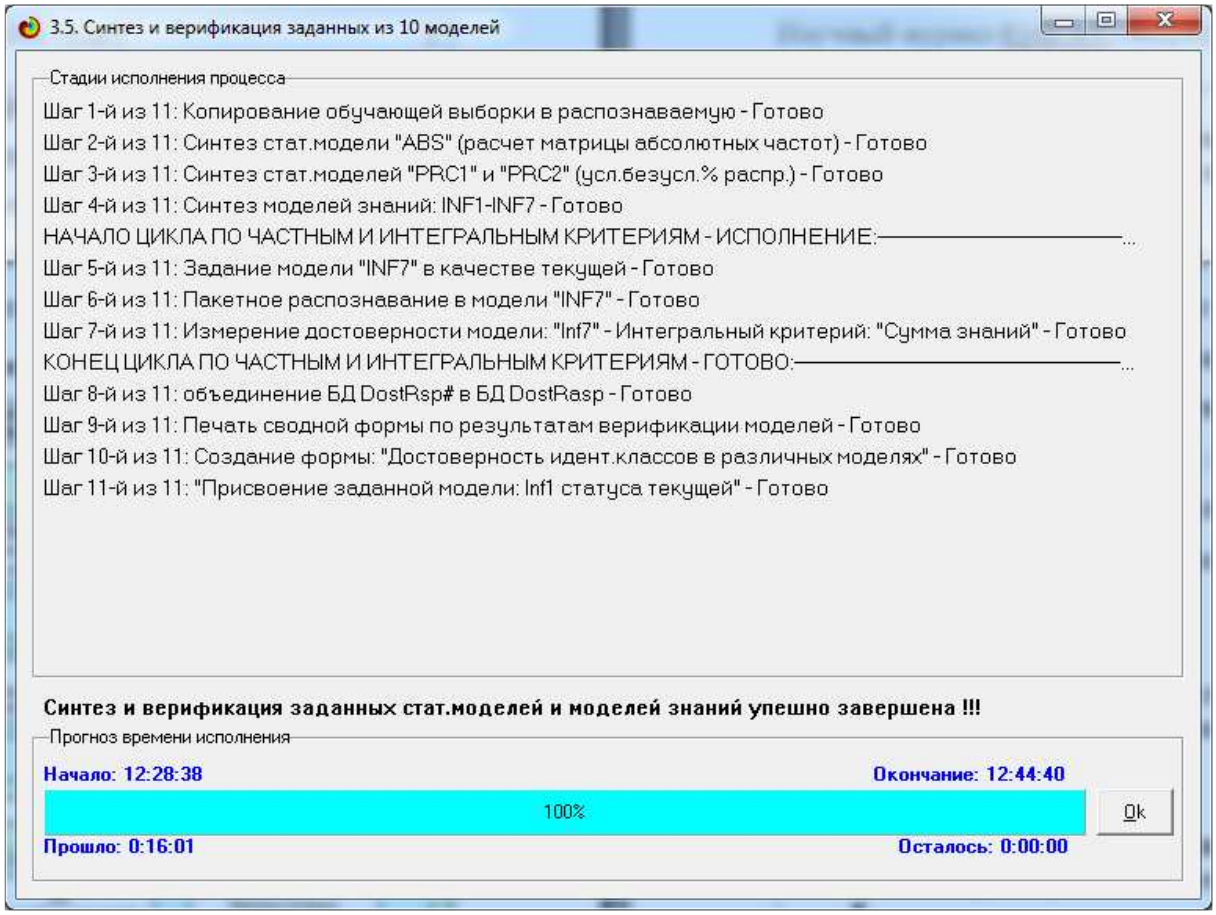
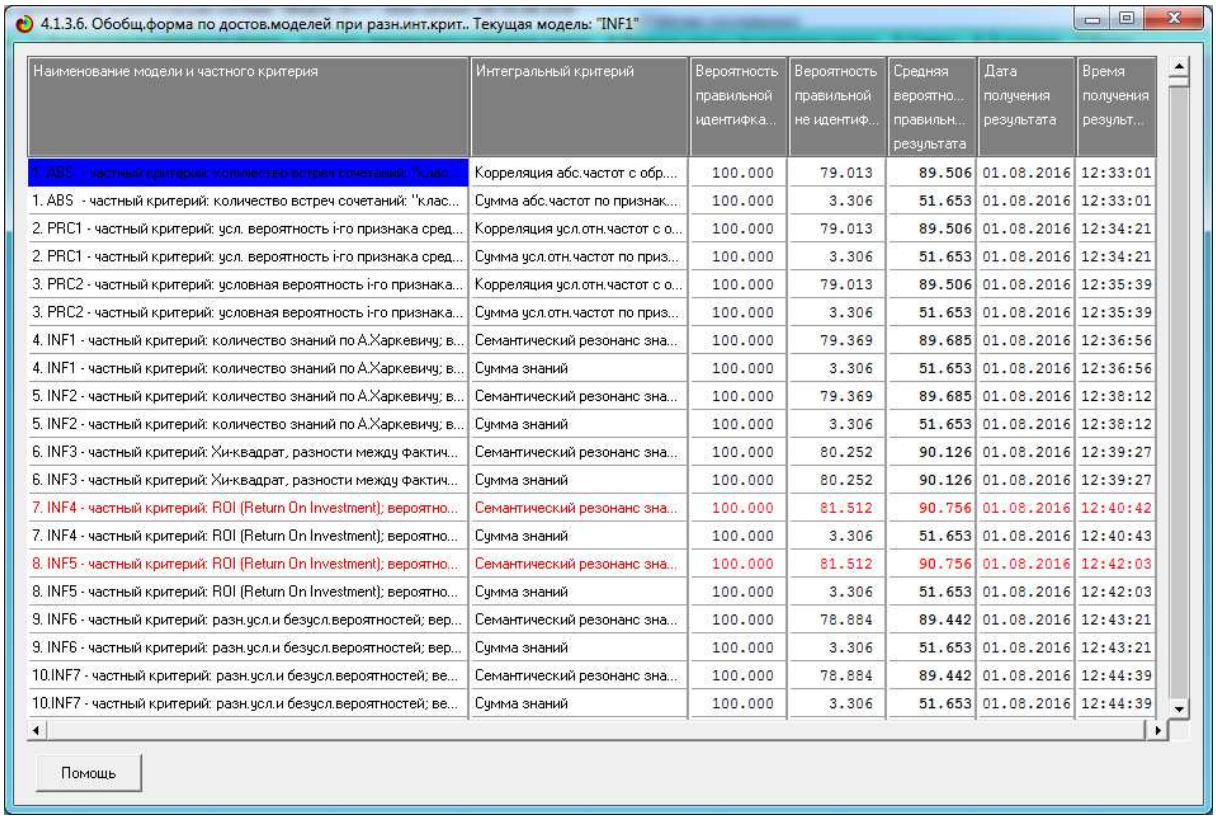


Рисунок 14. Экранная форма отображения стадии исполнения режима синтеза и верификации моделей

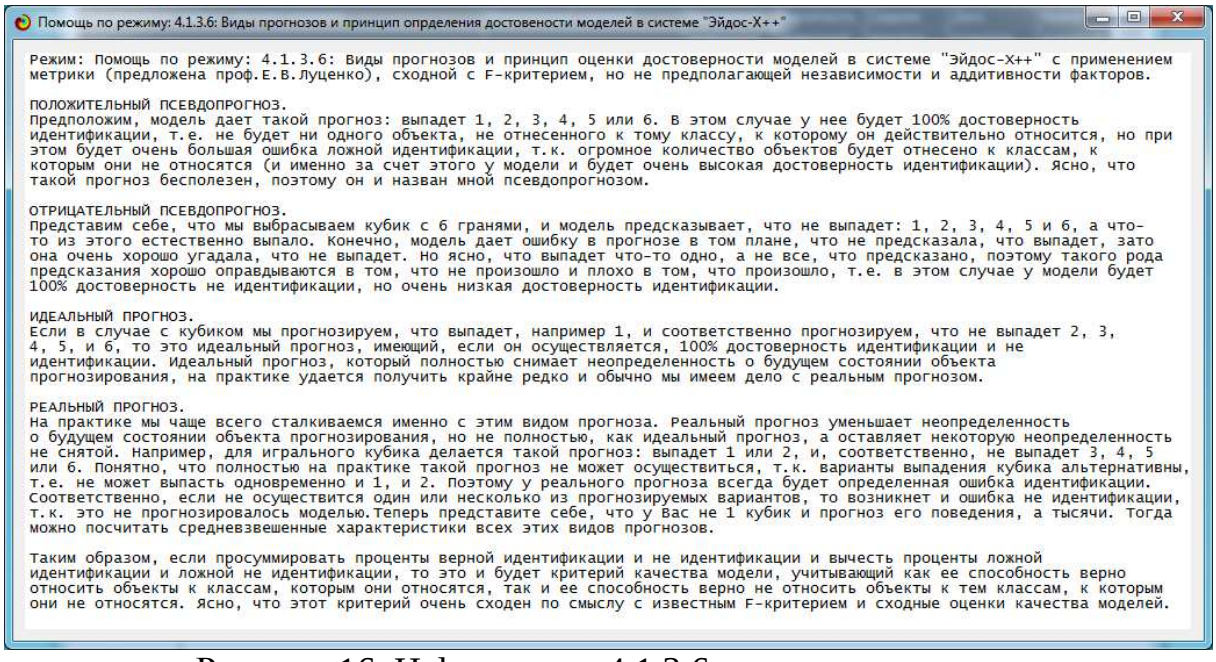
Из рисунка 14 видно, что процесс синтеза и верификации 10 моделей на выборке из 52 жужелиц занял 16 минут 1 секунда. В основном это время было затрачено на верификацию моделей.

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 (рисунки 15 и 16).



Наименование модели и частного критерия	Интегральный критерий	Вероятность правильной идентифка...	Вероятность правильной не идентиф...	Средняя вероятно... правильн... результата	Дата получения результата	Время получения результ...
0. ABS - частный критерий: количество встреч сочетаний: "клас...	Корреляция абс.частот с обр....	100.000	79.013	89.506	01.08.2016	12:33:01
1. ABS - частный критерий: количество встреч сочетаний: "клас...	Сумма абс.частот по признак....	100.000	3.306	51.653	01.08.2016	12:33:01
2. PRC1 - частный критерий: усл. вероятность i-го признака сред...	Корреляция усл.отн.частот с о...	100.000	79.013	89.506	01.08.2016	12:34:21
2. PRC1 - частный критерий: усл. вероятность i-го признака сред...	Сумма усл.отн.частот по приз...	100.000	3.306	51.653	01.08.2016	12:34:21
3. PRC2 - частный критерий: условная вероятность i-го признака...	Корреляция усл.отн.частот с о...	100.000	79.013	89.506	01.08.2016	12:35:39
3. PRC2 - частный критерий: условная вероятность i-го признака...	Сумма усл.отн.частот по приз...	100.000	3.306	51.653	01.08.2016	12:35:39
4. INF1 - частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу; в...	Семантический резонанс зна...	100.000	79.369	89.685	01.08.2016	12:36:56
4. INF1 - частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу; в...	Сумма знаний	100.000	3.306	51.653	01.08.2016	12:36:56
5. INF2 - частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу; в...	Семантический резонанс зна...	100.000	79.369	89.685	01.08.2016	12:38:12
5. INF2 - частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу; в...	Сумма знаний	100.000	3.306	51.653	01.08.2016	12:38:12
6. INF3 - частный критерий: Хи-квадрат, разности между фактич...	Семантический резонанс зна...	100.000	80.252	90.126	01.08.2016	12:39:27
6. INF3 - частный критерий: Хи-квадрат, разности между фактич...	Сумма знаний	100.000	80.252	90.126	01.08.2016	12:39:27
7. INF4 - частный критерий: ROI (Return On Investment); вероятно...	Семантический резонанс зна...	100.000	81.512	90.756	01.08.2016	12:40:42
7. INF4 - частный критерий: ROI (Return On Investment); вероятно...	Сумма знаний	100.000	3.306	51.653	01.08.2016	12:40:43
8. INF5 - частный критерий: ROI (Return On Investment); вероятно...	Семантический резонанс зна...	100.000	81.512	90.756	01.08.2016	12:42:03
8. INF5 - частный критерий: ROI (Return On Investment); вероятно...	Сумма знаний	100.000	3.306	51.653	01.08.2016	12:42:03
9. INF6 - частный критерий: разн.усл.и безусл.вероятностей; вер...	Семантический резонанс зна...	100.000	78.884	89.442	01.08.2016	12:43:21
9. INF6 - частный критерий: разн.усл.и безусл.вероятностей; вер...	Сумма знаний	100.000	3.306	51.653	01.08.2016	12:43:21
10.INF7 - частный критерий: разн.усл.и безусл.вероятностей; ве...	Семантический резонанс зна...	100.000	78.884	89.442	01.08.2016	12:44:39
10.INF7 - частный критерий: разн.усл.и безусл.вероятностей; ве...	Сумма знаний	100.000	3.306	51.653	01.08.2016	12:44:39

Рисунок 15. Оценка достоверности моделей, созданных на 1-й итерации, с помощью непараметрической метрики, сходной с F-критерием



Режим: Помощь по режиму: 4.1.3.6: Виды прогнозов и принцип оценки достоверности моделей в системе "Эйдос-X++" с применением метрики (предложена проф.Е.В.Луценко), сходной с F-критерием, но не предполагающей независимости и аддитивности факторов.

ПОЛОЖИТЕЛЬНЫЙ ПСЕВДОПРОГНОЗ.
Предположим, модель дает такой прогноз: выпадет 1, 2, 3, 4, 5 или 6. В этом случае у нее будет 100% достоверность идентификации, т.е. не будет ни одного объекта, не отнесенного к тому классу, к которому он действительно относится, но при этом будет очень большая ошибка ложной идентификации, т.к. огромное количество объектов будет отнесено к классам, к которым они не относятся (и именно за счет этого у модели и будет очень высокая достоверность идентификации). Ясно, что такой прогноз бесполезен, поэтому он и назван мной псевдопрогнозом.

ОТРИЦАТЕЛЬНЫЙ ПСЕВДОПРОГНОЗ.
Представим себе, что мы выбрасываем кубик с 6 гранями, и модель предсказывает, что не выпадет: 1, 2, 3, 4, 5 и 6, а что-то из этого естественно выпало. Конечно, модель дает ошибку в прогнозе в том плане, что не предсказала, что выпадет, зато она очень хорошо угадала, что не выпадет. Но ясно, что выпадет что-то одно, а не все, что предсказано, поэтому такого рода предсказания хорошо оправдываются в том, что не произошло и плохо в том, что произошло, т.е. в этом случае у модели будет 100% достоверность не идентификации, но очень низкая достоверность идентификации.

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

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

Таким образом, если просуммировать проценты верной идентификации и не идентификации и вычесть проценты ложной идентификации и ложной не идентификации, то это и будет критерий качества модели, учитывающий как ее способность верно относить объекты к классам, которым они относятся, так и ее способность верно не относить объекты к тем классам, к которым они не относятся. Ясно, что этот критерий очень сходен по смыслу с известным F-критерием и сходные оценки качества моделей.

Рисунок 16. Help режима 4.1.3.6: пояснение смысла непараметрической метрики, сходной с F-критерием

Из рисунка 15 мы видим, что в данном исследовании наиболее достоверной является модель INF4 [7], которая дает среднюю достоверность

определения рода и вида насекомого около 91%, причем достоверность правильного отнесения насекомого к виду и роду, к которым оно относится, составляет 100%, а правильного не отнесения к виду и роду, к которым оно не относится – около 82%.

5.5. Задание наиболее достоверной модели в качестве текущей

В соответствии со схемой, приведенной на рисунке 13, и информацией по достоверности моделей, приведенной на рисунке 15, в режиме 5.6 системы «Эйдос» зададим системно-когнитивную модель INF4 в качестве текущей (рисунок 17) и проведем в этой модели пакетную идентификацию в режиме 4.1.2 (рисунок 18):

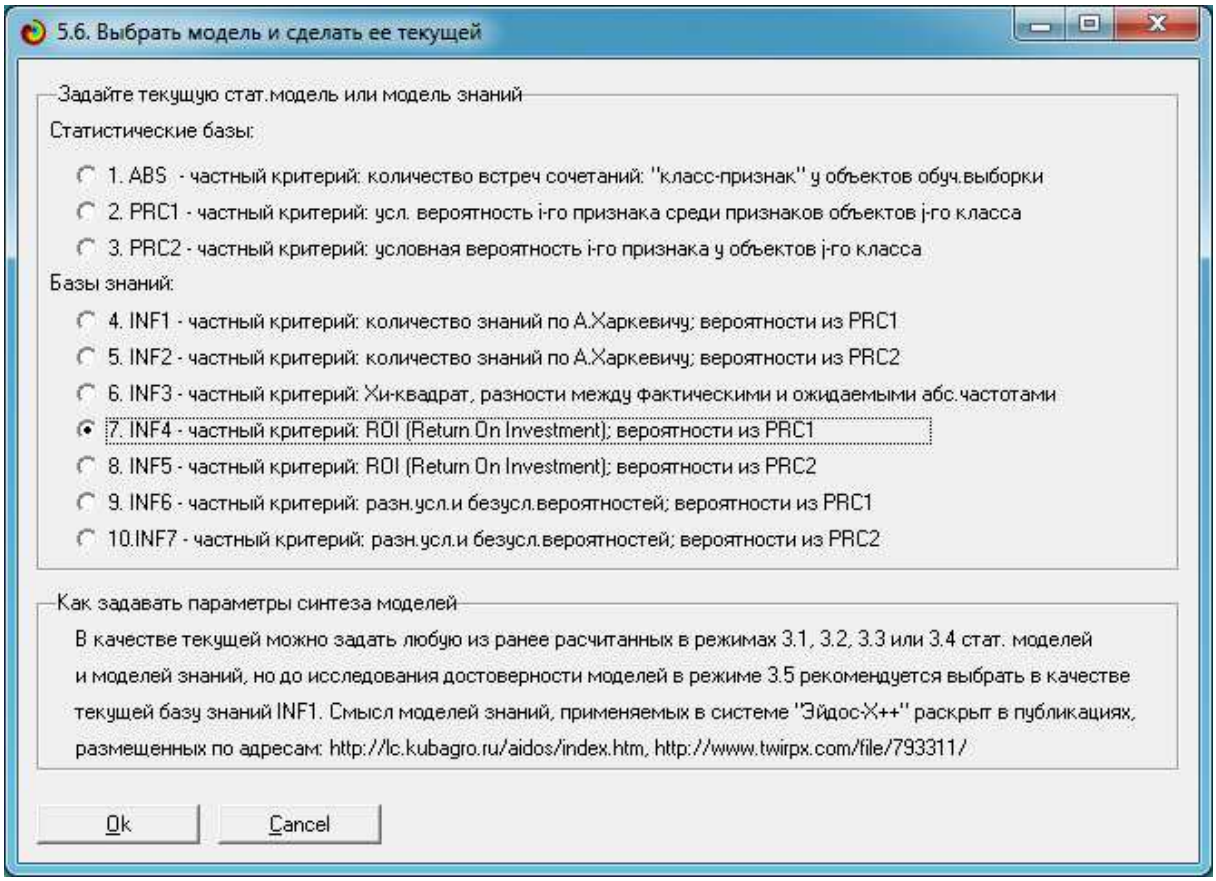


Рисунок 17. Экранная форма, позволяющая задать любую модель в качестве текущей

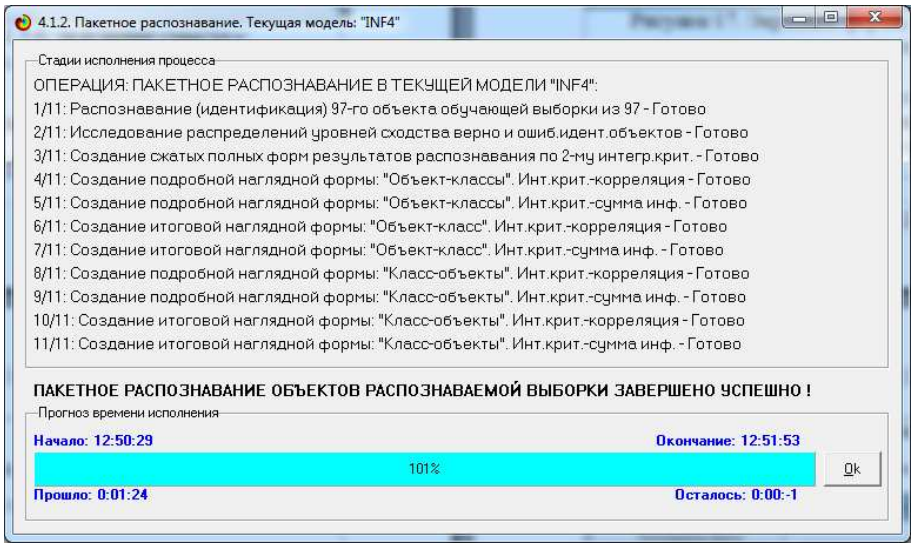


Рисунок 18. Экранная форма с отображением этапов и стадии решения задачи классификации конкретных насекомых с обобщенными образами жуков по родам

Из данной экранной формы видно, что идентификация 52 жужелиц с обобщенными образами видов и родов выполнена за 1 минуту 24 секунды.

5.6. Количественное определение сходства-различия конкретных насекомых с обобщенными образами насекомых различных видов и родов (системная идентификация)

Для ввода изображений не в обучающую (для формирования модели), а в распознаваемую выборку для их последующей классификации, необходимо:

– поместить в поддиректорию: ..\AID_DATA\Inp_data\ в какую-нибудь папку, например «Классифицируемые насекомые», изображения классифицируемых жуков в том же стандарте, что и в обучающей выборке;

– выполнить режим: «Оконтуривание» в геокогнитивной подсистеме 4.8 с опцией: «Генерация распознаваемой выборки и идентификация (классификация) изображений»;

– выполнить режим 2.3.2.2. «Универсальный программный интерфейс импорта данных в систему» с теми же параметрами, что и при вводе

обучающей выборки (рисунок 9), но с опцией: «Генерация распознаваемой выборки (на основе файла Inp_rasp)» (рисунок 19);

– выполнить режим 4.1.2. «Пакетное распознавание в текущей модели».

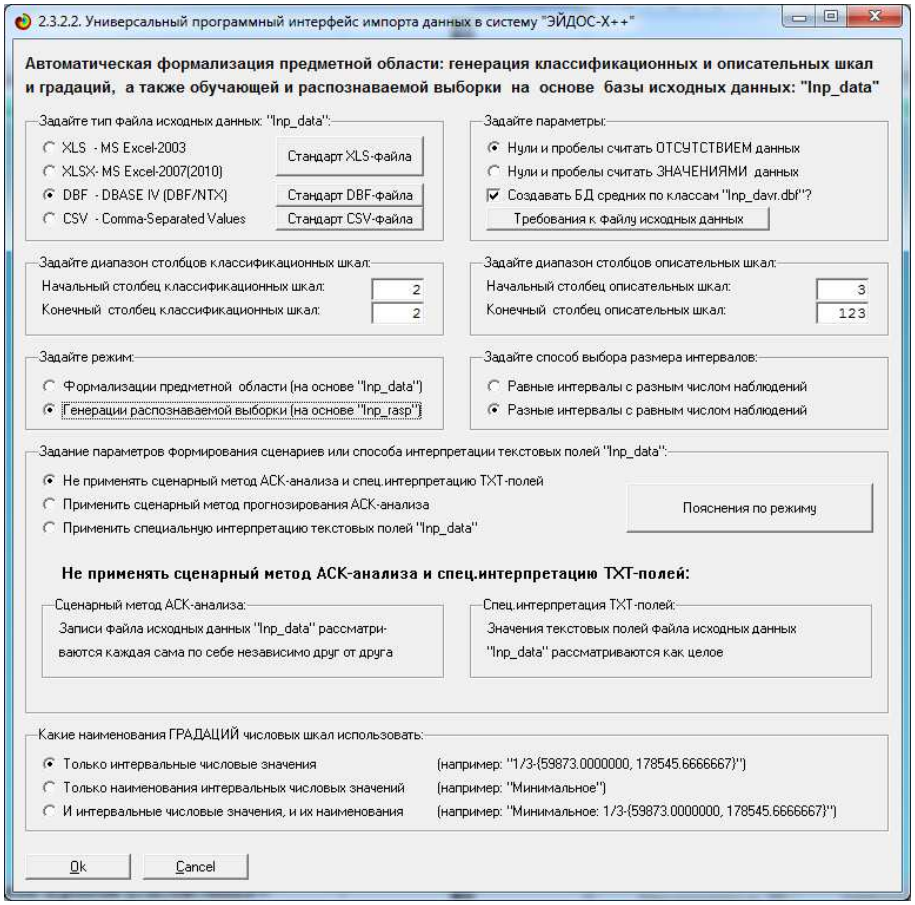


Рисунок 19. Главная экранная форма универсального программного интерфейса системы «Эйдос» с внешними базами данных (режим 2.3.2.2) с опциями ввода распознаваемой выборки с адаптивными интервалами

Режимы 2.3.2.2 и 4.1.2 запускаются с нужными параметрами автоматически после оконтуривания с опцией генерации распознаваемой выборки. Единственное, вручную необходимо выбрать опцию: «Разные интервалы с равным числом наблюдений».

Результаты идентификации выводятся во многих экранных формах и базах данных, которые можно открывать в MS Excel. Одна из этих форм приведена на рисунке 20:

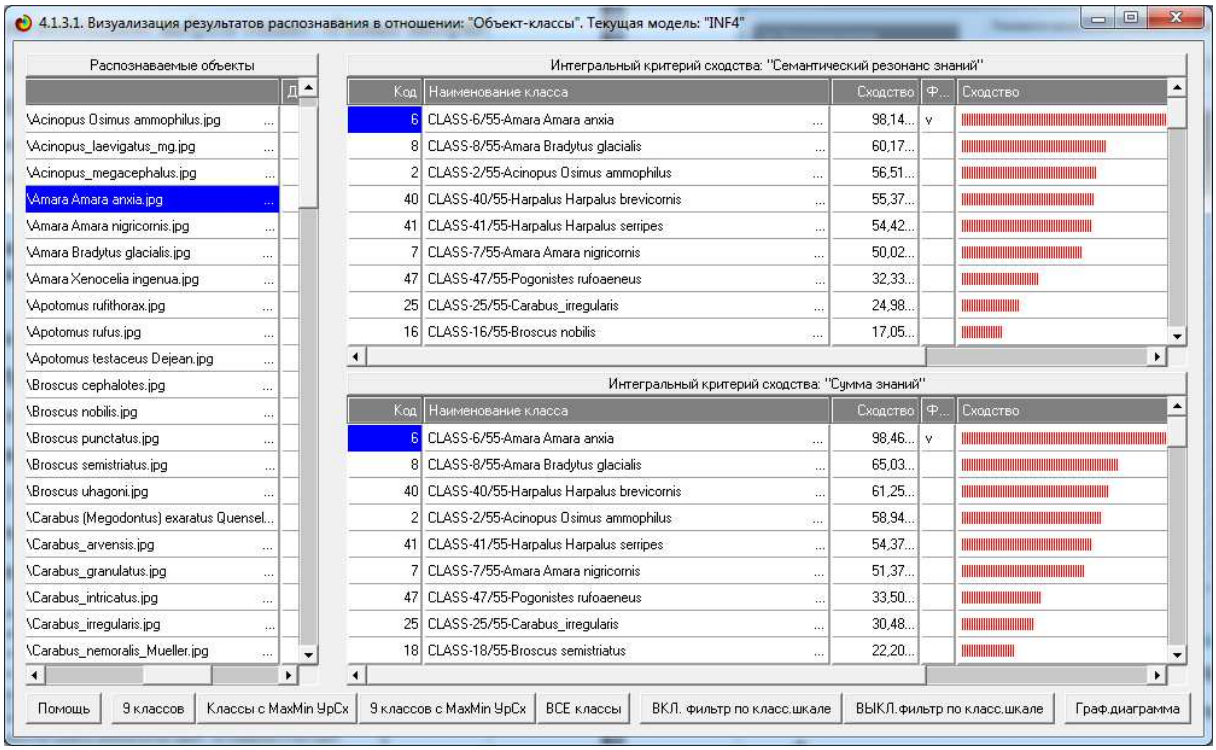


Рисунок 20. Степень сходства образа конкретного насекомого с обобщенными образами различных насекомых

Из экранной формы на рисунке 20 видно, что система верно определила и вид, и род по изображению конкретного насекомого, а из экранной формы на рисунке 15 – что так обычно происходит и с другими насекомыми, т.е. *задача, поставленная в статье, успешно решена*.

В подсистеме 4.1.3. «Вывод результатов распознавания» системы «Эйдос» мы можем получить 10 различных выходных форм, наименования которых приведены на рисунке 21:

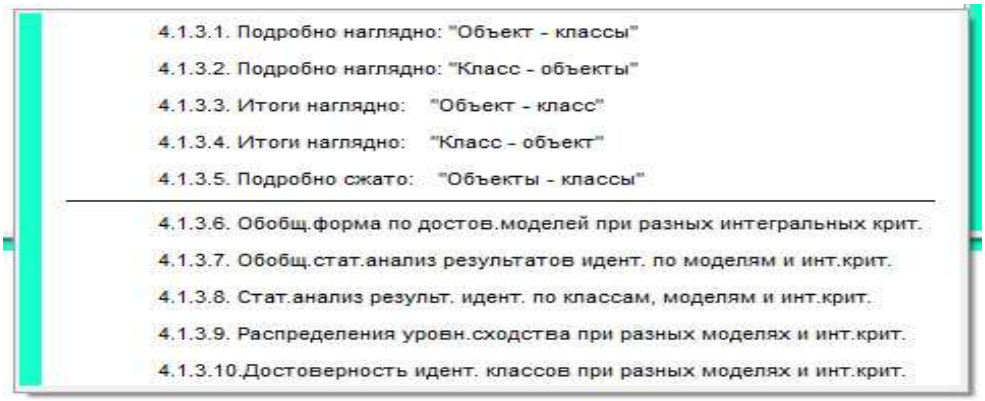


Рисунок 21. Наименования выходных форм системы «Эйдос» с результатами распознавания

Одну из них (4.1.3.1), наиболее подробную, мы привели в рисунке 20. Ниже на рисунке 22 приведем обобщающую форму (режим 4.1.3.3), в которой для каждого насекомого показан лишь один класс, с которым у данного вида наивысший уровень сходства по заданному интегральному критерию [7] (вверху слева):

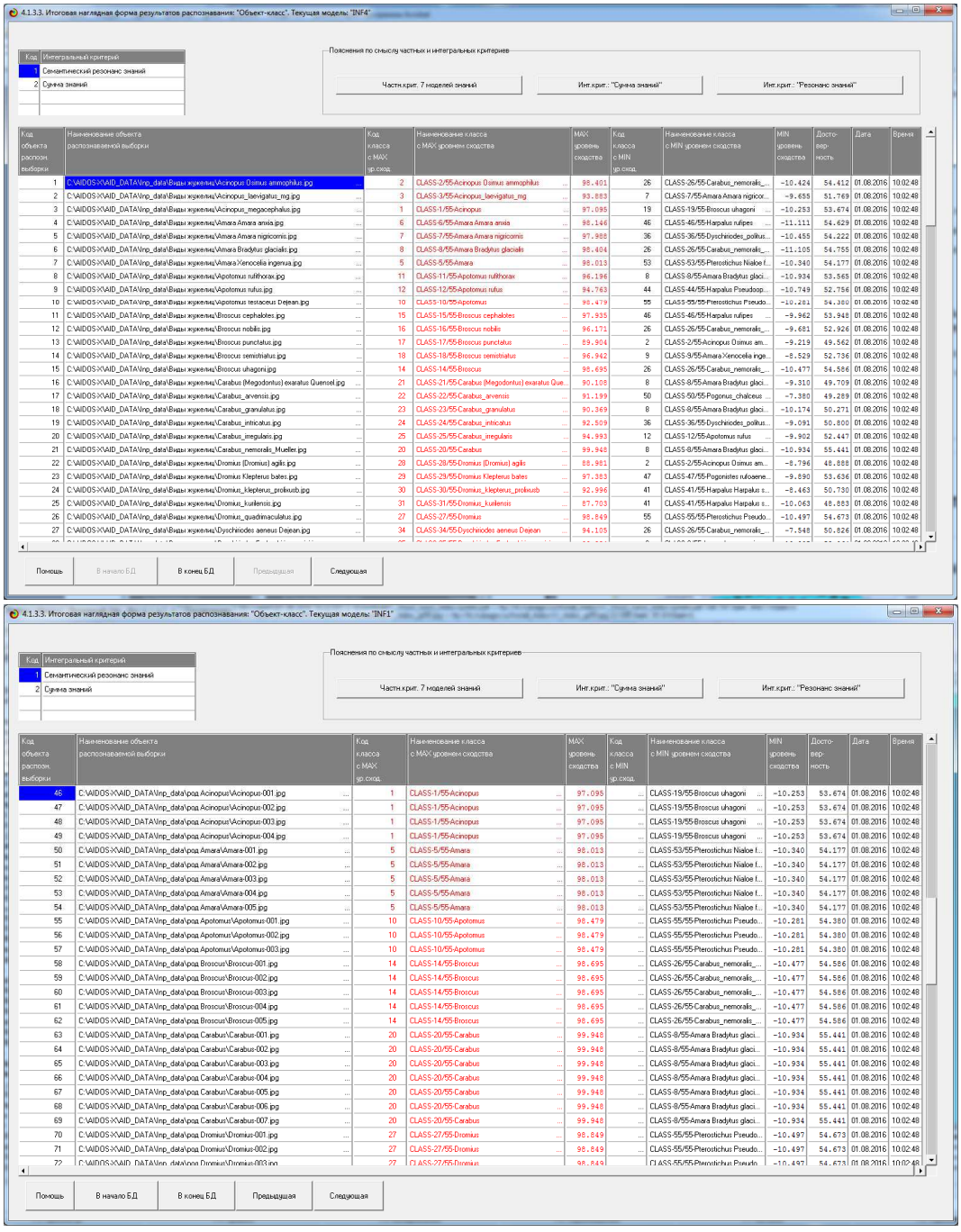


Рисунок 22. Степень сходства изображения конкретного насекомого с обобщенными образами различных видов (верхняя форма) и родов (нижняя форма)

Из форм на рисунках 22 и 22 видно, что если бы мы не знали к какому виду и роду относится насекомое, то система «Эйдос» на основе созданной системно-когнитивной модели позволила бы по его изображению это определить быстро и с высокой точностью.

5.7. Количественное определение сходства-различия обобщенных образов насекомых различных видов и родов друг с другом (кластерно-конструктивный анализ)

Это сравнение осуществляется в режиме 4.2.2. «Кластерно-конструктивный анализ классов. Предварительно нужно выполнить режим 4.2.2.1. «Расчет матриц сходства, кластеров и конструктов классов», а затем вывести результаты в режиме 4.2.2. «Результаты кластерно-конструктивного анализа классов». На рисунках 23 и 24 приведены табличная и графическая выходные формы, количественно отражающие степень сходства обобщенных образов насекомых различных видов и родов друг с другом в наиболее достоверной модели INF4:

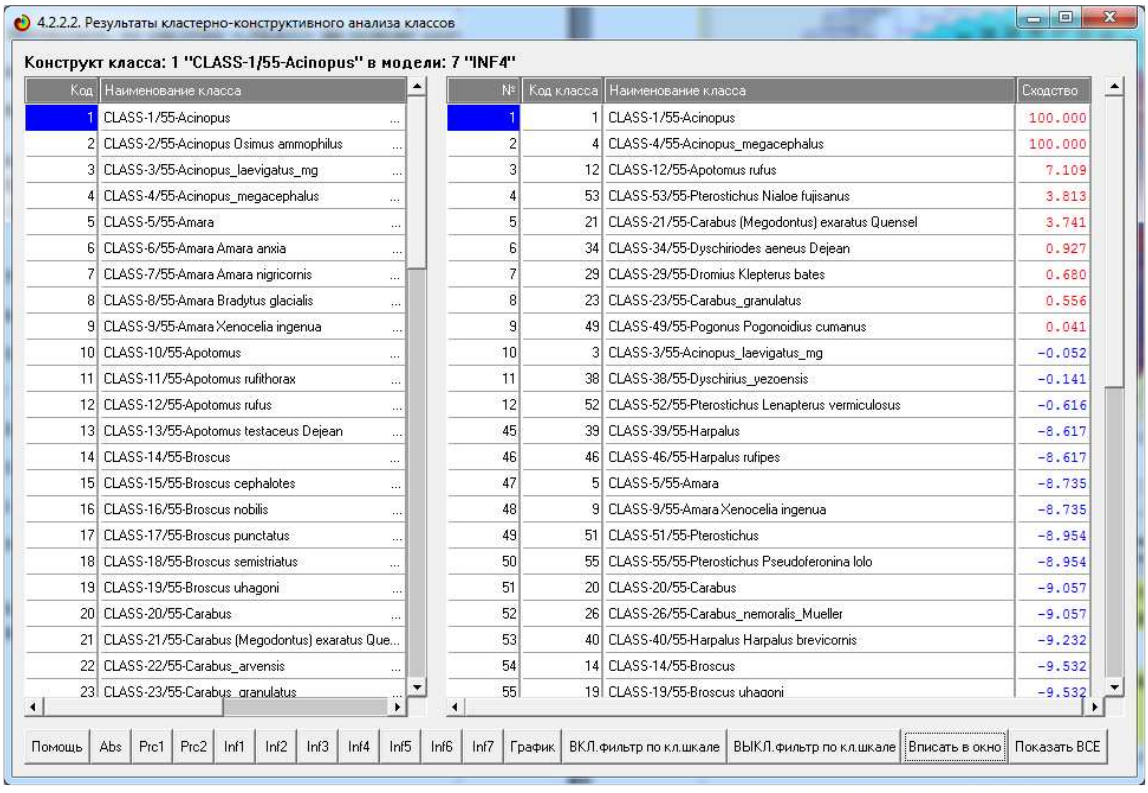


Рисунок 23. Степень сходства друг с другом обобщенных образов насекомых различных родов

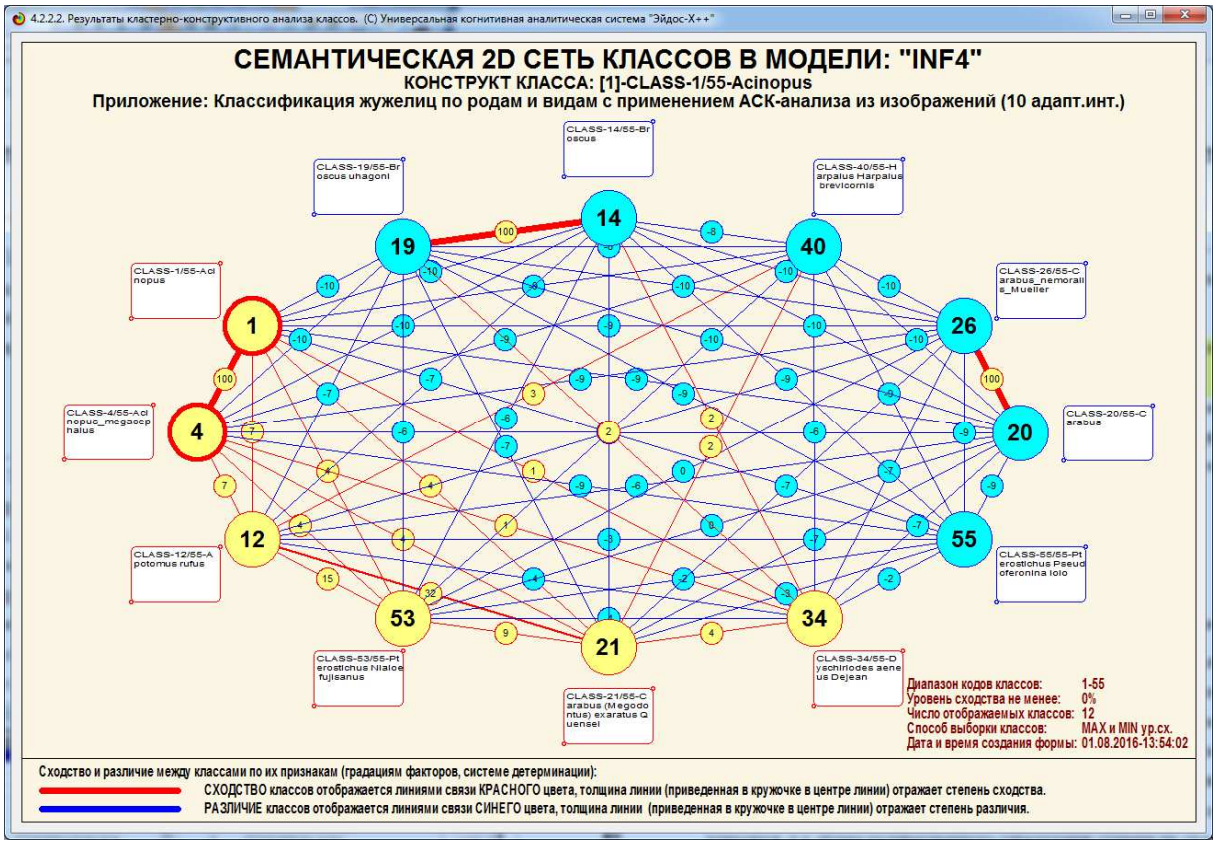


Рисунок 24. Сходство-различие друг с другом обобщенных образов насекомых различных видов и родов

При получении формы, приведенной на рисунке 24, предварительно в опции «Вписать в окно» было выбрано отображение 16 классов.

Из рисунков 23 и 24 видно, что обобщенный образ вида насекомых соответствует своему роду.

Необходимо отметить, что в системе «Эйдос» эти диаграммы рассчитываются автоматически, а не заполняются экспертами неформализуемым способом на основе интуиции, опыта и профессиональной компетенции, как обычно.

5.8. Исследование моделируемой предметной области путем исследования ее модели

Если модель достоверно (адекватно) отражает предметную область, то исследование модели предметной области корректно можно считать исследованием самой моделируемой предметной области. В системе «Эйдос» достоверность модели устанавливается в режиме 3.5 сразу после ее

синтеза при ее верификации путем идентификации (классификации) объектов обучающей выборки, о которых уже известно к каким классам они относятся, т.е. путем количественного определения степени их сходства с обобщенными образами классов в соответствии с моделью.

В системе «Эйдос» реализовано много различных средств анализа созданных моделей, применяется большое количество различных форм когнитивной графики. Для целей настоящего исследования представляют интерес графические формы, визуализирующие систему описательных шкал и градаций (рисунки 25), а также информационные портреты обобщенных образов различных видов насекомых (рисунки 26) в модели INF1.

Чтобы вывести эти изображения необходимо в подсистеме 4.7. «АСК-анализ изображений» выбрать последний режим: 7. «Просмотр и запись информационных портретов классов – обобщенных изображений ».

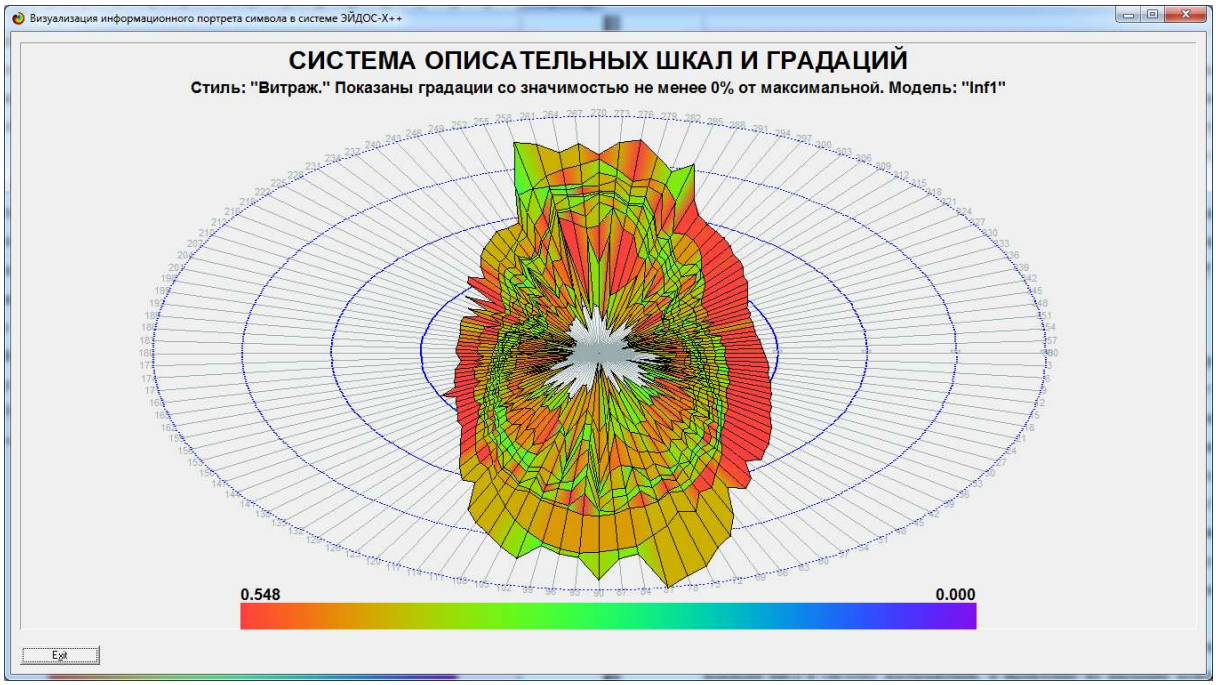
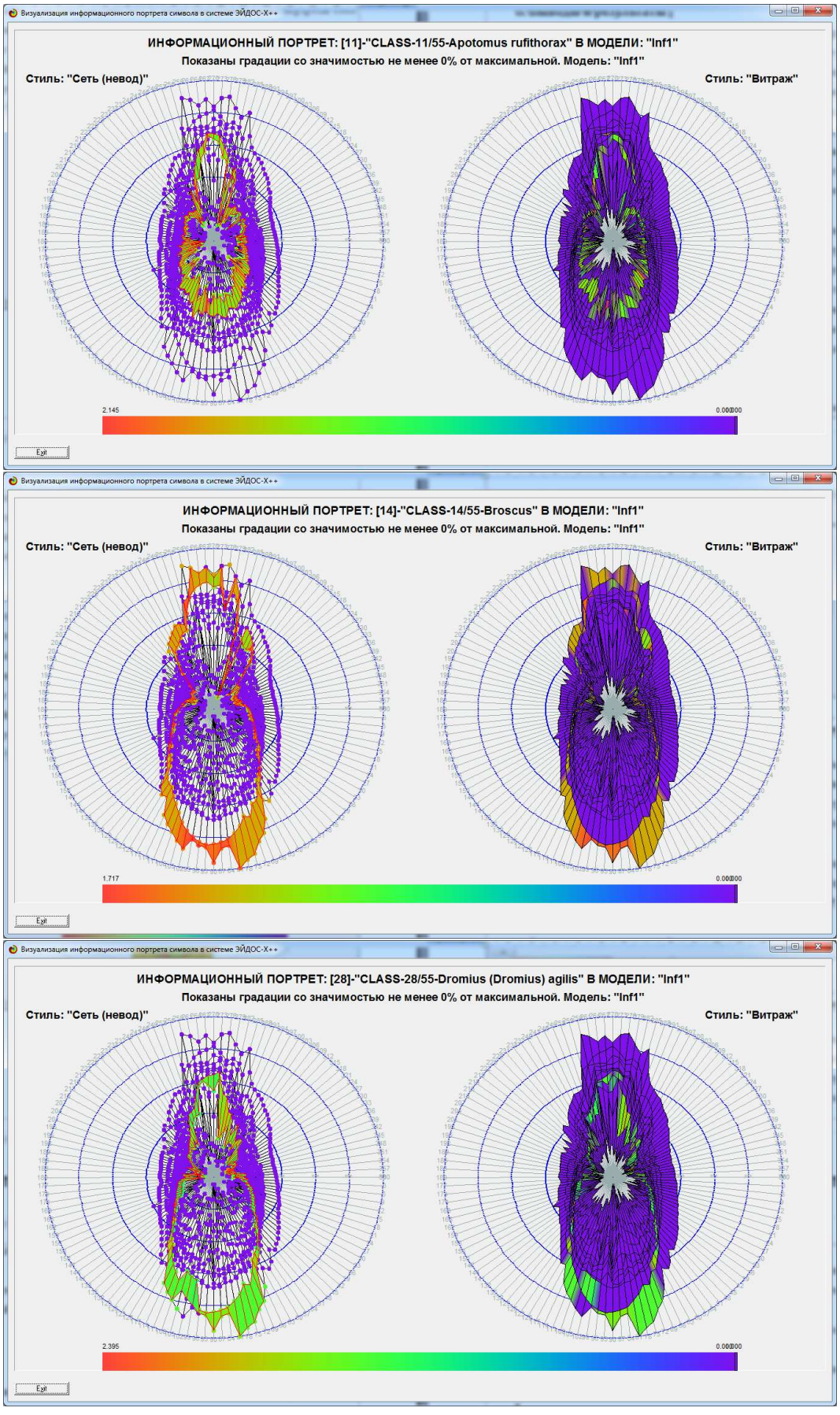
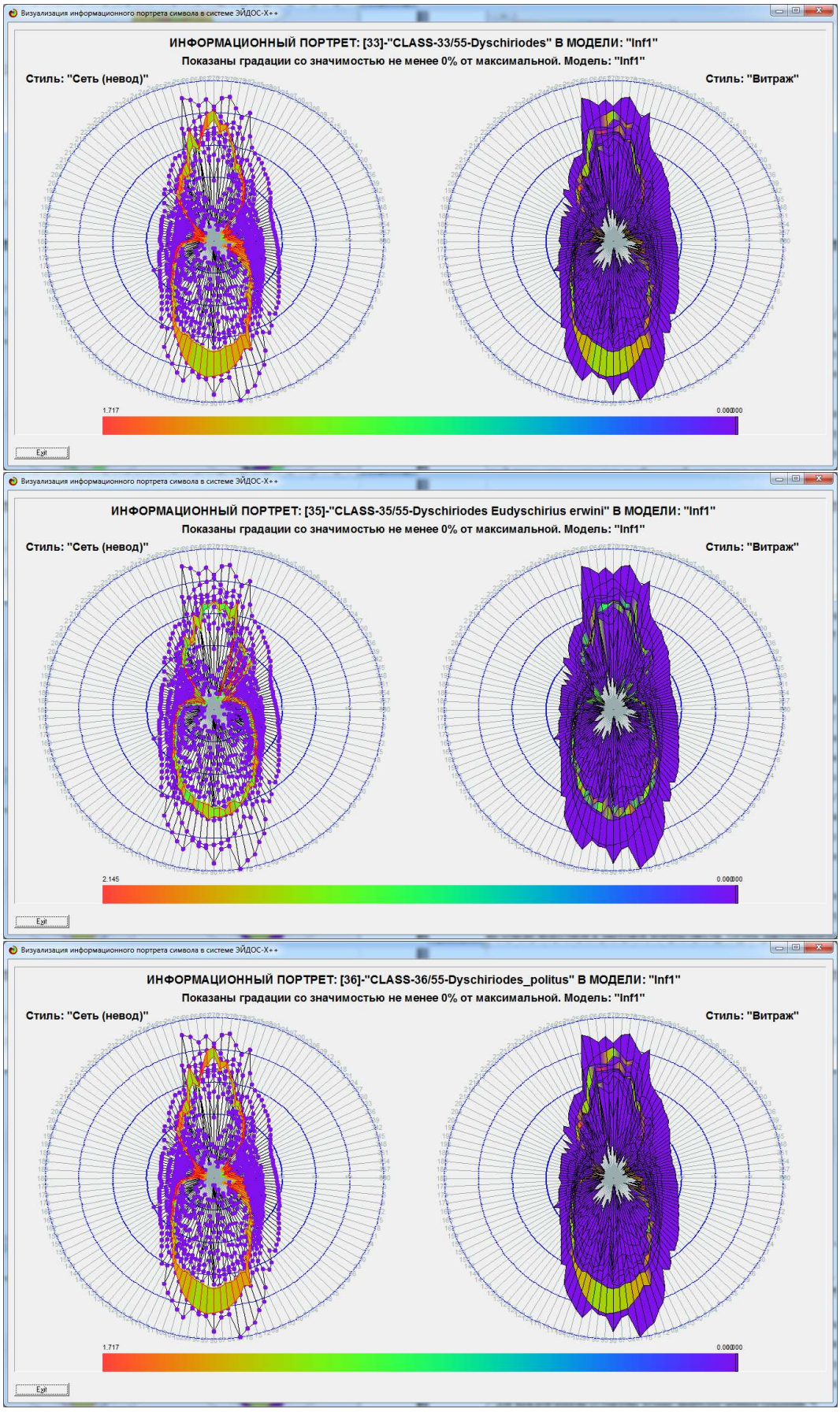


Рисунок 26. Система описательных шкал и градаций системно-когнитивной модели


Визуализация информационного портрета символа в системе ЭЙДОС-Х++
ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПОРТРЕТ: [11]-"CLASS-11/55-Apotomus rufithorax" В МОДЕЛИ: "Inf1"
Показаны градации со значимостью не менее 0% от максимальной. Модель: "Inf1"
Стиль: "Сеть (невод)"
Стиль: "Витраж"
2.145
0.000000
Exit
Визуализация информационного портрета символа в системе ЭЙДОС-Х++
ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПОРТРЕТ: [14]-"CLASS-14/55-Broscus" В МОДЕЛИ: "Inf1"
Показаны градации со значимостью не менее 0% от максимальной. Модель: "Inf1"
Стиль: "Сеть (невод)"
Стиль: "Витраж"
1.717
0.000000
Exit
Визуализация информационного портрета символа в системе ЭЙДОС-Х++
ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПОРТРЕТ: [28]-"CLASS-28/55-Dromius (Dromius) agilis" В МОДЕЛИ: "Inf1"
Показаны градации со значимостью не менее 0% от максимальной. Модель: "Inf1"
Стиль: "Сеть (невод)"
Стиль: "Витраж"
2.395
0.000000
Exit


Визуализация информационного портрета символа в системе ЭЙДОС-Х++
ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПОРТРЕТ: [33]-"CLASS-33/55-Dyschiriodes" В МОДЕЛИ: "Inf1"
Показаны градации со значимостью не менее 0% от максимальной. Модель: "Inf1"
Стиль: "Сеть (невод)"
Стиль: "Витраж"
1.717
0.000000
Exit
Визуализация информационного портрета символа в системе ЭЙДОС-Х++
ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПОРТРЕТ: [35]-"CLASS-35/55-Dyschiriodes Eudyschirius erwini" В МОДЕЛИ: "Inf1"
Показаны градации со значимостью не менее 0% от максимальной. Модель: "Inf1"
Стиль: "Сеть (невод)"
Стиль: "Витраж"
2.145
0.000000
Exit
Визуализация информационного портрета символа в системе ЭЙДОС-Х++
ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПОРТРЕТ: [36]-"CLASS-36/55-Dyschiriodes_politus" В МОДЕЛИ: "Inf1"
Показаны градации со значимостью не менее 0% от максимальной. Модель: "Inf1"
Стиль: "Сеть (невод)"
Стиль: "Витраж"
1.717
0.000000
Exit

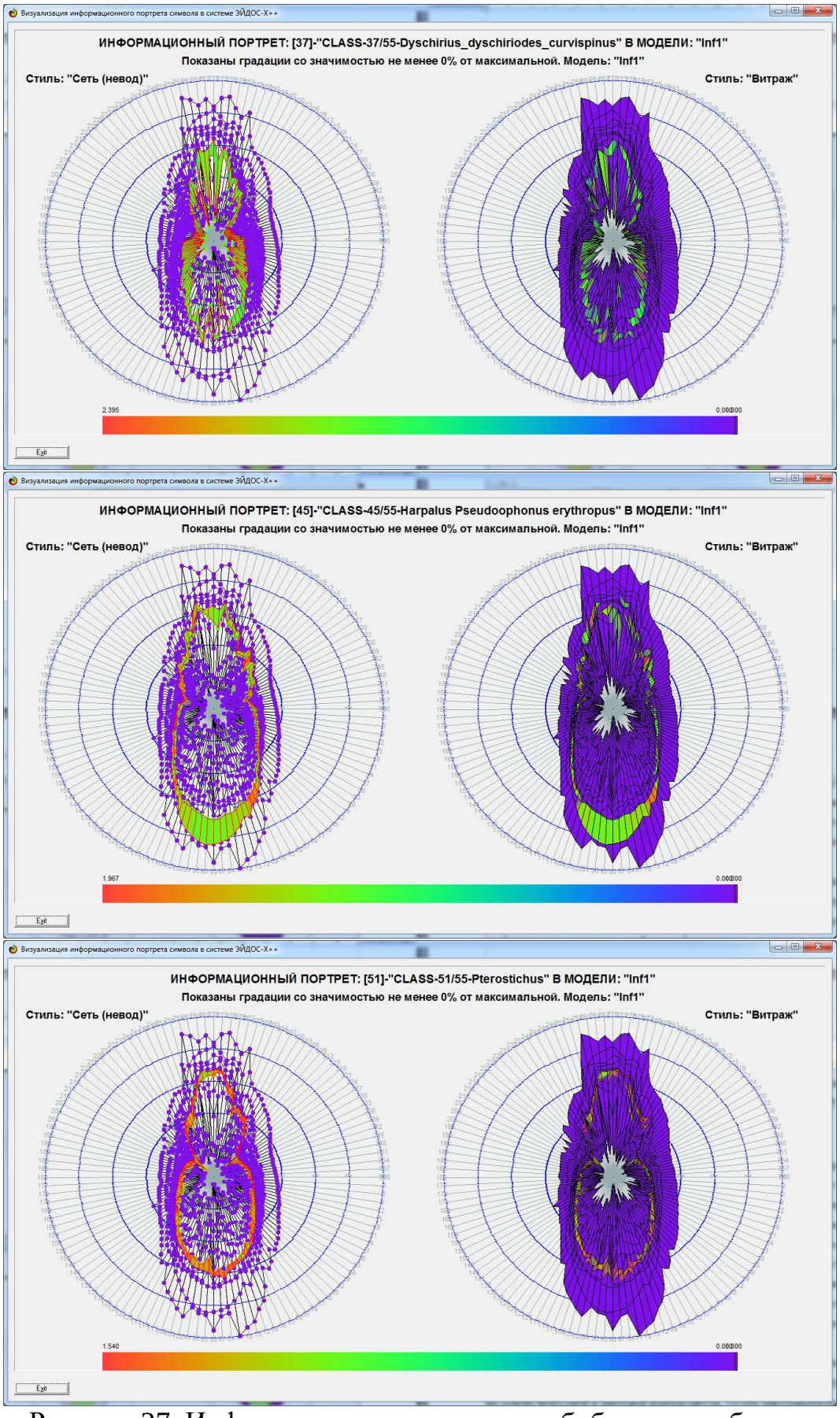


Рисунок 27. Информационные портреты обобщенных образов насекомых для различных родов в системно-когнитивной модели

На рисунках 26 цветом показана ценность градаций описательных шкал для классификации конкретных жужелиц по видам и родам: красный цвет – максимальная ценность, фиолетовый – минимальная.

На рисунках 27 цветом показана степень характерности и не характерности градаций описательных шкал для жужелиц различных видов и родов: красный цвет – максимальная характерность, фиолетовый – минимальная.

6. Выводы и результаты

В различных областях науки, существует актуальная задача определения изучаемых объектов. В частности в энтомологии, определение различных видов насекомых является очень трудоемким и не всегда точным, вследствие чего потребовался специальный механизм, который позволил бы классифицировать насекомых не только по видам, отрядам, но и родам, тем самым повысив достоверность определения изучаемых насекомых.

Предлагается решение этой задачи с применением нового инновационного метода искусственного интеллекта: автоматизированного системно-когнитивного анализа (АСК-анализ) и его программного инструментария – универсальной когнитивной аналитической системы «Эйдос».

В системе «Эйдос» реализован программный интерфейс, обеспечивающий ввод в систему изображений, и выявление их внешних контуров на основе яркостной и цветовой контрастности. Путем многопараметрической типизации контурных изображений конкретных насекомых в системе создается и верифицируется системно-когнитивная модель, с применением которой (если модель окажется достаточно достоверной), могут решаться задачи системной идентификации, классификации, исследования моделируемого объекта путем исследования его модели и другие.

Для решения этих задач выполняются следующие этапы:

1) ввод в систему «Эйдос» изображений жужелиц и создание мате-

матических моделей их контуров;

2) синтез и верификация моделей обобщенных образов насекомых по родам на основе контурных изображений конкретных жесткокрылых (многопараметрическая типизация);

3) количественное определение сходства-различия конкретных насекомых с обобщенными образами насекомых различных родов (системная идентификация);

4) количественное определение сходства-различия видов насекомых, т.е. кластерно-конструктивный анализ обобщенных образов жуков.

Приводится численный пример. Имеется успешный опыт решения подобных задач в других предметных областях.

7. Перспективы

Планируется решить методом АСК-анализа не только задачу классификации различных насекомых (в частности жужелиц) по видам, родам, но и в перспективе создать региональный электронный атлас жесткокрылых, используя программный инструментарий АСК-анализа интеллектуальную систему «Эйдос».

Литература

1. Жеребцов А.К. Определитель жужелиц Республики Татарстан. Казань, 2000 – 74 с.

2. Луценко Е.В. Автоматизированный системно-когнитивный анализ в управлении активными объектами (системная теория информации и ее применение в исследовании экономических, социально-психологических, технологических и организационно-технических систем): Монография (научное издание). – Краснодар: КубГАУ. 2002. – 605 с. http://elibrary.ru/item.asp?id=18632909

3. Луценко Е.В., Сердюк В.Ю.: Идентификация видов жуков-жужелиц (Coleoptera, Carabidae) путем АСК-анализа их изображений по внешним контурам (обобщение, абстрагирование, классификация и идентификация)[Электронный ресурс] / Е.В. Луценко, В.Ю. Сердюк // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ).Краснодар: КубГАУ. – 2016. – № 119 (05). – Режим доступа: http://ej.kubagro.ru/2016/05/pdf/01.pdf

4. Луценко Е.В. Универсальная когнитивная аналитическая система «Эйдос".

Монография (научное издание). – Краснодар, КубГАУ. 2014. – 600 с. ISBN 978-5-94672-830-0. http://elibrary.ru/item.asp?id=22401787

5. 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

6. Луценко Е.В. Синтез адаптивных интеллектуальных измерительных систем с применением АСК-анализа и системы «Эйдос» и системная идентификация в эконометрике, биометрии, экологии, педагогике, психологии и медицине / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2016. – №02(116). С. 1 – 60. – IDA [article ID]: 1161602001. – Режим доступа: http://ej.kubagro.ru/2016/02/pdf/01.pdf, 3,75 у.п.л.

7. 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.

8. 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.

9. 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.

10. 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.

11. 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.

12. Луценко Е.В. Идентификация типов и моделей самолетов путем АСК-анализа их силуэтов (контуров) (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. – №10(114). С. 1316 –

1367. – IDA [article ID]: 1141510099. – Режим доступа: http://ej.kubagro.ru/2015/10/pdf/99.pdf, 3,25 у.п.л.

13. Жесткокрылые насекомые (Insecta, Coleoptera) Республики Адыгея (аннотированный каталог видов) (Конспекты фауны Адыгеи. №1) / Под ред. А.С. Замотайлов и Н.Б. Никитского. – Майкоп: Издательство Адыгейского государственного университета, 2010. – 404 с.

14. Луценко Е.В. Количественное измерение сходства-различия клонов винограда по контурам листьев с применением АСК-анализа и системы «Эйдос» / Е.В. Луценко, Л.П. Трошин, Д.К. Бандык // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2016. – №02(116). С. 1205 – 1228. – IDA [article ID]: 1161602077. – Режим доступа: http://ej.kubagro.ru/2016/02/pdf/77.pdf, 1,5 у.п.л.

15. Луценко Е.В. Решение задачи классификации боеприпасов по типам стрелкового нарезного оружия методом АСК-анализа / Е.В. Луценко, С.В. Швец, Д.К. Бандык // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2016. – №03(117). С. 838 – 872. – IDA [article ID]: 1171603055. – Режим доступа: http://ej.kubagro.ru/2016/03/pdf/55.pdf, 2,188 у.п.л.

16. Луценко Е.В. Определение типа и модели стрелкового нарезного оружия по боеприпасам методом АСК-анализа / Е.В. Луценко, С.В. Швец // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2016. – №04(118). С. 1 – 40. – IDA [article ID]: 1181604001. – Режимдоступа: http://ej.kubagro.ru/2016/04/pdf/01.pdf, 2,5 у.п.л.

17. Каркищенко А.Н., Лепский А.Е., Безуглов А.В. Об одном способе векторного и аналитического представления контура изображения. http://cyberleninka.ru/article/n/ob-odnom-sposobe-vektornogo-i-analiticheskogo-predstavleniya-kontura-izobrazheniya

Literatura

1. Zherebcov A.K. Opredelitel' zhuzhelic Respubliki Tatarstan. Kazan', 2000 – 74 s.

2. Lucenko E.V. Avtomatizirovannyj sistemno-kognitivnyj analiz v upravlenii aktivnymi ob#ektami (sistemnaja teorija informacii i ee primenenie v issledovanii jekonomicheskih, social'no-psihologicheskih, tehnologicheskih i organizacionno-tehnicheskih sistem): Monografija (nauchnoe izdanie). – Krasnodar: KubGAU. 2002. – 605 s. http://elibrary.ru/item.asp?id=18632909

3. Lucenko E.V., Serdjuk V.Ju.: Identifikacija vidov zhukov-zhuzhelic (Coleoptera, Carabidae) putem ASK-analiza ih izobrazhenij po vneshnim konturam (obobshhenie, abstragirovanie, klassifikacija i identifikacija)[Jelektronnyj resurs] / E.V. Lucenko, V.Ju. Serdjuk // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU).Krasnodar: KubGAU. – 2016. – № 119 (05). – Rezhim dostupa: http://ej.kubagro.ru/2016/05/pdf/01.pdf

4. Lucenko E.V. Universal'naja kognitivnaja analiticheskaja sistema «Jejdos". Monografija (nauchnoe izdanie). – Krasnodar, KubGAU. 2014. – 600 s. ISBN 978-5-94672-830-0. http://elibrary.ru/item.asp?id=18271217

5. Orlov A.I., Lucenko E.V. Sistemnaja nechetkaja interval'naja matematika. Monografija (nauchnoe izdanie). – Krasnodar, KubGAU. 2014. – 600 s. ISBN 978-5-94672-757-0. http://elibrary.ru/item.asp?id=21358220

6. Lucenko E.V. Sintez adaptivnyh intellektual'nyh izmeritel'nyh sistem s primeneniem ASK-analiza i sistemy «Jejdos» i sistemnaja identifikacija v jekonometrike, biometrii,

jekologii, pedagogike, psihologii i medicine / E.V. Lucenko // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2016. – №02(116). S. 1 – 60. – IDA [article ID]: 1161602001. – Rezhim dostupa: http://ej.kubagro.ru/2016/02/pdf/01.pdf, 3,75 u.p.l.

7. 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.

8. Lucenko E.V. Cistemno-kognitivnyj analiz izobrazhenij (obobshhenie, abstragirovanie, klassifikacija i identifikacija) / E.V. Lucenko // Politematicheskij setevoj 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.

9. Lucenko E.V. Avtomatizirovannyj sistemno-kognitivnyj analiz izobrazhenij po ih pikseljam (obobshhenie, abstragirovanie, klassifikacija i identifikacija) / E.V. Lucenko // Politematicheskij setevoj 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.

10. Lucenko E.V. Avtomatizirovannyj sistemno-kognitivnyj analiz izobrazhenij po ih vneshnim konturam (obobshhenie, abstragirovanie, klassifikacija i identifikacija) / E.V. Lucenko, D.K. Bandyk // Politematicheskij setevoj 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.

11. 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 setevoj 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.

12. Lucenko E.V. Identifikacija tipov i modelej samoletov putem ASK-analiza ih silujetov (konturov) (obobshhenie, abstragirovanie, klassifikacija i identifikacija) / E.V. Lucenko, D.K. Bandyk // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2015. – №10(114). S. 1316 – 1367. – IDA [article ID]: 1141510099. – Rezhim dostupa: http://ej.kubagro.ru/2015/10/pdf/99.pdf, 3,25 u.p.l.

13. Zhestkokrylye nasekomye (Insecta, Coleoptera) Respubliki Adygeja (annotirovannyj katalog vidov) (Konspekty fauny Adygei. №1) / Pod red. A.S. Zamotajlov i N.B. Nikitskogo. – Majkop: Izdatel'stvo Adygejskogo gosudarstvennogo universiteta, 2010. – 404 s.

14. Lucenko E.V. Kolichestvennoe izmerenie shodstva-razlichija klonov vinograda po konturam list'ev s primeneniem ASK-analiza i sistemy «Jejdos» / E.V. Lucenko, L.P. Troshin, D.K. Bandyk // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Kras-

nodar: KubGAU, 2016. – №02(116). S. 1205 – 1228. – IDA [article ID]: 1161602077. – Rezhim dostupa: http://ej.kubagro.ru/2016/02/pdf/77.pdf, 1,5 u.p.l.

15. Lucenko E.V. Reshenie zadachi klassifikacii boepripasov po tipam strelkovogo nareznogo oruzhija metodom ASK-analiza / E.V. Lucenko, S.V. Shvec, D.K. Bandyk // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2016. – №03(117). S. 838 – 872. – IDA [article ID]: 1171603055. – Rezhim dostupa: http://ej.kubagro.ru/2016/03/pdf/55.pdf, 2,188 u.p.l.

16. Lucenko E.V. Opredelenie tipa i modeli strelkovogo nareznogo oruzhija po boepripasam metodom ASK-analiza / E.V. Lucenko, S.V. Shvec // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2016. – №04(118). S. 1 – 40. – IDA [article ID]: 1181604001. – Rezhimdostupa: http://ej.kubagro.ru/2016/04/pdf/01.pdf, 2,5 u.p.l.

17. Karkishhenko A.N., Lepskij A.E., Bezuglov A.V. Ob odnom sposobe vektornogo i analiticheskogo predstavlenija kontura izobrazhenija. http://cyberleninka.ru/article/n/ob-odnom-sposobe-vektornogo-i-analiticheskogo-predstavleniya-kontura-izobrazheniya